



## DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE *Ardisia compressa* Kunth, DEL NORESTE DE CHIAPAS, MÉXICO †

### [MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF *Ardisia compressa* Kunth FROM NORTHEAST OF CHIAPAS, MEXICO]

Jesús Rigoberto Molina-Maldonado<sup>1</sup>, Rubén Humberto Andueza-Noh<sup>2\*</sup>, Esaú Ruiz-Sánchez<sup>1</sup>, René Garruña<sup>2</sup>, Federico Antonio Gutiérrez-Miceli<sup>3</sup> and Luis Filipe da Conceição-Dos Santos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico s/n Conkal, Yucatán, México C.P. 97345. E-mail: [dd20800276@conkal.tecnm.mx](mailto:dd20800276@conkal.tecnm.mx), [esau.ruiz@itconkal.edu.mx](mailto:esau.ruiz@itconkal.edu.mx)

<sup>2</sup>CONACYT-Instituto Tecnológico de Conkal, Mérida, Yucatán. Av. Tecnológico s/n Conkal, Yucatán, México. C.P. 97345. E-mail: \* [ruben.andueza@itconkal.edu.mx](mailto:ruben.andueza@itconkal.edu.mx), [rene.garruna@itconkal.edu.mx](mailto:rene.garruna@itconkal.edu.mx)

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599. Chiapas, México. E-mail: [fgmiceli@gmail.com](mailto:fgmiceli@gmail.com)

<sup>4</sup>Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. C. 60 # 491A, Centro, 97000 Mérida, Yucatán, México. E-mail: [luis.dosantos@correo.uady.mx](mailto:luis.dosantos@correo.uady.mx)

\*Corresponding author

#### SUMMARY

**Background.** *Ardisia compressa* Kunth, is a wild species native from tropical evergreen forests of Mexico, it produces fruits with phytochemical, ecological and dietary potencial. Its fruits are appreciated by people from local communities. However, in Mexico there are no studies that allow knowing the state of its phenotypic diversity. **Objective.** Characterize the morphological diversity of *A. compressa* populations from Chiapas state, Mexico. **Methodology.** Ninety individuals of nine wild populations of *A. compressa* were evaluated using 45 morphological traits (16 qualitative and 29 quantitative). The qualitative data were subjected to descriptive analysis and quantitative data were used in an analysis of variance (ANOVA) and finally the qualitative and quantitative data were analyzed simultaneously by means of a multivariate analysis with the Ward-MLM Method. **Results.** The qualitative traits showed phenotypic variability in the characteristics of leaf and fruit color. The quantitative data showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in all traits evaluated. The results of the principal component analysis (PCA) and cluster analysis (UPGMA) grouped the populations into three morphological groups differentiated by the similarity of the morphological traits of the populations and not by their geographical origin. **Implications.** The results in this study should be considered to implementing strategies of plant production and conservation of *A. compressa*. **Conclusion.** A wide phenotypic variability was found organized into three morphological groups defined base on characteristics of tree height, number of fruits, number of flowers and ratio of length to thickness leaf. The quantitative traits allowed us to observe the greatest morphological variability in the populations of *A. compressa*.

**Keywords:** Phenotype; qualitative; quantitative; multivariate analysis.

#### RESUMEN

**Antecedentes.** *Ardisia compressa* es una especie silvestre nativa de bosques tropicales perennifolios de México, produce frutos con potencial ecológico, fitoquímico y dietético. Sus frutos son apreciados por las personas de las comunidades locales. Sin embargo, en México no existen estudios que permitan conocer el estado de su diversidad fenotípica. **Objetivo.** Caracterizar la diversidad morfológica de poblaciones de *A. compressa* del estado de Chiapas,

† Submitted June 6, 2023 – Accepted September 25, 2023. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5004>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID ID: Jesús Rigoberto Molina Maldonado: <http://orcid.org/0009-0006-4037-2994>; Esaú Ruiz Sánchez: <http://orcid.org/0000-0003-0245-3305>; Rene Garruña Hernández: <http://orcid.org/0000-0003-2787-0914>; Federico Antonio Gutiérrez Miceli: <http://orcid.org/0000-0002-5379-1518>; Luis Filipe da Conceição Dos Santos: <http://orcid.org/0000-0002-7516-0581>; Rubén Humberto Andueza Noh: <http://orcid.org/0000-0001-7776-7937>

México. **Metodología.** Se evaluaron 90 individuos de nueve poblaciones silvestres de *A. compressa* mediante 45 características morfológicas (16 cualitativas y 29 cuantitativas). Los datos cualitativos fueron sometidos a un análisis descriptivo y los cuantitativos a un análisis de varianza (ANOVA) y finalmente, los datos cualitativos y cuantitativos fueron analizados simultáneamente mediante un análisis multivariado con el método de agrupamiento Ward-MLM. **Resultados.** Las variables cualitativas mostraron variabilidad fenotípica en las características de color de hoja y fruto. Las variables cuantitativas mostraron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en todas las variables evaluadas. Los resultados del análisis de componentes principales (ACP) y de conglomerados (UPGMA) agruparon a las poblaciones en tres grupos morfológicos, diferenciados por las características morfológicas de las poblaciones y no por su origen geográfico. **Implicaciones.** Los resultados de este estudio podrían ser considerados para el desarrollo de estrategias de producción y conservación de *A. compressa*. **Conclusiones.** Se encontró amplia variabilidad fenotípica, organizada en tres grupos morfológicos que fueron definidos con base en características de altura de la planta, número de frutos, número de flores y relación de longitud por grosor de la hoja, principalmente. Las variables cuantitativas permitieron observar la mayor variabilidad morfológica en las poblaciones de *A. compressa*.

**Palabras claves:** Fenotipo; cualitativo; cuantitativo; análisis multivariado.

## INTRODUCCIÓN

*Ardisia compressa* Kunth es una especie que pertenece a la familia Primulaceae (Pipoly y Ricketson, 2005), se desarrolla en climas templados, cálidos y semicálidos, en altitudes que van desde 120 a 1,600 m, crece de forma natural en diversos tipos de vegetación que incluye bosques tropicales hasta bosques de coníferas (Zhao *et al.*, 2006). *A. compressa* puede alcanzar hasta 10 m de altura presenta hojas oblongas, elípticas o ampliamente lanceoladas de 6 a 20 cm de largo y 3 a 9 cm de ancho; las inflorescencias terminales son rojizas y las flores son corimbosas, presenta frutos globosos de 6 a 8 mm de diámetro (Lascurain *et al.*, 2010). En México, esta especie se distribuye desde el área central del pacífico hasta el sureste, en regiones tropicales y subtropicales de Durango, Estado de México, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Guanajuato, Veracruz, Oaxaca y Chiapas (Lascurain *et al.*, 2010; Heredia-Vázquez, 2013).

En el estado de Chiapas, específicamente en las regiones de la Selva Lacandona y Selva Norte, la presencia de *A. compressa* se hace notar en una gran cantidad de hábitats, derivado de la variabilidad geográfica, tipo de suelo, clima y precipitación, donde se encuentra formando parte de la vegetación natural, así como en huertos familiares y sitios de producción agrícola (Martínez-Blanco *et al.*, 2019; Ubierto-Covarlán *et al.*, 2020). En las áreas de producción agrícola, *A. compressa* es utilizado como sombra en plantaciones de cafeto debido a su gran cobertura foliar, también se usa como cerco vivo y puede ser aprovechado como fuente de biocombustible (Lascurain *et al.*, 2010; Sánchez-Hernández *et al.*, 2017; Martínez-Blanco *et al.*, 2019). Los frutos de *A. compressa* se recolectan y comercializan en los mercados locales para consumo en fresco, elaboración de jaleas, vinos, refrescos, atole y helados (Lascurain *et al.*, 2010; Martínez-Blanco *et al.*, 2019). Debido a sus características de sabor, aroma, color y contenido nutricional (alto contenido de antioxidantes,

antocianinas y polifenoles) los frutos tienen un gran potencial de explotación comercial (Joaquín-Cruz *et al.*, 2015).

Hasta el momento, en México *A. compressa*, no ha sido explotada en el sector agrícola como cultivo frutal y una de las causas es la falta de información sobre sus características de producción, requerimientos de manejo del cultivo y caracterización de su diversidad genética que incluye aspectos morfológicos y moleculares (Martínez-Blanco *et al.*, 2019). Sin embargo, en otras especies del género *Ardisia* se han realizado algunos estudios de caracterización morfológica entre los que se encuentran los trabajos realizados en poblaciones *A. crenata* y *A. gigantifolia* (Tao, 2010; Jun y Nian-He, 2012; Liang *et al.*, 2023). La caracterización morfológica es el primer paso que debe realizarse para dar a conocer las bondades que puede presentar una especie y guiar los esfuerzos para generar estrategias de conservación y aprovechamiento de los cultivos, por lo tanto, la caracterización de la diversidad morfológica juega un papel fundamental para establecer estrategias de conservación, selección, uso y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos (Das y Ghosh, 2010; Popola *et al.*, 2016). Con el fin de conocer la diversidad morfológica, generar antecedentes hacia la caracterización de *A. compressa* en el trópico y tener bases para su manejo sostenible y conservación, en este trabajo se evaluó la diversidad morfológica de las poblaciones silvestres de *A. compressa* en las regiones Selva Lacandona y Selva Norte (Tulijá) localizadas al noreste del Estado de Chiapas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de material vegetal

Las colectas de *A. compressa* se realizaron de abril de 2019 a noviembre de 2021, durante el periodo de floración y fructificación reportado para la especie (Pascarella, 1997), se evaluaron nueve poblaciones de

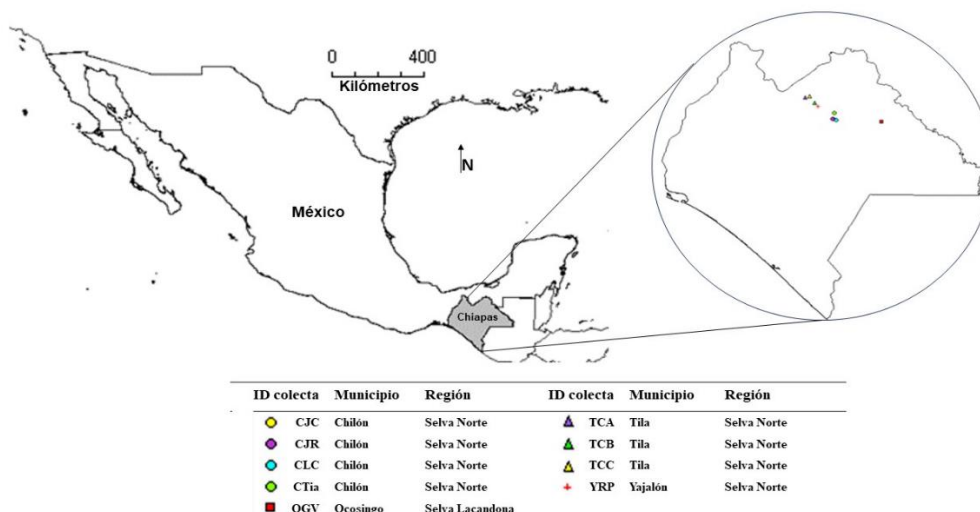
*A. compressa* (Tabla 1, Figura 1) colectadas en dos regiones del noreste del Estado de Chiapas: 1) la región Selva Lacandona, localizada en las Montañas del Oriente en el municipio de Ocosingo, que presenta un clima cálido húmedo y semicálido, con temperatura y precipitación media anual de 24 °C y 2226 mm (INAFED, 2010) y 2) la región cafetalera de la Selva Norte conformada por los municipios de Chilón, Yajalón y Tila, localizada al norte del estado, con clima cálido húmedo a semi cálido húmedo,

temperatura promedio anual de 22 °C y lluvias todo el año con precipitación promedio de 4,000 mm (Aguilar y González, 2009; INAFED, 2010). Cada población estuvo constituida por 10 individuos, a los cuales se registraron 45 características morfológicas (16 cualitativas y 29 cuantitativas) (Tabla 2), tomando como referencia los descriptores reportados en especies del género *Ardisia* (Fresnedo *et al.*, 2011; Sánchez-Urdaneta y Peña-Valdivia, 2011; Jun y Nian-He, 2012).

**Tabla 1. Sitios de colecta de nueve poblaciones silvestres de *A. compressa* Kunth del noreste del estado de Chiapas, México.**

ID de la Población	Municipio	Localidad	Región	Altitud (m)	Coordenadas	Vegetación
YRP	Yajalón	Río Pupitillo	Cafetalera selva norte	500	17° 10' 14.00"N 92° 19' 49.00"W	Arbustiva
CJC	Chilón	Joybé carretera	Cafetalera selva norte	972	17° 01' 07.00"N 92° 9' 19.656"W	Bosque tropical perennifolio
CJR	Chilón	Joybé río	Cafetalera selva norte	900	17° 01' 11.77"N 92° 09' 41.76"W	Bosque lluvioso de montaña, cafetales
CLC	Chilón	Las Canchas	Cafetalera selva norte	850	17° 00' 19.07"N 92° 06' 2.924"W	Matorral seco y arbustivo
CTia	Chilón	Tiaquil	Cafetalera selva norte	1141	16° 57' 24.294"N 91° 52' 58.6140"W	Bosque tropical perennifolio, montaña y cafetales
TCA	Tila	Coquijaz alto	Cafetalera selva norte	1800	17° 17' 05.40"N 92° 28' 46.20"W	Cafetales y arbustos sin diferenciar
TCB	Tila	Coquijaz bajo	Cafetalera selva norte	1000	17° 12' 53.01"N 92° 22' 00.12"W	Plantas de aguacate, café y vegetación de sombra alta
TCC	Tila	Coquijaz centro	Cafetalera selva norte	1267	17° 17' 48.00"N 92° 25' 30.00"W	Plantas arbustivas y cafetales
OGV	Ocosingo	Guadalupe Victoria	Selva lacandona	785	16° 59' 32.98"N 91° 55' 48.65"W	Bosque tropical perennifolio, plantas arbustivas, cafetales.

ID: identificador de población, msnm: metros sobre el nivel del mar.



**Figura 1.** Distribución geográfica de nueve poblaciones silvestres de *A. compressa* Kunth colectadas en el noreste del estado de Chiapas, México.

### Registro de variables cualitativas

Se registraron 16 variables cualitativas (Tabla 2). Para las variables que involucraron el registro del color, estas fueron generadas con la técnica RGB a partir de la combinación de los colores rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue). Donde la mezcla de cada uno de los tres colores con dígitos (RR GG BB) nos permite determinar el color registrado para cada estructura vegetal. Esta técnica se realizó con el apoyo del software ImageJ v1.46r (Farreira y Rasband, 2012), para lo cual, se emplearon tres repeticiones de 10 fotos digitales de cada estructura vegetal (hoja, tallo, flor y fruto), por individuo de cada población. Las variables restantes fueron evaluadas de acuerdo a la metodología de Sánchez-Urdaneta y Peña-Valdivia (2011).

### Registro de variables cuantitativas

Se registraron 29 variables cuantitativas, cuatro características de planta, siete características de hoja, cinco de flor, ocho características de fruto y cinco

características de semilla (Tabla 3). Las variables fueron medidas con un flexómetro (pro 55MEC, NOM) y un vernier de precisión (Scala®). La altura del árbol se midió a partir del nivel del suelo a la punta de convergencia de las ramas en posición vertical, se clasificaron tres clases: bajas (< 3 m), medianas ( $\geq 3$  y  $\leq 5$  m) y altas ( $\geq 5$  m); la longitud de entrenudos se registró como la longitud entre dos nudos de la rama floreciente (Figura 1A); para el diámetro de tallo de la rama floreciente se midió una sección aleatoria del tallo en la rama floreciente; la altura del tallo a la primera ramificación se midió desde la base de la rama hasta su primer nudo de bifurcación. La longitud de rama floral se midió desde el ápice hacia la base de la rama; la longitud del pedúnculo se registró como la longitud del tallo que contuvo todas las inflorescencias; la longitud del estambre fue obtenida utilizando papel milimétrico; el diámetro de la flor se determinó por la longitud de la corola expuesta sobre papel milimétrico sin disectarse. El número de flores se obtuvo al contabilizar el total de flores de una rama floral seleccionada al azar.

**Tabla 2.** Variables cualitativas de los órganos vegetales evaluados en 10 individuos de nueve poblaciones de *A. compressa*.

Órgano vegetal	Carácter morfológico	Estado del carácter
<b>Planta</b>	Forma de la planta (Fp)	1: elíptica, 2: globosa, 3: achaparrada, 4: piramidal, 5: rectangular, 6: irregular.
<b>Hoja</b>	Color del tallo (Ct)	1: marrón, 2: marrón moteado.
	Margen 2H (M2H)	1: ondulada, 2: sinuada, 3: equilibrada, 4: liso, 5: curva, 6: doblada.
	Borde 2H (B2H)	0: dentado, 1: liso o entero.
	Forma 2H (F2H)	1: elíptica, 2: oblonga, 3: lanceolada, 4: oval, 5: obovada, 6: trapezoide.
	Color del haz de la hoja (ChH)	1: verde, 2: verde oscuro, 3: verde claro, 4: verde oliva, 5: marrón.
	Color del envés de la hoja (CeH)	1: verde, 2: verde oscuro, 3: verde claro, 4: verde oliva, 5: verde lima.
	Tipo de ápice (Ap)	1: obtusa, 2: Apiculado, 3:acuminada, 4:aguda, 5:redonda.
Tipo de venación 2H (VeH)	1: paralelinervia, 2: pinnatinervia, 3: palmatinervia, 4: curvinervia, 5: palmeada, 6: radial.	
Tipo de apertura del ápice (AAp)	pequeño ( $\leq 30^\circ$ ), mediano ( $\geq 31$ y $\leq 60^\circ$ ) y grande ( $\geq 61^\circ$ y $\leq 90^\circ$ )	
<b>Flor</b>	Color de flor (CFI)	1: blanco, 2: purpura, 3: rojo tenue
<b>Fruto</b>	Forma del fruto (FFr)	1: esférico, 2: ovoide, 3: piriforme, 4: elipsoide, 5: ovoelipsoide.
	Forma basal del fruto (FbFr)	1: convexo, 2: cóncavo.
	Color de fruto CFr)	1: rojo oscuro, 2: marrón. 3: negro (14,8,8).
<b>Semilla</b>	Textura (TS)	1: lisa, 2: rugosa y 3: pubescente.
	Forma (FS)	1: ovoide, 2: globosa, 3: oblonga.

2H: segunda hoja de la rama floreciente.

**Tabla 3. Variables morfológicas cuantitativas registradas en nueve poblaciones silvestres de *A. compressa* Kunth.**

Órgano vegetal	Carácter morfológico cuantitativo	UM	Órgano vegetal	Carácter morfológico cuantitativo	UM
<b>Planta</b>	Altura de Planta (Ap)	cm	<b>Fruto</b>	Longitud del pedicelo (LpdFr)	mm
	Longitud de internodos en tallos jóvenes (Ltj)	cm		Longitud de fruto (LFr)	mm
	Diámetro de tallo joven (Dtj)	cm		Diámetro de fruto (DFr)	mm
	Altura de tallo 1ª Ramificación (At1r)	cm		Esfericidad del fruto (EFr)	%
<b>Hoja</b>	Longitud de segunda hoja de rama floreciente (L2H)	cm	<b>Semilla</b>	Peso del fruto fresco (PeFrfr)	gr
	Grosor de segunda hoja de rama floreciente (G2H)	mm		Número de frutos por rama (NFr/r)	unidad
	Ancho de segunda hoja de rama floreciente (A2H)	cm		Peso del mesodermo del fruto (PMeFr)	gr
	Cociente longitud/grosor de segunda hoja de rama floreciente (L2H/G2H)	unidad		Grosor del pedicelo frutal (GPF)	mm
	Cociente longitud/ancho de segunda hoja de rama floreciente (L2H/A2H)	unidad		Longitud (LS)	mm
	Longitud del peciolo (Lpec)	cm		Diámetro (DS)	mm
	Valor del ángulo del ápice (Aap)	grados		Esfericidad (ES)	%
<b>Flor</b>	Longitud de rama floral (LrF)	cm	Peso 100 (P100S)	gr	
	Longitud del pedicelo floral (LpdF)	cm			
	Longitud de estambre (LE)	mm			
	Diámetro de la flor (DF)	mm			
	Número de flores (NF)	unidad			

UM: unidad de medida.

En las variables de hoja, se contabilizaron 10 hojas por individuo de cada población y se registraron los datos de la parte media del dosel. Las variables que se midieron fueron longitud y ancho de la hoja (Figura 2B), la longitud del peciolo se obtuvo por diferencia de la longitud total de la hoja menos la longitud de la lámina, para el grosor de la hoja, se tomó la parte media de la lámina de la hoja sin tocar la vena principal. Con los datos obtenidos de longitud (L), ancho (A) y grosor (G) de la hoja, se calculó el índice de relación longitud por ancho (L/A) y longitud por grosor (L/G) de la hoja. El ángulo del ápice de la hoja se obtuvo al medir el valor del ángulo empleando un transportador convencional sobre papel milimétrico, haciendo coincidir el ápice de la hoja con el vértice de intersección de las dos líneas perpendiculares trazadas (Figura 2B). Se evaluaron las propiedades físicas del fruto y semilla tomando al azar 10 unidades por estructura de cada población. Para determinar el diámetro del fruto se midió la distancia con base en la línea horizontal de la zona ecuatorial; la longitud del fruto se midió en forma vertical identificando los polos (de la base hacia al ápice de la estructura), ambos datos fueron medidos con un vernier de precisión y expresados en mm. La longitud y grosor del pedicelo del fruto se midió con un vernier de precisión. La

esfericidad de fruto y semilla se determinó con base en el método descrito por Riley (1941). El número de frutos se obtuvo al contabilizar el total de frutos de una rama frutal seleccionada al azar. El peso del fruto, peso del mesocarpo, peso de semilla y peso de 100 semillas (P100S), se obtuvieron mediante una balanza portátil (POKET SCALE modelo MH-series 200g/0.01), de acuerdo con la metodología propuesta por Demooy y Demooy (1990). Para todas las variables, se realizaron tres repeticiones de 10 registros por repetición. Todas las variables de fruto se registraron en frutos en estado maduro.

#### Análisis de datos

Los datos de las 16 variables cualitativas fueron analizados a través de estadística descriptiva, ajustando los valores observados de cada categoría a datos modales y posteriormente a porcentajes. Con los datos de las 29 variables cuantitativas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias con la prueba de Scott & Knott ( $P \leq 0.05$ ), con el programa estadístico InfoStat. Para las relaciones morfológicas entre las poblaciones estudiadas ambos datos de variables cualitativas y cuantitativas fueron analizados en conjunto mediante el análisis de

conglomerados empleando el método de Ward-MLM (Franco *et al.* 1998), este método utiliza una estrategia de análisis en conjunto de datos cualitativos y cuantitativos mediante el método de agrupamiento con algoritmo de Ward y distancias de disimilitud de Gower. Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) en software PAST ver. 4.05, con el conjunto de variables cualitativas y cuantitativas. Para el ACP se hizo un análisis preliminar con el uso de 45 variables, y se observó que 21 variables aportaron variabilidad a la varianza acumulada del 84%, por lo tanto, en el ACP final se incluyeron estas 21 variables (16 cuantitativas y 5 cualitativas).

## RESULTADOS

### Diversidad morfológica

Las variables cualitativas que mostraron similitud en los individuos de cada población estudiada fueron forma irregular del árbol, color del tallo marrón, margen liso de la hoja, forma lanceolada de la hoja, borde entero de la hoja, ápice apiculado de la hoja y venación pinnatinervia de la hoja. La flor fue de tipo pentámera de color blanco. Los frutos presentaron una forma globosa y base cóncava; la semilla presentó textura rugosa y forma esférica. Respecto a las características que presentaron variabilidad (Tabla 4), el 89.9 % de las poblaciones presentaron color verde oscuro en el haz de las hojas y 11.1 % presentaron color verde. Asimismo, se observaron tres patrones de coloración en el envés de la hoja (66.7 % verde oscuro, 22.2 % verde olivo y 11.1 % verde). Para la apertura angular del ápice de la hoja, el 77.8 % de las poblaciones se clasificaron con aperturas angulares grandes (apertura angular entre 61° a 90°) y 22.2 % fueron clasificados con ángulos medianos (apertura angular de 31° a 60°). En el color del fruto se observaron tres patrones de coloración (70 % rojo oscuro, 15 % negro y 15 % marrón) (Tabla 4).

En las variables cuantitativas se identificaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.0001$ ) en relación a las variables de la planta. La variable altura de planta, osciló de 183.0 a 443.0 cm con promedio de 289.6 cm, siendo las plantas de la población TCB las de mayor altura. La longitud de entrenudos varió de 2.9 a 5.2 cm, y promedio de 3.8 cm, los valores más altos de longitud de entrenudo se encontraron en las plantas de las poblaciones OGV, CJC y TCA, que fueron diferentes estadísticamente con el resto de las poblaciones. El diámetro de tallo joven osciló entre 0.35 a 0.60 cm y cuatro de las poblaciones destacan por presentar mayor diámetro (CJC, CLC, TCA y TCB). La variable altura de tallo a la primera ramificación varió de 3.4 y 10.5 cm, siendo las plantas de las poblaciones OGV, CLC y TCA, las que presentaron la mayor altura. Respecto a las

características de la hoja, la longitud de la hoja presentó variación entre 11.3 a 17.2 cm (5.9 cm), con valor promedio de 13.9 cm. Las plantas de las poblaciones OGC y TCB fueron superiores estadísticamente al presentar mayor longitud de hoja. Para el grosor de la hoja los resultados oscilaron entre 0.05 a 0.25 (0.20), con promedio de 0.10. Las poblaciones YRP y TCB sobresalen por presentar hojas de mayor grosor. El ancho de la hoja varió de 4.2 a 7.4 cm y promedio de 5.5 cm, siendo las plantas de las poblaciones CJR y TCB estadísticamente superiores al resto de las poblaciones. En la relación de longitud y grosor de hoja la variación fue de 122.1 a 338.0 cm, con un promedio de 215.9 cm, en esta variable destaca la población OGV al ser la que obtuvo el mayor valor de relación de longitud y grosor de hoja. Para la variable cociente longitud por ancho de hoja, cinco poblaciones presentaron los mayores valores (OGV, YRP, CJC, CLC y TCA) con un rango de variación de 2.3 a 2.8 cm, y promedio de 2.6 cm. Para la longitud del peciolo tres poblaciones obtuvieron los mayores valores (CJC, TCA y TCC) con un promedio de 0.94 cm, y variación de 0.60 a 1.1 cm. Con relación a los valores angulares del ápice de la hoja, la variación osciló de 59.4° y 70.1° con promedio de 64.9°, (Tabla 5).

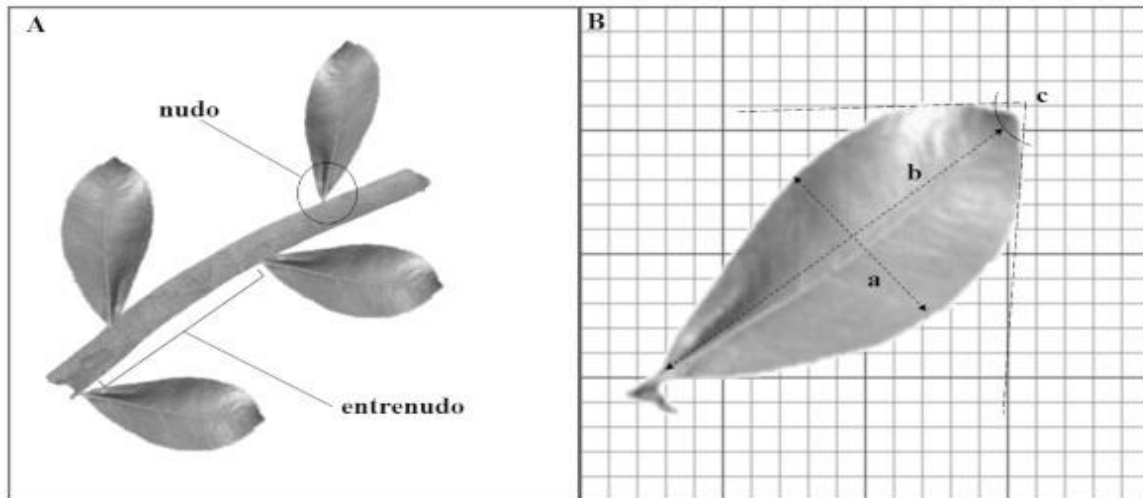
En las variables de la flor, la longitud de rama floral presentó variación de 13.9 a 28.7 cm y un promedio de 18.4 cm. La variación de la longitud del pedicelo floral fue de 7.9 a 14.9 cm, con promedio de 10.2 cm, en ambas variables la población YRP destacó en comparación con el resto de las poblaciones. La variable longitud de estambre no presentó diferencias estadísticas significativas. Para el diámetro de la flor los valores máximos y mínimos fueron 9.2 mm y 5.5 mm (3.7 mm), respectivamente, con valor promedio de 6.5 mm. La población TCC reveló flores de diámetros mayores, con 0.92 mm. En el número de flores la variación osciló entre 71 y 195 flores con promedio de 155 flores, siendo la población TCB la que presentó el mayor número de flores. Las variables del fruto mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.0001$ ) (Tabla 5). La variable diámetro de fruto osciló entre 10.9 mm y 6.6 mm, con 8.2 mm en promedio. La longitud del fruto presentó un rango de variación de 8.6 mm a 6.2, la esféricidad del fruto osciló entre 0.79 y 1.01 cm. En el peso fresco del fruto la variación observada se encontró entre 0.55 g y 0.15 g. El peso del mesocarpio del fruto mostró variación de 0.05 a 0.42g con promedio de 0.21g. La longitud del pedicelo del fruto tuvo variación de 5.3 a 8.7 mm y media de 7.3 mm; para el grosor del pedicelo la variación osciló de 2.1 a 3.1 mm, con media de 2.6 mm. La variable número de frutos varió de 44 a 158 frutos con promedio de 117 frutos. En todas las variables de fruto antes descritas las plantas de la población CLC fueron las que presentaron los valores más altos en comparación con el resto de las poblaciones. Respecto

a las variables de la semilla, las mayores diferencias se observaron en las poblaciones CJR, CLC y TCA. La longitud de la semilla varió de 5.9 mm a 5.1 mm, para el diámetro de semilla la variación osciló de 5.6 a 6.7 mm, con promedio de 6.2 mm. La esfericidad de semilla mostró una variación de 0.83 % a 0.97 %, la población CTia reveló la esfericidad máxima con 97%. El peso de la semilla osciló de 0.09 a 0.16 g con promedio de 0.13 g; para el peso de 100 semillas la variación fue de 9.3 a 14.1 g con un promedio de 11.1 g (Tabla 5).

### Relaciones morfológicas entre poblaciones de *A. compressa*

El análisis de componentes principales (ACP) reveló que con los dos primeros componentes principales (CP) se explicó el 84.4% de la variación total. El CP1

explicó 61.6 % de la variación total, las variables de mayor contribución fueron altura de planta, número de flores y número de frutos, con valores propios de 0.70, 0.21 y 0.23. El CP2 explicó el 22.8 % de la variación total, siendo las variables de los índices de relación de la hoja (L2H/G2H y L2H/A2H) las que presentaron mayor contribución a la variación explicada en este componente, con valores propios de 0.28 y 0.66 (Tabla 6). La dispersión de las poblaciones en los dos primeros componentes principales indicó la formación de tres grupos (Figura 3), donde se visualiza la variación morfológica tanto en los grupos formados como al interior de cada grupo. El grupo I se conformó por dos poblaciones de la región de YRP y TCB; las características que definieron a este grupo fueron: altura de planta, número de flores y número de frutos.



**Figura 2.** Esquema del registro de características de tallo y hoja en individuos de nueve poblaciones de *A. compressa*. A: rama floreciente (variables de nudos y entre nudos), B: variables morfológicas medidas en la hoja (a: ancho, b: longitud y c: apertura angular del ápice).

**Tabla 4.** Variación en características cualitativas de hoja y fruto de nueve poblaciones silvestres de *A. compressa*, colectadas en el noreste de Chiapas, México.

ID Población	Hoja			Fruto
	ChH	CeH	AApH	CFr
CJR	Verde	Verde oscuro	Mediano	Rojo oscuro
CJC	Verde oscuro	Verde	Grande	Rojo oscuro
CLC	Verde oscuro	Verde oscuro	Mediano	Negro
CTia	Verde oscuro	Verde oscuro	Grande	Rojo oscuro
YRP	Verde oscuro	verde olivo	Grande	Marrón
OGV	Verde oscuro	Verde oscuro	Grande	Rojo oscuro
TCC	Verde oscuro	Verde oscuro	Grande	Rojo oscuro
TCA	Verde oscuro	verde olivo	Grande	Rojo oscuro
TCB	Verde oscuro	Verde oscuro	Grande	Rojo oscuro

ID: identificador de poblaciones, ChH: color del haz de la hoja, CeH: color del envés de la hoja, AApH: tipo de apertura del ápice de la hoja; CFr: color del fruto.

**Tabla 5. Comparación de medias de variables cuantitativas registradas en nueve poblaciones de *A. compressa* del estado de Chiapas, México.**

Órgano vegetal	Variable	Poblaciones										
		OGV	YRP	CJC	CJR	CLC	CTia	TCA	TCB	TCC	Media	DS
<b>Planta</b>	Ap (cm)	280.00c	345.00b	308.00c	284.00c	183.00d	258.00c	257.00c	443.0a	248.0c	289.60	93.20
	LeTj (cm)	5.20 a	2.90 b	4.20 a	3.50 b	3.10 b	3.20 b	4.80 a	3.70 b	3.80 b	3.80	1.20
	Dtj (cm)	0.35 c	0.40 c	0.50 a	0.45 b	0.55 a	0.37 c	0.60 a	0.55 a	0.45 b	0.50	0.10
	At1R (cm)	8.10 a	4.90 b	3.40 b	6.60 b	10.50 a	6.40 b	7.30 a	5.50 b	5.90 b	6.50	4.10
<b>Hoja</b>	L2H (cm)	16.90 a	14.40 b	14.40 b	11.10 d	12.80 c	14.30 b	11.20 d	17.20a	13.10c	13.90	2.70
	G2H (cm)	0.05 b	0.25 a	0.06 b	0.11 b	0.06 b	0.07 b	0.06 b	0.19 a	0.10 b	0.10	0.10
	A2H (cm)	6.50 b	5.50 c	5.30 c	4.60 d	4.50 d	6.30 b	4.20 d	7.40 a	5.30 c	5.50	1.20
	L2H/G2H(cm)	338.00a	122.10c	256.10b	163.40c	236.80b	231.90b	190.40c	134.0c	157.7c	203.40	89.80
	L2H/A2H(cm)	2.60 a	2.70 a	2.70 a	2.50 b	2.80 a	2.30 b	2.70 a	2.30 b	2.50 b	2.60	0.30
	LPc (cm)	0.96 b	0.60 c	1.10 a	0.87 b	0.90 b	0.96 b	1.00 a	0.98 b	1.10 a	0.90	0.20
	AAPh (°)	64.40 a	66.40 a	62.90 b	59.40 b	61.20 b	65.50 a	67.40 a	66.70a	70.10a	64.90	6.60
<b>Flor</b>	LrF (cm)	14.60 c	28.70 a	13.90 c	19.80 b	17.40 c	14.60 c	16.60 c	19.60b	20.50b	18.40	6.60
	LPeF(cm)	10.40 b	14.90 a	8.60 b	11.10 b	9.90 b	8.90 b	7.90 b	9.60 b	10.20b	10.20	3.00
	LE(mm)	4.00 ab	4.00 ab	4.00 ab	4.00 ab	4.00 ab	4.00 ab	4.10 a	4.00ab	3.80 b	4.00	0.00
	DF (mm)	5.60 d	5.50 d	5.60 d	5.80 d	6.10 d	5.70 d	7.00 c	7.70 b	9.20 a	6.50	0.10
	NFr/r (vn)	153.00a	146.40a	149.40a	174.20a	161.60a	71.00 b	155.90a	195.2a	190.4a	155.20	55.30
<b>Fruto</b>	Dfr(mm)	7.20 d	7.40 d	8.30 c	9.10 b	10.90 a	8.80 b	7.90 c	7.50 d	6.60 d	8.20	0.10
	LFr(mm)	6.40 c	6.20 c	7.10 b	8.60 a	8.60 a	7.30 b	7.60 b	6.90 b	6.60 c	7.20	0.10
	Efr (%)	0.89 c	0.84 c	0.85 c	0.94 b	0.79 d	0.84 c	0.95 b	0.93 b	1.00 a	0.90	0.10
	PFrfr (gr)	0.15 e	0.15 e	0.25 d	0.55 a	0.55 a	0.36 c	0.43 b	0.27 d	0.31 c	0.30	0.20
	PMeFr (gr)	0.05 d	0.06 d	0.12 c	0.42 a	0.41 a	0.24 b	0.27 b	0.14 c	0.18 c	0.21	0.10
	LPeFr (mm)	8.70 a	7.40 b	7.70 b	7.40 b	7.80 b	6.20 c	5.30 d	7.60 b	7.40 b	7.30	0.10
	GPeFr (mm)	2.40 b	3.10 a	2.30 b	2.10 b	2.80 a	3.10 a	2.80 a	2.50 b	2.60 b	2.60	0.10
	NFr/r (vn)	117.00a	101.10b	96.60 b	150.20a	97.80 b	43.60 c	138.90a	158.1a	145.7a	116.60	48.10
<b>Semilla</b>	LS (mm)	5.10 c	5.10 c	5.40 b	5.80 a	5.50 b	5.40 b	5.90 a	5.90 a	5.70 a	5.50	0.10
	DS (mm)	5.70 b	5.90 b	6.10 b	6.40 a	6.70 a	5.60 b	6.50 a	6.50 a	6.50 a	6.20	0.10
	ES (%)	0.90 b	0.87 b	0.89 b	0.91 b	0.83 b	0.97a	0.91 b	0.91 b	0.89 b	0.90	0.10
	PS (gr)	0.09 c	0.09 c	0.12 b	0.13 b	0.14 a	0.12 b	0.16 a	0.13 b	0.13 b	0.10	0.00
	P100S (gr)	9.30 b	9.50 b	9.80 b	14.80 a	12.30 a	10.10 b	13.80 a	10.60b	10.50b	11.10	2.00

Valores con letras diferentes en filas indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ). Ap :Altura de planta, LeTj: longitud de entrenudos de tallos jóvenes, Dtj: diámetro de tallo joven, At1R: altura de tallo a primera ramificación, L2H : longitud de 2ª hoja, G2H: grosor de la segunda hoja, A2H: ancho de la segunda hoja, L2H/G2H: cociente de longitud por grosor de la segunda hoja, L2H/A2H: cociente de longitud por ancho de la segunda hoja, LPc: longitud del peciolo, AAPh: ángulo del ápice de la hoja, LrF: longitud del pedúnculo floral (rama flora), LPeF: longitud del pedicelo de la flor, LE: longitud de estambre, DF: diámetro de la flor, NFr/r: número de flores por rama, DFr: diámetro de fruto, LFr: longitud de fruto, Efr: esfericidad del fruto, PFrfr: peso de fruto fresco, PMeFr: peso del mesodermo del fruto, LPeFr: longitud del pedicelo del fruto, GPeFr: grosor del pedicelo del fruto, NFr/r: número de frutos por rama, vn: valor numérico, LS: longitud de semilla, DS: diámetro de semilla, ES: esfericidad de semilla, PS: peso de semilla:PS, P100S: peso de 100 semillas. DS: Desviación estándar.

El grupo II quedó integrado por cuatro poblaciones colectadas en la región de CJR, TCC, TCA y CLC; las poblaciones que integraron este grupo se caracterizan por presentar similitud en la variable cociente de relación longitud de la segunda hoja por el ancho de la segunda hoja (L2H/A2H) y cociente de longitud por grosor de la segunda hoja (L2H/G2H). El grupo III se integró con tres poblaciones (CTia, CJC y OGV), definido por la variable de mayor contribución que fue el cociente de longitud de la segunda hoja por grosor de la segunda hoja. El análisis de conglomerados con algoritmo de Ward (Figura 4), dio soporte a las agrupaciones observadas en el análisis de componentes principales ACP (Figura 3).

## DISCUSIÓN

### Diversidad morfológica de *A. compressa*.

La alta similitud en las variables fenotípicas cualitativas observadas en este estudio, es congruente con los resultados observados en especies del género *Ardisia* (Lascrain *et al.*, 2010; Muñoz y Ackerman, 2011; Heredia-Vásquez, 2013; Joaquín-Cruz *et al.*, 2015). La similitud morfológica detectada en las poblaciones de *A. compressa* en este estudio, puede ser atribuida a que los parámetros cualitativos son menos influenciados por el ambiente y tienden a ser propios de la especie de estudio (Sennhenn *et al.*, 2014). Por otro lado, se observó variabilidad fenotípica en el color de hoja y fruto. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Tao (2010), quien observó variabilidad en el color de hoja y de frutos en poblaciones de *Ardisia crenata* Sims procedentes de Fujian, Jiangxi y Guangxi, China. Zhao *et al.* (2006) reportó una



coloración púrpura en el dorso de la hoja de *A. crenata* var. bicolor, en China. Al respecto Yang *et al.* (2011) observaron variación en el color del fruto maduro en poblaciones silvestres de *Ardisia virens* procedentes de la provincia de Yunnan en el sureste de China. Algunos autores mencionan que la variación en la coloración de la hoja depende de la interacción entre el genotipo y el ambiente, además la intensidad de la coloración puede verse afectada (inhibida o transformada) por la alta exposición lumínica a la que puede exponerse la planta (Delgado *et al.*, 2000; Garzón, 2008; Karuppusamy, 2009) o a la deficiencia de nutrientes (Kil *et al.*, 2010), factores que pudieron afectar en la variación del color de hoja y fruto observadas en este estudio.

A diferencia de las características cualitativas, las variables cuantitativas mostraron alta variación entre las poblaciones de *A. compressa*. Con respecto a la altura de la planta, se distinguieron alturas de tipo: mediana (3 a 5 m) y pequeños ( $\leq 3$ m). Las plantas de altura mediana presentaron características de tallo grueso y ramificaciones bajas; mientras que, las plantas más pequeñas presentaron tallos gruesos y ramificación alta. Resultados congruentes se han descrito por Lascurain *et al.* (2010), quienes indican que la altura de las plantas de *A. compressa* puede estar en un intervalo de 1 a 7 m. La variación en altura de la planta observada puede deberse a diversos factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, como disponibilidad de luz, agua, tipo de suelo, entre otros (Zhao *et al.*, 2006; Schumacher *et al.*, 2008). En el caso de la disponibilidad e intensidad de luz, se ha indicado que estimula la actividad fotosintética y la conductancia de agua en las hojas favoreciendo un mayor crecimiento y desarrollo del dosel de las plantas (Brock *et al.*, 2005; Muñoz y Ackerman, 2011; Zhao y Chen, 2011). En el presente estudio las poblaciones que presentaron mayor altura de planta fueron colectadas en zonas cafetaleras con precipitación de 4,000 mm, anuales y donde las plantas son utilizadas para dar sombra al cultivo del café, por lo tanto, están expuestas a períodos largos de luz solar y mayor disponibilidad de agua, factores que pudieron influir en la altura de la planta.

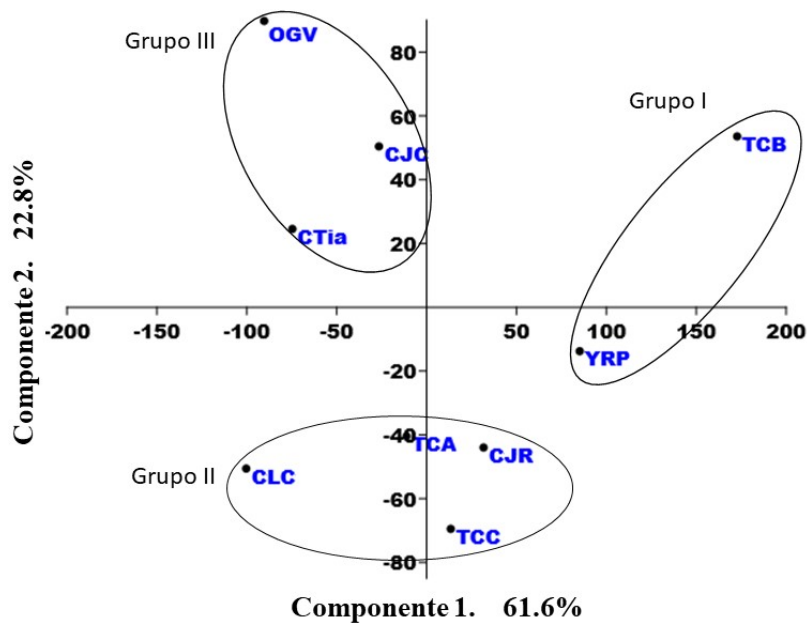
En las características de hoja, la variabilidad observada fue similar a lo reportado en otras especies de *Ardisia* (Lascurain *et al.*, 2010; Ahammed *et al.*, 2019; Nuraliev *et al.*, 2020), y se considera que las condiciones ambientales del hábitat de desarrollo de las plantas son factores determinantes en la variabilidad (Khadivi-Khub, 2014). Entre estos factores ambientales la altitud, humedad y luminosidad, tienen un papel importante con la interacción del genotipo sobre las características de las hojas (Liu *et al.*, 2021). En este estudio probablemente la altitud pudo ser un factor determinante en la expresión de la variabilidad morfológica de la hoja. Liu *et al.* (2021) mencionan que las variables

anatómicas de grosor de epidermis, grosor de tejido empalizado y esponjoso de las hojas tienden a una disminución a lo largo de un gradiente altitudinal (Tabla 1). Con relación a las variables del fruto, los resultados de este estudio son comparables con lo reportado por otros autores (Lascurain *et al.*, 2010; Jun y Nian-He, 2012; Ahmmed *et al.*, 2019), quienes encontraron diámetros de fruto de 6 a 8 mm; de 6 a 10 mm y de 4 a 9 mm, respectivamente. Gonçalves *et al.* (2006) proponen que el manejo y carga de fruto en la planta son factores que posibilitan la variación del peso del fruto. Por otro lado, *A. compressa* al ser una especie silvestre, en la fructificación se ve expuesta a diferentes factores (ambientales, ataque de insectos, aves y roedores) que influyen en la distribución y llenado del fruto, lo que pudo provocar la variación del peso del fruto observada en este estudio (Zhao *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2011).

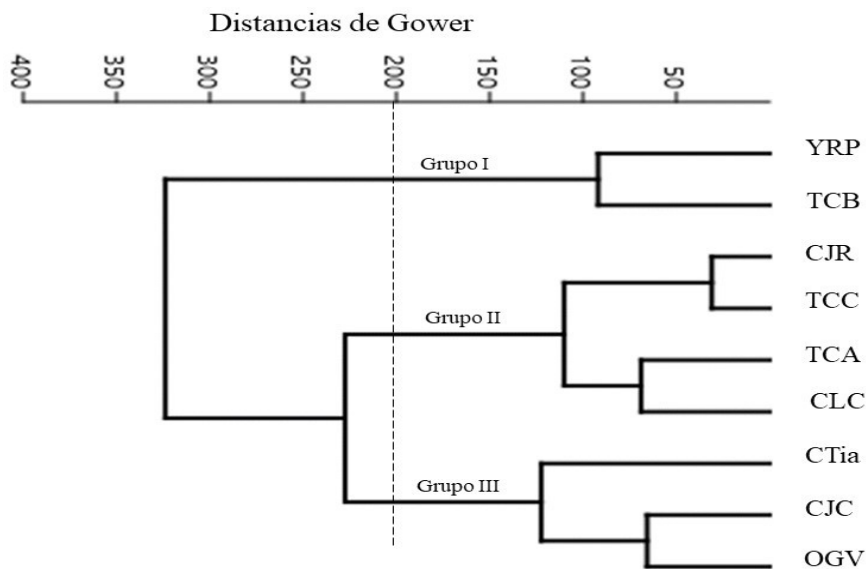
**Tabla 6. Vectores propios de los dos primeros componentes principales de las variables evaluadas en nueve poblaciones de *A. compressa* en Chiapas, México.**

Variable	Componente principal	
	1	2
Color del haz de hoja	-0.00054	0.00167
Color del envés de hoja	0.00288	-0.00629
Valor del ángulo de ápice	0.00104	0.00391
Color del fruto	0.00705	0.00027
Altura de planta	<b>0.70370*</b>	0.65790
Longitud de entrenudo	-0.00227	0.00606
Altura de tallo	-0.01243	-0.01121
Longitud de hoja	0.00489	0.03290
Cociente L2H/G2H	-0.64083	<b>0.66665*</b>
Cociente L2H/A2H	0.07393	<b>0.28907*</b>
Ancho de hoja	0.00386	0.01437
Apertura angular del ápice de hoja	0.01158	-0.00462
Longitud de rama floral	0.03268	-0.03350
Número de flores	<b>0.21256*</b>	-0.15677
Número de frutos	<b>0.23935*</b>	-0.14524
Peso del mesodermo del fruto	-0.00037	-0.00163
Longitud de semilla	0.00015	-0.00024
Diámetro de semilla	0.00013	-0.00046
Esfericidad de semilla	0.00003	0.00025
Peso de semilla	0.00000	-0.00022
Peso 100 semillas	0.00014	-0.02058
Valor propio	7826.97	2894.05
Varianza explicada (%)	61.58	22.77
Varianza acumulada (%)	61.58	84.35

\*Variables con mayor aportación para cada componente principal, (L2H/G2H): longitud de segunda hoja por grosor de segunda hoja, (L2H/A2H): longitud de segunda hoja por ancho de segunda hoja .



**Figura 3.** Distribución espacial de nueve poblaciones de *A. compressa* Kunth, en los dos primeros componentes principales, con base en 21 variables morfológicas.



**Figura 4.** Dendrograma de nueve poblaciones de *A. compressa* Kunth, colectadas en el noreste de Chiapas, México, generado con distancias de Gower y método de agrupamiento Ward.

El número de frutos promedio por población fue de 117 frutos. Estos resultados fueron superiores a lo reportado por Kitajima *et al.* (2006) quienes encontraron variación de 13 a 17 frutos por rama y de 72 a 103 frutos por planta en cultivares de *A. crenata*. Muñoz y Ackerman (2011) observaron alta variación en la producción de frutos de *A. elliptica* y *A. obovata* (2,841 y 808 frutos por planta, respectivamente). Por otro lado, Yang *et al.* (2011) en *A. virens* reportaron datos de producción de frutos mayor a lo observado en este estudio, y señalan que la producción de frutos en variedades cultivadas puede ser de tres a cuatro veces

mayor a lo observado que en estado silvestre. Lo anterior sugiere que la alta variabilidad observada puede estar influenciada por diferencias ambientales de los sitios de colecta (clima, temperatura, humedad) (Crawley 2000).

Con respecto a la esfericidad de los frutos de *A. compressa*, Omobuwajo *et al.* (2000), señalan que valores altos de esfericidad en frutos de especies tropicales tienden a presentar una forma redonda. Sin embargo, con base en la clasificación de Riley (1941), los frutos de la población TCC fueron redondos

(máxima esfericidad), mientras que en el resto de los frutos predominó la forma globosa (alta esfericidad). Al respecto Ahmmed *et al.* (2019) en *A. agasthyamalayana* y Yang *et al.* (2009) en *A. crenata* reportaron frutos de forma globosa; por el contrario, Yang *et al.* (2011) observaron frutos con forma achatada y esférico en poblaciones de *A. virens*, y sugieren que las diferencias observadas en la forma del fruto pueden atribuirse al efecto de las condiciones ambientales de cada sitio de colecta (Yang *et al.*, 2011). Los resultados de las variables peso de semilla y peso de 100 semillas fueron muy inferiores a lo publicado por Yao *et al.* (2014) quienes encontraron variaciones de 344 a 1,951 g, en el peso de 1,000 semillas entre poblaciones de *A. virens*, *A. elliptica* y *A. brunnescens*. Por otro lado, Yang *et al.* (2011) observaron valores de 124 g en el peso de 1,000 semillas de *A. virens*, resultados semejantes con lo reportado en este estudio. Esta variación del peso de semillas observada en las especies de *Ardisia*, puede deberse a diferencias en el tamaño de la semilla de cada especie (Yang *et al.*, 2011; Yao *et al.*, 2014). Con relación a las variables longitud y ancho de la semilla, los resultados de este estudio son cercanos a lo reportado en estudios previos realizados con especies congéneres (Yao *et al.*, 2014).

#### **Organización de la diversidad morfológica de *A. compressa***

Los resultados obtenidos en el ACP y en conglomerados (Figuras 3 y 4) permitieron observar que la alta diversidad morfológica de las poblaciones de *A. compressa*, está organizada en tres grupos diferenciados por las características morfológicas de las poblaciones. Resultados similares fueron observados en poblaciones de *Melicoccus bijugatus* y *Spondias tuberosa*, al evaluar la diversidad morfológica con base en características del fruto (De Freitas Lins Neto *et al.*, 2013; Jiménez-Rojas *et al.*, 2019). Las principales diferencias morfológicas presentes entre los grupos se relacionaron con características vegetativas y de flor, características que son influenciadas por el ambiente en el que se desarrollan las poblaciones (Angiolini *et al.*, 2015). Para el caso del grupo I, las poblaciones fueron colectadas en áreas con altitudes de 500 a 1,000 mm, donde la vegetación ha sido perturbada por el humano y se caracterizan por presentar vegetación secundaria arbustiva y extensas áreas de cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) y café (*Coffea arabica* Lineo) lo que ha provocado que las poblaciones de *A. compressa* estén expuestas a la luz solar por más tiempo, esta condición pudo influir en el mayor número de flores y frutos. Las poblaciones que integraron el grupo II, se diferenciaron por presentar hojas de mayor tamaño y fueron colectadas en áreas caracterizadas por vegetación de bosque lluvioso de montaña, vegetación arbustiva y algunas áreas con

cultivo de café. Las poblaciones que integraron el grupo III fueron colectadas en áreas de bosque tropical perennifolio situación que puede ocasionar competencia por luz y nutrientes del suelo entre las poblaciones de *A. compressa* con la vegetación natural circundante, provocando que las poblaciones que integraron el grupo tres se diferencien por presentar plantas de mayor altura (Idrissi *et al.*, 2015). La diferenciación de las poblaciones de *A. compressa* en tres grupos morfológicos puede interpretarse como una respuesta a las condiciones ambientales de los sitios de colecta (Tabla 1), limitada capacidad de dispersión, variación genética y selección vinculada al éxito reproductivo, efecto de la competencia con otras especies y la influencia de la vegetación (Ellison *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2009). Resultados afines son publicados en poblaciones naturales de *Brachypodium hybridum* y en *Romulea bulbocodium* Iridaceae, donde los factores ambientales y ecológicos fueron determinantes en la estructuración de la diversidad morfológica de ambas especies (Angiolini *et al.*, 2015; Neji *et al.*, 2015).

#### **CONCLUSIÓN**

Se identificó variabilidad en las características morfológicas de las poblaciones de *A. compressa*. Las variables cuantitativas permitieron observar mayor variabilidad morfológica en comparación con las variables cualitativas, por lo tanto, son una herramienta útil para caracterizar las poblaciones silvestres de *A. compressa*. Los análisis de agrupamiento indicaron que la diversidad fenotípica de las poblaciones de *A. compressa* está organizada en tres grupos morfológicos. El análisis de ACP indicó que los tres grupos morfológicos observados fueron definidos con base en características de altura del árbol, número de frutos, número de flores y relación de longitud por grosor de la hoja, principalmente. Este es el primer estudio que evalúa la variabilidad morfológica de *A. compressa* en México, por lo que se recomienda desarrollar más estudios que permitan generar información básica sobre las características agronómicas, químicas y nutricionales de la especie.

**Funding.** The authors received no specific funding for this work.

**Conflict of interest.** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Compliance with ethical standards.** The characteristics of this research do not require ethics committee approval.

**Data availability.** Data is available from the corresponding author upon reasonable request (Rubén Humberto Andueza Noh, e-mail: [ruben.andueza@itconkal.edu.mx](mailto:ruben.andueza@itconkal.edu.mx))

**Author contribution statement (CRediT).** **R. Andueza-Noh:** Conceptualization, formal analysis, methodology, writing. **E. Ruiz-Sánchez:** Conceptualization, investigation, writing – review & editing. **J. R. Molina Maldonado:** Conceptualization, formal analysis, methodology, writing, investigation. **R. Garruña:** Supervision, writing – review & editing, investigation. **F. A. Gutiérrez Miceli:** Methodology, writing – review & editing, investigation. **L. F. da Conceição Dos Santos:** Methodology, writing – review & editing, investigation.

## REFERENCIAS

- Aguilar, P.E. and González, A. A., 2009. Cafeticultura indígena en Yajalón: un escenario al margen del comercio justo. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 4(7), pp. 157-186.
- Ahammed, N., Gopalprabhu, R. and Mohan, A., 2019. *Ardisia agasthyamalayana* (Primulaceae), a new species from the Western Ghats, India. *Webbia*, 74(1), pp. 51-56.  
<http://doi.org/10.1080/00837792.2018.1546922>
- Angiolini, C., Bonari, G., Frignani, F., Iiriti, G., Nannoni, F., Protano G. and Landi, M., 2015. Ecological patterns of morphological variation in Italian populations of *Romulea bulbocodium* (Iridaceae). *Flora*, 214, pp. 1-10.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2015.05.001>
- Brock, M.T, Weinig, C. and Galen, C., 2005. A comparison of phenotypic plasticity in the native dandelion *Taraxacum ceratophorum* and its invasive congener *T. officinale*. *New Phytologist*, 166(1), pp. 173-183.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01300.x>
- Crawley, M. J. (2000). Seed predators and plant population dynamics. *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*, 167-182.  
<https://doi.org/10.1079/9780851994321.0167>
- Das, S. and Ghosh, A., 2010. Characterization of rice germplasm of West Bengal. *Oryza*, 47(3), pp. 201-205.
- De Freitas Lins Neto, E.M., de Oliveira, I.F., Britto, F.B. and de Albuquerque, U.P., 2013. Traditional knowledge, genetic and morphological diversity in populations of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae). *Genetic resources and crop evolution*, 60(4), pp. 389-1406.  
<https://doi.org/10.1007/s10722-012-9928-1>
- Delgado, V.F., Jiménez, A.R. and Paredes-López, O., 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40(3), pp. 173-289.  
<https://doi.org/10.1080/10408690091189257>
- Demooy, B.E. and Demooy, C.J., 1990. Evaluation of cooking time and quality of seven diverse cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties. *International Journal of Food Science & Technology*, 25(2), pp. 209-212.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01076.x>
- Ellison, A.M., Buckley, H.L., Miller, T.E. and Gotelli, N.J., 2004. Morphological variation in *Sarracenia purpurea* (Sarraceniaceae): geographic, environmental and taxonomic correlates. *American Journal of Botany*, 91(11), pp. 1930-1935.  
<https://doi.org/10.3732/ajb.91.11.1930>
- Farreira, T. and Rasband, W., 2012. ImageJ user guide: IJ 1.46 r. National Institute of Health, Bethesda, Maryland, USA,  
<https://imagej.nih.gov/ij/>.
- Franco, J., Crossa, J., Villasenör, J., Taba, S., and Eberhart, S.A., 1998. Classifying genetic resources by categorical and continuous variables. *Crop Science*. 38(6), pp. 1688-1696.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800060045x>
- Fresnedo, R.J., Segura, S. and Muratalla-Lúa, A., 2011. Morphovariability of capulín (*Prunus serotina* Ehrh.) in the central-western region of Mexico from a plant genetic resources perspective. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(4), pp. 481-495.  
<https://doi.org/10.1007/s10722-010-9592-2>
- Garzón, G.A., 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biológica colombiana*, 13(3), pp. 27-36.
- Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Santos, A., Silva, A.P., Bacelar, E., Correia C. and Rosa E., 2006. Scion-rootstock interaction affects the

- physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiology*, 26(1), pp. 93-104. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.1.93>
- Heredia-Vásquez, J., 2013. Propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de polvos nanoestructurados de *Ardisia compressa* Kunth. Tesis de maestría. *Universidad Veracruzana*. Jalapa de Enríquez, Veracruz, México, pp. 79.
- Idrissi, O., Udupa, S.M., Houasli, C., Keyser, E.D., Van Damme, P. and de Riek, J., 2015. Genetic diversity analysis of *Moroccan lentil* (*Lens culinaris* Medik.) landraces using Simple Sequence Repeat and Amplified Fragment Length Polymorphisms reveals functional adaptation towards agro-environmental origins. *Plant Breeding*, 134(3), pp. 322-332. <https://doi.org/10.1111/pbr.12261>
- INAFED, Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Chiapas. <https://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/07059a.html>. 03/2022 (consulado noviembre de 2022).
- Jiménez-Rojas, M.I., Martínez-Castillo, J., Potter, D., Dzib, G.R., Ballina-Gómez, H., Latournerie-Moreno, L. and Andueza-Noh, R.H., 2019. Morphological diversity of Huaya India fruits (*Melicoccus oliviformis* Kunth) in the Maya Lowlands. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 66, pp. 513-522. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-00731-z>
- Joaquín-Cruz, E., Dueñas, M., García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y., Santos-Buelga, C. and García-Salinas, C., 2015. Anthocyanin and phenolic characterization, chemical composition and antioxidant activity of chagalapoli (*Ardisia compressa* K.) fruit: A tropical source of natural pigments. *Food Research International*, 70, pp. 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.033>
- Jun, W. and Nian-He, X., 2012. *Ardisia crenata* complex (Primulaceae) studies using morphological and molecular data. In: J. Mworia, ed Botany. In Tech London Inglaterra. pp. 163-173. <https://doi.org/10.5772/33764>
- Karuppusamy, S. 2009. A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(13), pp. 1222-1239.
- Khadivi-Khub, A., 2014. Assessment of cultivated cherry germplasm in Iran by multivariate analysis. *Trees*, 28(3), pp. 669-685. <https://doi.org/10.1007/s00468-014-0980-7>
- Kil, M.J., Huh, Y.J., Choi, S.Y., Lim, J.H., Park, S.K. and Shim, M.S., 2010. Effect of Nitrogen Concentration and Feeding Period on Growth and Flowering in Hydroponics of *Ardisia pusilla*. *Journal of Bio-Environment Control*, 19(4), pp. 257-265.
- Kitajima, K., Fox, A.M., Sato, T. and Nagamatsu, D., 2006. Cultivar selection prior to introduction may increase invasiveness: evidence from *Ardisia crenata*. *Biological Invasions*, 8(7), pp. 1471-1482. <http://doi.org/10.1007/s10530-005-5839-9>
- Liang, T., Gan X.G.R., Yu, J., Qu, S., Xie, Q., Shama, R., Bao, M., Su, H., Liu, B., and Borjigidai, A., 2023. *Ardisia gigantifolia* stapf (Primulaceae): A review of ethnobotany, phytochemistry, pharmacology, clinical application, and toxicity. *Journal of Ethnopharmacology*, 305, 116079. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.116079>
- Lascurain, M., Avendaño, S., Del Amo, S. and Niembro, A., 2010. Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz. Veracruz, México: Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Forestal, Conafor-Conacyt.
- Liu, X., Chen, H., Sun, T., Li, D., Wang, X., Mo, W., Wang, R. and Zhang, S., 2021. Variation in woody leaf anatomical traits along the altitudinal gradient in Taibai Mountain, China. *Global Ecology and Conservation*, 26, pp. e01523. <http://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01523>
- Martínez-Blanco, A., Almeraya-Quintero, S.X., Guajardo-Hernández, L.G., Pérez-Hernández, L.M. and Regalado-López, J., 2019. La utilidad de *Ardisia compressa* Kunth en parcelas cafetaleras. *Agro Productividad*, 12(9), pp. 41-46. <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1468>
- Morillo, C.A.C., Rodríguez-Fagua, A.P. and Morillo-Coronado, Y., 2019. Morphological Characterization of Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) in the Municipality for Pachavita, Boyacá. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2),



- pp. 291-298.  
<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.75832>
- Muñoz, M.C. and Ackerman, J.D., 2011. Spatial distribution and performance of native and invasive *Ardisia* (Myrsinaceae) species in Puerto Rico: the anatomy of an invasion. *Biological Invasions*, 13(7), pp. 1543-1558. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9912-7>
- Nuraliev, M.S., Hu, C.M., Kuznetsov, A.N. and Kuznetsova, S.P., 2020. *Ardisia daklakensis* (Primulaceae), a new species from Vietnam. *Nordic Journal of Botany*, 38(12), pp. 1-3. <https://doi.org/10.1111/njb.02983>
- Omobuwajo, T.O., Sanni, L. A. and Olajide, J. O., 2000. Physical properties of ackee apple seeds (*Blighia sapida*). *Journal of Food Engineering*, 45(1), pp. 43-48. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00040-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00040-6)
- Pascarella, J.B., 1997. Pollination Ecology of *Ardisia escallonioides* (Myrsinaceae). *Castanea*, 62(1), pp. 1-7. <http://www.jstor.org/stable/4034097>
- Pipoly, J.J. and Ricketson, J.M., 2005. New species and nomenclatural notes in Mesoamerican *Ardisia* (Myrsinaceae). *Novon*, 15(1), pp. 190-201.
- Popola, J.O., Bello, O.A. and Obembe, O.O., 2016. Phenotypic intraspecific variability among some accessions of Drumstick (*Moringa oleifera* Lam.). *Canadian Journal of Pure and Applied Science*, 10(1), pp. 3681-3693.
- Riley, N.A., 1941. Projection sphericity. *Journal of Sedimentary Research*, 11(2), pp. 94-95. <https://doi.org/10.1306/D426910C-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- Sánchez-Hernández, S., Mendoza-Briseño, M.A. and García-Hernández, R.V., 2017. Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), pp. 7-18.
- Sánchez-Urdaneta, A.B. and Peña-Valdivia, C.B., 2011. Morphological descriptor for genus *Psidium* characterization. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia*, 28(3), pp. 303-343.
- Schumacher, E., Kueffer, C., Tobler, M., Gmür, V., Edwards, P.J. and Dietz, H., 2008. Influence of drought and shade on seedling growth of native and invasive trees in the Seychelles. *Biotropica*, 40(5), pp. 543-549. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00407.x>
- Sennhenn, A., Prinz, K., Gebauer, J., Whitbread, A., Jamnadass, R. and Kehlenbeck, K., 2014. Identification of mango (*Mangifera indica* L.) landraces from Eastern and Central Kenya using a morphological and molecular approach. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(1), pp. 7-22. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-0012-2>
- Tao, M.C., 2010. Variation of morphological characters and cluster analysis of *Ardisia crenata* populations. *Journal of Plant Resources and Environment*, 19(4), pp. 43-49.
- Ubierno-Covarlán, P.A., Rodríguez-Galván, M.G., Zaragoza-Martínez, M.L., Ponce-Díaz, P., Casas, A. and Mariaca Méndez, R., 2020. Agrobiodiversity of edible vegetable in the indigenous territory maya-ch'ol Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, p. 46. <http://doi.org/10.56369/tsaes.3192>
- Yang, Q.H., Lan, Q.Y., Yang, H.S., Tan, Y.H. and Ye, W.H., 2011. Germination, desiccation, storage and germination-accelerating pretreatment of *Ardisia virens* seeds. *Seed Science and Technology*, 39(2), pp. 327-337. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.2.06>
- Yang, Q.H., Ye, W.H., Wang, Z.M. and Yin, X.J., 2009. Seed germination physiology of *Ardisia crenata* var. *bicolor*. *Seed Science and Technology*, 37(2), pp. 291-302. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.2.04>
- Yao, X., Goodale, U.M., Li, Z., Huang, Y., Wang, X.F., Cheng, F.Y., Tan, Y.H., Xiao, C.F. and Lan, Q., 2014. Relative importance of seed drying rate, desiccation Tolerance, and cryotolerance for the conservation of *Ardisia elliptica*, *A. brunnescens* and *A. virens*. *Cryoletters*, 35(3), pp. 162-170.
- Zhao, A.L., Chen, X.Y., Zhang, X. and Zhang, D., 2006. Effects of fragmentation of evergreen broad-leaved forests on genetic diversity of *Ardisia crenata* var. *bicolor* (Myrsinaceae). *Biodiversity & Conservation*, 15(4), pp. 1339-1351. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-4875-1>

Zhao, J. and Chen, J., 2011. Photosynthesis, growth and foliar herbivory of four *Ardisia* species

(Myrsinaceae). *Acta Oecologica*, 37(3), pp. 277-283.

<https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.02.012>