

RASGOS MORFOFUNCIONALES ASOCIADOS CON LA EXPRESIÓN REPRODUCTIVA EN ORQUÍDEAS SILVESTRES CON DIFERENTES HÁBITOS DE CRECIMIENTO ¹

MORPHOLOGICAL AND FUNCTIONAL TRAITS ASSOCIATED WITH REPRODUCTIVE EXPRESSION IN WILD ORCHIDS WITH DIFFERENT GROWTH HABITS

S.L. Quintero-Bastida ¹; J.A. López-Sandoval ^{2*}

¹*Colegio de Postgraduados. Posgrado en Botánica. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.*

²*Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario "El Cerrillo", el Cerrillo Piedras Blancas, C. P. 50200 Toluca, Estado de México.*

* E-mail: jalopezsa@uaemex.mx

Fecha de envío: 29, mayo, 2026

Fecha de publicación: 20, julio, 2026

Resumen:

Las orquídeas silvestres presentan una gran diversidad de estrategias estructurales asociadas a su adaptación a distintos ambientes; sin embargo, el papel de los rasgos morfofuncionales en la expresión reproductiva de especies con diferentes hábitos de crecimiento ha sido poco estudiado. El objetivo de este trabajo fue analizar la relación entre rasgos morfofuncionales y variables de expresión reproductiva en 101 especies de Orchidaceae silvestres colectadas en 18 municipios del Estado de México. Se evaluaron 15 variables morfofuncionales y reproductivas. Las especies se seleccionaron según su hábito de crecimiento (epífita, terrestre y acuático). La muestra utilizada en el ACP estuvo conformada por 404 individuos. El ACP permitió identificar patrones multivariados entre los rasgos morfofuncionales y su relación con la expresión reproductiva. Asimismo, se realizó un análisis discriminante para evaluar la diferenciación entre hábitos de crecimiento. Los resultados mostraron que el CP1 explicó el 22.5 % de la varianza y el CP2 el 14.8 %. En el CP1, las variables con mayor carga fueron bulbos y rizoma; en el CP2, altura, tallo, hojas y área foliar. El análisis discriminante agrupó las orquídeas en epífitas, terrestres y acuáticas. Las epífitas se caracterizaron por la presencia de rizoma y bulbos, las terrestres por cormos, mientras que las acuáticas compartieron características similares a las terrestres. Este estudio evidencia que la relación entre estructuras vegetativas y reproductivas en Orchidaceae responde a la integración de múltiples rasgos morfofuncionales y no a un único atributo morfológico. Los resultados contribuyen a comprender la diversidad funcional de las orquídeas silvestres e incorporar enfoques multivariados para su análisis.

Palabras clave: Correlación, estructuras de adaptación, hábitos de crecimiento, análisis multivariado.

¹ tesis

Abstract:

Wild orchids exhibit a wide diversity of structural strategies associated with adaptation to different environments; however, the role of morphofunctional traits in the reproductive expression of species with different growth habits has received limited attention. The objective of this study was to analyze the relationship between morphofunctional traits and reproductive expression variables in 101 wild Orchidaceae species collected from 18 municipalities in the State of Mexico. Fifteen morphofunctional and reproductive variables were evaluated. Species were selected according to their growth habit (epiphytic, terrestrial, and aquatic). The sample used for Principal Component Analysis (PCA) comprised 404 individuals. PCA was performed to identify multivariate patterns among morphofunctional traits and their relationship with reproductive expression. In addition, a discriminant analysis was conducted to evaluate differentiation among growth habits. The results showed that PC1 explained 22.5% of the total variance, whereas PC2 accounted for 14.8%. The variables with the highest loadings on PC1 were bulbs and rhizomes, while height, stem, leaves, and leaf area showed the highest loadings on PC2. Discriminant analysis grouped orchid species into epiphytic, terrestrial, and aquatic categories. Epiphytic species were characterized by the presence of rhizomes and bulbs, terrestrial species by corms, whereas aquatic species shared morphological characteristics with terrestrial orchids. This study demonstrates that the relationship between vegetative and reproductive structures in Orchidaceae is determined by the integration of multiple morphofunctional traits rather than by a single morphological attribute. These findings contribute to the understanding of the functional diversity of wild orchids and support the use of multivariate approaches for their analysis.

Keywords: Correlation, adaptive structures, growth patterns, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

La familia Orchidaceae constituye uno de los grupos más diversos a nivel mundial con 700 géneros y cerca de 30,000 especies, lo que representa el 10% de las plantas superiores (Hágsater et al., 2005). En México, la orquídeoflora está representada por 168 géneros y alrededor de 1,300 especies, de las cuales el 60% (780) se distribuyen principalmente en los bosques húmedos de montaña. En cuanto a su hábito de crecimiento el 70% de las especies son epífitas, el 20% terrestres y el 10% litófitas. Además, el 40% de las especies de orquídeas en México, son endémicas del país (Hágsater et al., 2005; Villaseñor, 2016). En este contexto, estudios realizados en orquídeas mexicanas han documentado la importancia de caracterizar poblaciones silvestres, su distribución potencial y sus atributos morfológicos, como ocurre en especies del género *Vanilla* en México (Hernández-Ruiz et al., 2016; Hernández-Ruiz et al., 2019).

La diversidad de las orquídeas está estrechamente relacionada con la evolución de diferentes hábitos de crecimiento (epífito, terrestre, litófito y acuático), los cuales reflejan estrategias funcionales que permiten a las especies colonizar ambientes con distinta disponibilidad de agua, luz y nutrientes (Baltazar & Solano, 2020; Ortiz-Cruz et al., 2021). Como resultado de esta diversificación, las orquídeas han desarrollado diversos rasgos morfofuncionales, entre los que destacan los pseudobulbos, cormos, rizomas, raíces carnosas con velamen y hojas suculentas, estructuras que contribuyen a la adquisición, almacenamiento y uso eficiente de recursos, particularmente agua y carbohidratos (Yang et al., 2016; Emeterio-Lara et al., 2021). En términos generales, las especies epífitas presentan adaptaciones asociadas con la captación y conservación del agua disponible en el dosel forestal, mientras que las terrestres dependen principalmente de órganos subterráneos de reserva que favorecen su supervivencia durante periodos de estrés hídrico o estacionalidad ambiental (Zhang & Zhang, 2016; Ortiz-Cruz et al., 2021).

Las orquídeas epífitas y litófitas presentan diversos rasgos morfofuncionales, como pseudobulbos, raíces fotosintéticas y raíces con velamen, que favorecen la captación, almacenamiento y conservación de agua y carbohidratos, permitiéndoles tolerar las variaciones en la precipitación (Yang et al., 2016; Hauber et al., 2020). En contraste, las especies terrestres suelen desarrollar órganos subterráneos de reserva, como cormos y rizomas, que facilitan la persistencia durante periodos desfavorables y el rebrote vegetativo al inicio de la siguiente temporada de crecimiento (Zhang & Zhang, 2016). Estas diferencias morfofuncionales reflejan estrategias contrastantes de adquisición, almacenamiento y asignación de recursos, las cuales podrían influir en la expresión reproductiva de las especies.

Entre los rasgos morfofuncionales relacionados con la adquisición de recursos, el área foliar constituye uno de los atributos más importantes, ya que determina la capacidad potencial de captación de radiación fotosintéticamente activa, el intercambio gaseoso y la producción de fotoasimilados, procesos que sustentan el crecimiento y la reproducción de las plantas (Baltazar & Solano, 2020). Debido a que la formación de inflorescencias, flores y frutos representa una elevada inversión de recursos, las características vegetativas influyen en la expresión reproductiva de las especies (Zotz et al., 2001). No obstante, en Orchidaceae esta relación puede



variar entre hábitos de crecimiento como consecuencia de las diferentes estrategias funcionales (Obeso, 2002). Asimismo, la variación morfológica floral registrada en especies mexicanas de *Vanilla* evidencia que diferentes estructuras de Orchidaceae pueden presentar diferenciación intraespecífica relevante, lo cual refuerza la importancia de analizar distintos atributos morfológicos y funcionales en este grupo (Hernández-Ruiz et al., 2019; Hernandez-Ruiz et al., 2020).

La mayoría de las investigaciones realizadas en orquídeas silvestres se han enfocado en aspectos taxonómicos, filogenéticos, ecológicos, anatómicos y de distribución geográfica. No obstante, son escasos los estudios comparativos que integren rasgos morfofuncionales y variables reproductivas en múltiples especies y hábitos de crecimiento. Analizar estas relaciones puede contribuir a comprender cómo diferentes estrategias funcionales participan en la reproducción de Orchidaceae silvestres. Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue analizar la relación entre rasgos morfofuncionales y la expresión reproductiva de orquídeas silvestres con diferentes hábitos de crecimiento. Se planteó la hipótesis de que las relaciones entre los rasgos vegetativos y la expresión reproductiva difieren de acuerdo con la estrategia funcional y el hábito ecológico de las especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de enero a diciembre de 2020 en 18 municipios del Estado de México. La colecta de ejemplares se llevó a cabo mediante autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT; permiso SGPA/DGVS/05608) para la colecta científica de especies silvestres. Se efectuaron recorridos de campo quincenales durante todo el periodo de estudio, siguiendo los criterios establecidos por Sánchez-González y González-Ledesma (2007). Se colectaron cinco individuos por especie; uno de ellos se destinó a la elaboración de ejemplares de herbario para su identificación taxonómica, mientras que los cuatro restantes se emplearon para sacar promedios para la evaluación de rasgos morfofuncionales y variables de expresión reproductiva.

Posteriormente, los ejemplares fueron trasladados al orquidiario de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) para su adaptación y preservación. La determinación taxonómica fue realizada por

un especialista en sistemática de Orchidaceae y la nomenclatura científica se corroboró mediante consulta en Trópicos. El criterio de selección de las especies fue por hábito de crecimiento (epífito, terrestre y acuático) (Material suplementario). Además, como información adicional agregó el tipo de vegetación donde se encontró cada especie: bosque tropical estacionalmente seco, bosque templado y matorral xerófilo (Villaseñor & Ortiz, 2014).

Los rasgos morfofuncionales y variables de expresión reproductiva que se midieron para cada individuo de las orquídeas terrestres, acuáticas y epífitas fueron:

a) Variables o rasgos morfofuncionales:

1. Diámetro del rizoma (DiamRizoma, mm)
2. Longitud del rizoma (LonRizoma, cm)
3. Número de cormos (Cormos)
4. Diámetro del cormo más grande (DiamCormo, mm)
5. Número de pseudobulbos (Bulbos)
6. Diámetro ecuatorial del pseudobulbo más grande (DiamBulbo, mm)
7. Altura de planta (Altura, cm), medida desde la base del cormo o pseudobulbo hasta el ápice de la inflorescencia, sin incluir la raíz
8. Longitud del tallo caulinar (LongTallo, cm)
9. Diámetro del tallo caulinar (DiamTallo, mm)
10. Número de hojas (Hojas)
11. Área foliar (AreaFoliar, cm²). El área foliar se estimó mediante un método destructivo, separando las hojas de cada ejemplar y cuantificándolas con un integrador de área foliar

b) Variables de expresión reproductiva

12. Número de inflorescencias (Infloresc)
13. Longitud de inflorescencia (LongInfloresc, cm)
14. Número de flores (Flores), cuantificado de acuerdo con la época de floración de cada especie
15. Número de frutos (Frutos) en los individuos



Las asociaciones entre rasgos morfofuncionales y variables de expresión reproductiva de las especies se evaluaron mediante un análisis de componentes principales (ACP), en STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007). El tamaño de la muestra empleado en el ACP, consistió en 404 individuos pertenecientes a las 101 especies colectadas. Previo al análisis de componentes principales, las variables se estandarizaron mediante la fórmula: $Z = (X_i - \mu)/\sigma$ (Hair et al., 2019). Donde X_i corresponde al valor observado de cada variable, μ a la media y σ a la desviación estándar. Para el ACP se incluyeron las 15 variables morfofuncionales registradas para cada individuo. El ACP se realizó con el propósito de identificar patrones multivariados entre los rasgos morfofuncionales y su relación con la expresión reproductiva entre especies con diferentes hábitos de crecimiento.

Además, se realizó un análisis discriminante para evaluar la separación de los hábitos de crecimiento, utilizando como variables predictoras los puntajes de los cinco componentes principales obtenidos en el análisis de componentes principales. La significancia de las funciones discriminantes se evaluó mediante el estadístico Lambda de Wilks (λ), con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los rasgos morfofuncionales arrojó 15 componentes principales que explican la asociación con la expresión reproductiva en orquídeas silvestres con diferentes hábitos de crecimiento (Cuadro 1). El grupo CP1 explicó una elevada proporción de la varianza total (22.5%), mientras que el CP2 presentó una proporción de 14.8%. En conjunto, estos dos primeros componentes acumularon 37.3% de la variación, lo que indica que una parte importante de la diferenciación morfofuncional de las especies puede explicarse mediante un número reducido de ejes de variación. Este resultado sugiere que los rasgos vegetativos y reproductivos evaluados no actúan de manera aislada, sino que se integran en patrones funcionales asociados.

Los factores de carga más importantes de las variables en el CP1 fueron: Bulbos, DiamRizoma, LongRizoma y Diambulbo. Para el CP2 los valores de carga factorial más altos fueron para la Altura, DiamTallo, Hojas, AreaFoliar y LongTallo (Cuadro 2).

Cuadro 1. Autovalores y porcentajes de varianza para cada componente principal.

Table 1. Eigenvalues and percentages of variance for each principal component.

Component Number	Eigenvalue	Percent of Variance	Cumulative Percentage
1	3.375	22.500	22.500
2	2.231	14.872	37.371
3	2.128	14.189	51.561
4	1.241	8.275	59.836
5	1.085	7.235	67.071
6	0.968	6.452	73.523
7	0.858	5.717	79.240
8	0.763	5.090	84.330
9	0.621	4.138	88.468
10	0.538	3.587	92.054
11	0.420	2.801	94.855
12	0.347	2.313	97.168
13	0.166	1.105	98.273
14	0.151	1.009	99.281
15	0.108	0.719	100.000

Cuadro 2. Cargas factoriales para cada variable.

Table 2. Factor loadings for each variable.

Variable	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Hojas	0.0006	0.3564	-0.2050	-0.3569	0.3029
Altura	0.2686	0.3997	0.3328	0.1171	-0.1000
Bulbos	-0.3948	0.0071	0.1954	0.0201	0.0605
Cormos	0.2893	-0.3450	0.2425	-0.3647	-0.1907
DiamCormo	0.2967	-0.3123	0.2659	-0.3656	-0.1739
LongTallo	0.1144	0.3195	-0.2585	-0.0116	-0.3166
DiamTallo	0.1071	0.3820	-0.2478	-0.1144	-0.3765
Diambulbo	-0.3164	0.0291	0.2383	0.1813	0.1638
DiamRizoma	-0.3607	0.1546	0.3145	-0.0963	-0.1858
LongRizoma	-0.3563	0.1683	0.3092	-0.2466	-0.1383
AreaFoliar	0.2402	0.3369	0.2420	-0.0354	0.2412
Infloresc	0.1247	-0.1385	-0.0196	0.6406	-0.2212
LongInfloresc	0.2298	0.1378	0.4752	0.2510	-0.0285
Flores	0.2974	0.1626	0.1100	0.0328	0.3811
Frutos	0.0642	-0.1318	-0.0559	0.0038	0.5024

Para explicar la importancia de las variables de mayor carga en el CP1, los bulbos y rizomas son adaptaciones evolutivas clave que permiten a las orquídeas silvestres, especialmente las epífitas, sobrevivir en entornos con limitaciones de agua y nutrientes. Estas estructuras actúan como órganos de almacenamiento y supervivencia, permitiendo a la planta reservar agua y nutrientes para soportar periodos de sequía, mantener el crecimiento vegetativo y asegurar su propagación (Zhang et al., 2023). En la Figura 1 se observa que las variables relacionadas con rizoma y bulbos presentan una asociación importante con el primer componente principal, lo que confirma su peso en la diferenciación morfofuncional de las especies analizadas.

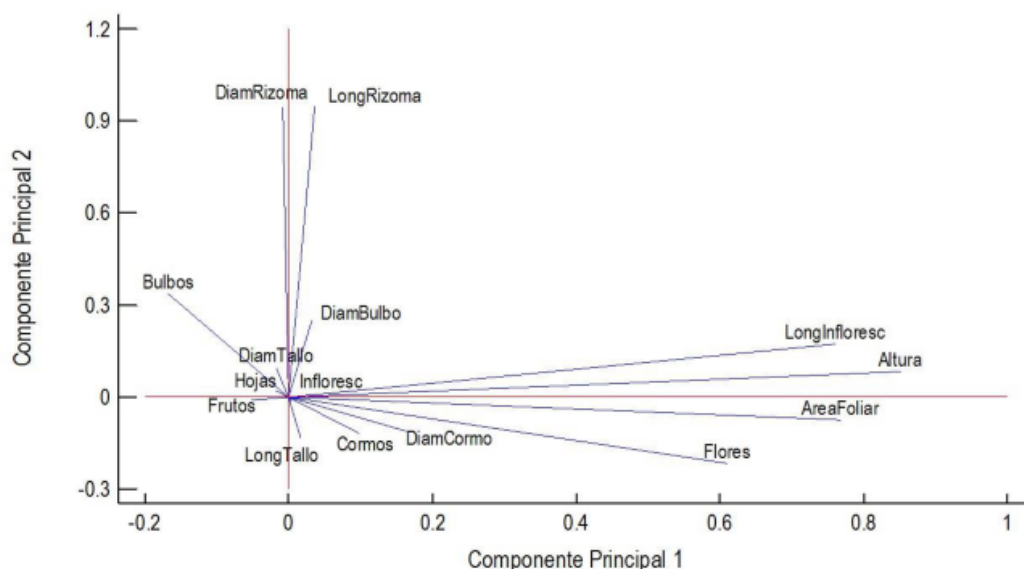


Figura 1. Asociación entre los dos componentes principales y los rasgos morfofuncionales y variables de expresión reproductiva en orquídeas silvestres.

Figure 1. Association between the two principal components and morphofunctional traits and reproductive expression variables in wild orchids.

El número y diámetro de los bulbos varían según la especie de orquídea. Las especies más compactas, como las del género *Bulbophyllum*, suelen desarrollar hileras continuas de bulbos pequeños, mientras que géneros como *Cattleya* u *Oncidium* forman una cadena donde cada nuevo brote añade un bulbo de mayor tamaño por temporada (CONAFOR, 2011). Esta variación estructural refleja diferencias en la forma en que las especies almacenan y asignan recursos para sostener procesos de crecimiento y reproducción. En este sentido, Emeterio-Lara

et al. (2021) encontraron que la remoción de bulbos en *Laelia autumnalis* redujo significativamente la producción de inflorescencias, lo cual evidencia la importancia de estas estructuras en la expresión reproductiva de las orquídeas.

Con respecto al segundo componente principal (CP2), las variables de mayor carga resultan relevantes debido a que la altura de planta y la longitud de tallo son parámetros que permiten explicar el crecimiento vegetativo y reproductivo (Vafaei et al., 2021). Además, el número de hojas y el área foliar, valores importantes de carga para este componente principal, indican una mayor capacidad de regulación hídrica y aprovechamiento fotosintético, lo que representa ventajas adaptativas para sostener procesos metabólicamente demandantes, como la formación de flores, frutos e inflorescencias (Zhang & Zhang, 2016). La asociación de estas variables en la Figura 1 permite interpretar que el CP2 está relacionado principalmente con la arquitectura aérea de la planta y con su capacidad de captación de recursos.

En conjunto, la distribución de las variables en los dos primeros componentes principales muestra que la expresión reproductiva de las orquídeas silvestres está asociada tanto con órganos de reserva, como bulbos y rizomas, como con rasgos vegetativos vinculados con la captación de recursos, como hojas, área foliar, altura y tallo. Estos patrones morfofuncionales permiten comprender mejor la separación entre hábitos de crecimiento y sirven como base para interpretar los coeficientes de clasificación obtenidos para orquídeas acuáticas, epífitas y terrestres, los cuales se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Coeficientes de la función de clasificación para hábito de crecimiento.

Table 3. Coefficients of the classification function for growth habit.

Variables	Acuáticas	Epífitas	Terrestres
CP1	-0.2951	0.3657	-0.1908
CP2	-0.1468	-0.0304	0.0212
CP3	0.1263	-0.4258	0.2289
CP4	0.1463	-0.2979	0.1583
CP5	-0.0005	-0.2286	0.1250
CONSTANTE	-1.3975	-1.9299	-1.3341



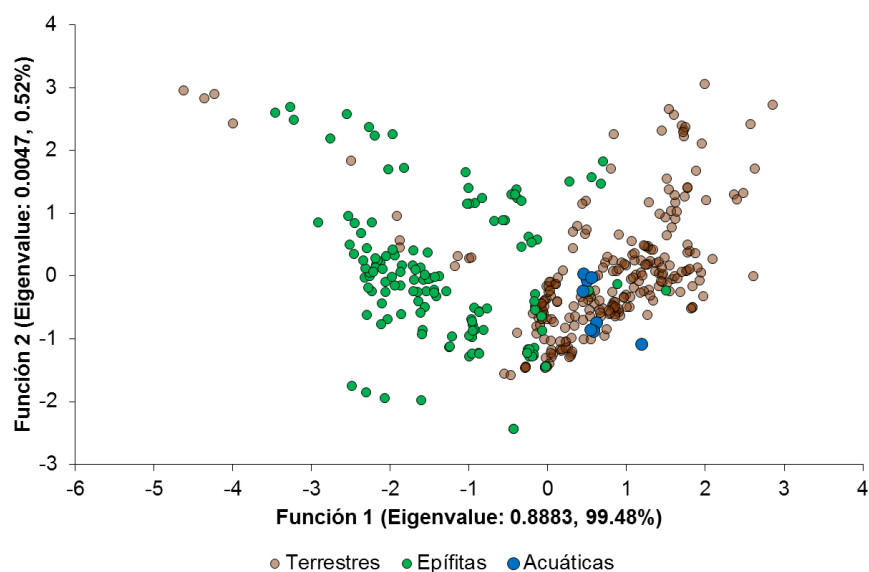


Figura 2. Agrupación por hábito de las especies de orquídeas.

Figure 2. Classification of orchid species by growth habit.

Los rasgos morfofuncionales de las orquídeas permitieron agruparlas en epífitas, terrestres y acuáticas (Figura 2). Las epífitas se caracterizan por la presencia de rizoma y bulbos, las terrestres se identifican por los cormos y las acuáticas comparten características similares a las terrestres (Baltazar & Solano, 2020; Zhang et al., 2023). Sánchez et al. (2022) reportan conclusiones similares al evaluar la diversidad de Chihuahua donde se determinó los hábitos y la forma vegetativa de las orquídeas silvestres de esa comunidad.

Debido a los criterios de agrupación de las orquídeas no se consideraron aspectos de diferencias taxonómicas o filogenéticas entre especies. La hipótesis indica que las relaciones entre los rasgos vegetativos y la expresión reproductiva difieren de acuerdo con la estrategia funcional y el hábito ecológico de las especies. Teo et al. (2019) indicaron que el desarrollo reproductivo en Orchidaceae depende de la interacción entre factores estructurales, metabólicos y ambientales. Las asociaciones identificadas en el presente estudio sugieren que las diferencias en la adquisición, almacenamiento y asignación de recursos están relacionadas con la expresión reproductiva; sin embargo, debido al enfoque correlacional del análisis, estos resultados no permiten establecer relaciones de causalidad. Lo anterior permite plantear nuevas hipótesis en futuras investigaciones para explicar los factores determinantes para la expresión reproductiva de las orquídeas silvestres.

CONCLUSIÓN

La expresión reproductiva en orquídeas silvestres se encuentra asociada con estrategias morfofuncionales distintas para la adquisición y almacenamiento de recursos, lo cual depende del hábito de crecimiento de las especies. Este estudio muestra que la relación entre estructuras vegetativa y de reproducción en Orchidaceae no responde a un único atributo morfológico, sino a la integración de rasgos morfofuncionales. Estos resultados permiten comprender la diversidad funcional de las orquídeas silvestres e incorporar enfoques multivariados para su análisis.

LITERATURA CITADA

- Baltazar, S., & Solano, R. (2020). Diversidad y rasgos funcionales de orquídeas terrestres en bosques de un área natural protegida del noreste de México. *Botanical Sciences*, 98(4), 468–485. <https://doi.org/10.17129/botsci.2600>
- Comisión Nacional Forestal. (2011). Manual para la propagación de orquídeas. https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_PROPAGACION_DE_ORQUIDEAS
- Emeterio-Lara, A., García-Franco, J. G., Hernández-Apolinar, M., Toledo-Hernández, V. H., Valencia-Díaz, S., & Flores-Palacios, A. (2021). Is pseudobulb harvest a sustainable management strategy in wild orchid populations? An experiment with *Laelia autumnalis*. *Forest Ecology and Management*, 491, 119205. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119205>
- Hágsater, E., Soto-Arenas, M. A., Salazar-Chávez, G. A., Jiménez-Machorro, R., López-Rosas, M. A., & Dressler, R. L. (2005). Las orquídeas de México. Instituto Chinoín.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th ed.). Cengage Learning.
- Hauber, F., Konrad, W., & Roth-Nebelsick, A. (2020). Aerial roots of orchids: The velamen radicum as a porous material for efficient imbibition of water. *Applied Physics A*, 126, 885. <https://doi.org/10.1007/s00339-020-04047-7>
- Hernandez-Ruiz, J., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V. M., & Herrera-Cabrera, B. E. (2020). Variación morfológica del labelo de *Vanilla planifolia* Andrews (Orchidaceae) en Oaxaca, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo, 52(2), 160–175.
- Hernández-Ruiz, J., Herrera-Cabrera, B. E., & Delgado-Alvarado, A. (2019). Variación morfológica del labelo de *Vanilla pompona* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, e902209. doi:10.22201/ib.20078706e.2019.90.2209.

- Hernández-Ruíz, J., Herrera-Cabrera, B. E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V. M., Bustamante-Gonzalez, Á., Campos-Contreras, J. E., & Ramírez-Juarez, J. (2016). Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 235–246. doi:10.15517/rbt.v64i1.17854
- Obeso, J. R. (2002). The costs of reproduction in plants. *New Phytologist*, 155(3), 321–348. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00477.x>
- Ortiz-Cruz, M. V., Carrodegua-González, A., & Zúñiga-Orozco, A. (2021). Caracterización anatómica foliar de cuatro especies de orquídeas epífitas de Cuericí, Costa Rica. *Repertorio Científico*, 24(1), 96–108.
- Sánchez Araujo, V. G., López Villar, J. A., Chávez Araujo, E. R., & Enríquez Quispe, J. D. (2022). Estudio sobre diversidad de orquídeas y el estado de sus poblaciones en Huachocolpa Huancavelica, como base de su desarrollo sostenible. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 3632–3641. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2488
- Sánchez-González, A., & González-Ledesma, M. (2007). Técnicas de recolecta de plantas y herborización. En A. Contreras-Ramos, C. Cuevas-Cardona, I. Goyenechea, & U. Iturbide (Eds.), *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad* (pp. 123–133). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- StatSoft . (2007). STATISTICA (Version 8.0) [Computer software]. StatSoft Inc.
- Teo, Z. W. N., Zhou, W., & Huang, J. (2019). MADS-box transcription factors in orchid floral development. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1474. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01474>
- Vafaei, Y., Mohammadi, G., Nazari, F., Fatahi, M., Kaki, A., Gholami, S., Ghorbani, A., & Khadivi, A. (2021). Phenotypic characterization and seed-micromorphology diversity of the threatened terrestrial orchids: Implications for conservation. *South African Journal of Botany*, 137, 386–398. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.11.010>
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559–902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor, J. L., & Ortiz, E. (2014). Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (Suppl.), S134–S142. <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Yang, S.-J., Sun, M., Yang, Q.-Y., Ma, R.-Y., Zhang, J.-L., & Zhang, S.-B. (2016). Two strategies by epiphytic orchids for maintaining water balance: Thick cuticles in leaves and water storage in pseudobulbs. *AoB Plants*, 8, plw046. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw046>
- Zhang, W., Dong, X.-M., Zhang, Y.-W., Fan, Z.-X., & Zhang, S.-B. (2023). Age-related differences in physiological and metabolic responses of *Pleione aurita* (Orchidaceae) pseudobulbs to drought stress and recovery. *Plant*

Zhang, W., Hu, H., & Zhang, S.-B. (2016). Divergent adaptive strategies by two co-occurring epiphytic orchids to water stress: Escape or avoidance? *Frontiers in Plant Science*, 7, 588. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00588>

Zotz, G., Winkler, U., & Hietz, P. (2001). Do vascular epiphytes in a Panamanian montane rain forest "throw away" nitrogen? *Ecology*, 82(2), 346–356. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0346:DVEIAP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0346:DVEIAP]2.0.CO;2)

Material suplementario. Listado de orquídeas silvestres analizadas en esta investigación. Se menciona el hábito de crecimiento y el tipo de vegetación donde se colectó la especie.

Supplementary material. List of wild orchids analyzed in this study. The growth habit and type of vegetation where the species was collected are noted.

1. *Arpophyllum spicatum* Lex. Epífita. Bosque templado.
2. *Aulosepalum tenuiflorum* (Greenm.) Garay. Terrestre. Bosque templado
3. *Aulosepalum pyramidale* (Lindl.) M.A.Dix & M.W.Dix. Terrestre. Bosque templado.
4. *Barkeria obovata* (C.Presl) Christenson. Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
5. *Bletia ×similis* Dressler. Terrestre. Bosque templado.
6. *Bletia campanulata* Lex. Terrestre. Bosque templado.
7. *Bletia coccinea* Lex. Terrestre. Bosque templado.
8. *Bletia gracilis* Lodd. Terrestre. Bosque templado.
9. *Bletia macrithmochila* Greenm. Terrestre. Bosque templado.
10. *Bletia neglecta* Sosa. Terrestre. Bosque templado.
11. *Bletia punctata* Lex. Terrestre. Bosque templado.
12. *Bletia purpurata* A.Rich. & Galeotti. Terrestre. Bosque templado.
13. *Bletia reflexa* Lindl. Terrestre. Bosque templado.
14. *Bletia roezlii* Rchb.f. Terrestre. Bosque templado.
15. *Clowesia thylaciochila* (Lem.) Dodson. Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
16. *Cranichis sylvatica* A.Rich. & Galeotti. Terrestre. Bosque templado
17. *Cypripedium irapeanum* Lex. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco
18. *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A.Romero & Carnevali. Terrestre. Bosque templado.
19. *Deiregyne rhombilabia* Garay. Terrestre. Bosque templado.

20. *Dichromanthus aurantiacus* (Lex.) Salazar & Soto Arenas. Terrestre. Bosque húmedo de montaña.
21. *Dichromanthus cinnabarinus* (Lex.) Garay. Terrestre. Bosque templado.
22. *Dichromanthus michuacanus* (Lex.) Salazar & Soto Arenas. Terrestre. Bosque húmedo de montaña.
23. *Diplectria barbata* (Wall. ex C.B. Clarke) Franken & Roos. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
24. *Encyclia adenocaula* (Lex.) Schltr. Epífita. Bosque templado.
25. *Encyclia meliosma* (Rchb.f.) Schltr. Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
26. *Encyclia microbulbon* (Hook.) Schltr. Epífita. Bosque templado.
27. *Epidendrum anisatum* Lex. Epífita. Bosque templado.
28. *Epidendrum lignosum* Lex. Epífita. Bosque templado.
29. *Epidendrum parkinsonianum* Hook. Epífita. Bosque templado.
30. *Erycina hyalinobulbon* (Lex.) N.H.Williams & M.W.Chase. Epífita. Bosque templado.
31. *Euchile karwinskii* (Mart.) Christenson. Epífita. Bosque templado.
32. *Galeoglossum tubulosum* (Lindl.) Salazar & Soto Arenas. Terrestre. Bosque templado.
33. *Galeottiella sarcoglossa* (A.Rich. & Galeotti) Schltr. Terrestre. Bosque templado.
34. *Goodyera striata* Rchb.f. Terrestre. Bosque templado.
35. *Govenia dressleriana* E.W.Greenw. Terrestre. Bosque templado.
36. *Govenia liliacea* (Lex.) Lindl. Terrestre. Bosque templado.
37. *Govenia superba* (Lex.) Lindl. Terrestre. Bosque templado.
38. *Guarianthe aurantiaca* (Bateman ex Lindl.) Dressler & W.E.Higgins. Epífita. Bosque templado.
39. *Habenaria agapitae* R.González & Reynoso. Terrestre. Bosque templado.
40. *Habenaria calicis* R. González. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
41. *Habenaria crassicornis* Lindl. Terrestre. Bosque templado
42. *Habenaria macvaughiana* R.González. Terrestre. Bosque templado
43. *Habenaria novemfida* Lindl. Terrestre. Bosque templado
44. *Habenaria oreophila* Greenm. Terrestre. Bosque húmedo de montaña
45. *Habenaria rzedowskiana* R. González. Terrestre. Bosque templado
46. *Habenaria zamudioana* R.González. Terrestre. Bosque templado
47. *Hagsatera brachycolumna* (L.O.Williams) R.González. Terrestre. Bosque templado
48. *Hintonella mexicana* Ames. Epífita. Bosque templado
49. *Isochilus bracteatus* (Lex.) Espejo & López-Ferr. Epífita. Bosque templado
50. *Kionophyton sawyeri* (Standl. & L.O.Williams) Garay. Terrestre. Bosque templado

51. *Laelia autumnalis* (Lex.) Lindl. Epífita. Bosque húmedo de montaña
52. *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr. Epífita. Bosque templado
53. *Leochilus carinatus* (Knowles & Westc.) Lindl. Epífita. Bosque húmedo de montaña
54. *Liparis cordiformis* C.Schweinf. Terrestre. Bosque templado
55. *Liparis greenwoodiana* Espejo. Terrestre. Bosque templado
56. *Liparis vexillifera* (Lex.) Cogn. Terrestre. Bosque templado
57. *Macroclinium lejarzanum* (Hágsater & R.González) Dodson. Epífita. Bosque templado
58. *Malaxis brachyrrhynchos* (Rchb.f.) Ames. Terrestre. Bosque templado
59. *Malaxis fastigiata* (Rchb.f.) Kuntze. Terrestre. Bosque templado
60. *Malaxis myurus* (Lindl.) Kuntze. Terrestre. Bosque templado
61. *Malaxis reichei* (Schltr.) Ames & C.Schweinf. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco
62. *Malaxis rodrigueziana* R.González. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
63. *Malaxis rosilloi* R.González & E.W.Greenw. Terrestre. Bosque templado.
64. *Malaxis soulei* L.O.Williams. Terrestre. Bosque templado.
65. *Malaxis streptopetala* (B.L.Rob. & Greenm.) Ames. Terrestre. Bosque templado.
66. *Malaxis unifolia* Michx. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco
67. *Malaxis urbana* E.W.Greenw. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
68. *Malaxis zempoalensis* López-Ferr. & Espejo. Acuática. Bosque templado.
69. *Maxillariella mexicana* (J.T.Atwood) M.A.Blanco & Carnevali. Acuática. Bosque templado.
70. *Mesadenus polyanthus* (Rchb.f.) Schltr. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
71. *Mesadenus tenuissimus* (L.O.Williams) Garay. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
72. *Nidema boothii* (Lindl.) Schltr. Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
73. *Oestlundia ligulata* (La Llave & Lex.) Soto Arenas. Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
74. *Oncidium brachyandrum* Lindl. Epífita. Bosque templado.
75. *Oncidium graminifolium* (Lindl.) Lindl. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
76. *Oncidium reflexum* Lindl. Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
77. *Oncidium reichenheimii* (Linden & Rchb.f.) Garay & Stacy. Epífita. Bosque templado.
78. *Physogyne sparsiflora* (C.Schweinf.) Garay. Terrestre. Bosque templado.
79. *Platanthera brevifolia* (Greene) Senghas. Terrestre. Bosque templado.
80. *Platanthera limosa* Lindl. Terrestre. Bosque templado.

81. ***Ponthieva ephippium* Rchb.f.** Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
82. ***Ponthieva formosa* Schltr.** Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco
83. ***Ponthieva racemosa* (Walter) C.Mohr.** Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
84. ***Prosthechea concolor* (Lex.) W.E.Higgins.** Epífita. Bosque templado.
85. ***Prosthechea pterocarpa* (Lindl.) W.E.Higgins.** Epífita. Bosque templado.
86. ***Prosthechea squalida* (Lex.) Soto Arenas & Salazar.** Epífita. Bosque templado.
87. ***Prosthechea trulla* (Rchb.f.) W.E.Higgins.** Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
88. ***Prosthechea varicosa* (Bateman ex Lindl.) W.E.Higgins.** Epífita. Bosque templado.
89. ***Rhynchostele aptera* (Lex.) Soto Arenas & Salazar.** Epífita. Bosque templado.
90. ***Rhynchostele cervantesii* (Lex.) Soto Arenas & Salazar.** Epífita. Bosque templado.
91. ***Sacoila lanceolata* (Aubl.) Garay.** Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
92. ***Sarcoglottis schaffneri* (Rchb.f.) Ames.** Terrestre. Bosque templado.
93. ***Schiedeella garayana* R.González.** Terrestre. Bosque templado.
94. ***Spiranthes graminea* Lindl.** Acuática. Bosque templado.
95. ***Stanhopea hernandezii* (Kunth) Schltr.** Epífita. Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.
96. ***Stelis nigriflora* (L.O.Williams) Pridgeon & M.W.Chase.** Terrestre. Bosque templado.
97. ***Stelis retusa* (Lex.) Pridgeon & M.W.Chase.** Epífita. Bosque templado
98. ***Stelis villosa* (Knowles & Westc.) Pridgeon & M.W.Chase.** Epífita. Bosque templado.
99. ***Trichocentrum cavendishianum* (Bateman) M.W.Chase & N.H.Williams.** Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
100. ***Trichocentrum cebolleta* (Jacq.) M.W.Chase & N.H.Williams.** Epífita. Bosque tropical estacionalmente seco.
101. ***Triphora trianthophora* subsp. *mexicana* (S.Watson) Medley.** Terrestre. Bosque tropical estacionalmente seco.

