

UTILIDAD DE LOS PORTALES EN LÍNEA DE CIENCIA CIUDADANA PARA ESTUDIOS FLORÍSTICOS: ORQUÍDEAS DE SANTA MARÍA YUCUHITI, OAXACA, MÉXICO

UBALDO EDGAR GARCÍA-LÓPEZ¹, MAGALY RUIZ-SANTIAGO²,
 LUCITA LAGUNEZ-RIVERA³, RODOLFO SOLANO^{3*}

¹ Comisaría de Bienes Comunes de Santa María Yucuhiti Trienio 2023-2026, Tlaxiaco, Oaxaca, México.

² Instituto Tecnológico Superior de Teposcolula, San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca, México.

³ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Autor para correspondencia: asolanog@ipn.mx

Resumen

Antecedentes: La belleza de las orquídeas atrae el interés de usuarios de portales de ciencia ciudadana, convirtiéndolos en fuentes adicionales de información para estudiar la biodiversidad. Actualmente iNaturalist registra observaciones para casi 70 % de las especies de orquídeas mexicanas, aquí evaluamos su utilidad para elaborar un listado florístico local con ese grupo de plantas.

Preguntas: ¿la información disponible en iNaturalist permite elaborar un listado florístico local de orquídeas como lo hace un estudio florístico convencional?

Sitio y años de estudio: Observaciones registradas entre 2007 y 2024 en Santa María Yucuhiti, Oaxaca, México.

Métodos: Las observaciones de orquídeas en iNaturalist fueron revisadas y curadas, asignando tipo de vegetación y elevación del sitio de cada registro. El listado resultante se comparó, mediante un índice de riqueza con los de otras regiones de Oaxaca obtenidos mediante estudios florísticos convencionales.

Resultados: La zona estudiada alberga 107 especies de orquídeas, 50 % de ellas endémicas de México. La mayor riqueza se presenta entre 1,500-1,999 m de elevación y el bosque de encino. *Acianthera hintonii*, *Habenaria tetranema* y *Prosthechea mulasii* constituyen nuevos registros para Oaxaca. La zona de estudio presentó el mayor índice de riqueza de orquídeas en comparación con otras regiones del estado.

Conclusiones: La información de iNaturalist permitió elaborar el listado de orquídeas de Santa María Yucuhiti, respaldado por observaciones validadas en la plataforma. Esto y la disponibilidad de fotografías con buena resolución, continuidad temporal en la documentación y exploración de sitios con acceso restringido favorecen la calidad de un listado.

Palabras clave: Florística de Oaxaca, iNaturalist, índice de riqueza, Mixteca, Sierra Madre del Sur.

Abstract

Background: The beauty of orchids attracts the interest of users of citizen science portals, turning them into additional sources of information for the study of biodiversity. Currently, iNaturalist records observations of almost 70 % of Mexican orchid species. Here, we evaluate the usefulness of the platform to create a local floristic list of this group of plants.

Question: Does the information available on iNaturalist allow for the creation of a local orchid checklist as a conventional floristic study does?

Study site and dates: Observations recorded between 2007 and 2024 in Santa María Yucuhiti, Oaxaca, Mexico.

Methods: Orchid observations in iNaturalist were reviewed and curated, assigning vegetation type and site elevation for each record. The resulting floristic checklist was compared, using a richness index, with those of other regions of Oaxaca, that were prepared through conventional floristic studies.

Results: The study area holds 107 species of orchids, 50 % are endemic to Mexico. The highest richness is found between 1,500-1,999 m elevation and in the oak forest. *Acianthera hintonii*, *Habenaria tetranema* and *Prosthechea mulasii* represent new records for Oaxaca. The study area showed the highest orchid richness index compared to other regions of Oaxaca.

Conclusions: Information from iNaturalist allowed the preparation of the orchid checklist for Santa María Yucuhiti, supported by the validated observations on the platform. This, along with the availability of high-resolution photographs, the temporal continuity in documentation, and the exploration of sites with restricted access, enhances the quality of the checklist.

Keywords: Floristics of Oaxaca, iNaturalist, Mixteca, richness index, Sierra Madre del Sur.

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

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



En el presente siglo el término de ciencia ciudadana ha ganado popularidad entre la sociedad. Aunque no hay una definición universal para el concepto, se puede considerar como el proceso mediante el cual la sociedad civil participa en la creación, recolección, intercambio, verificación y comunicación de información científica (Moreno-Jordán 2020, García-Guerrero 2024). El avance de las tecnologías de la información y comunicación, así como el amplio uso de las redes sociales, han favorecido la generación, distribución, acceso, sistematización y análisis de la información sobre biodiversidad. En esta tarea la sociedad civil empieza a tener una participación importante y cada vez un mayor número de aficionados documenta la flora y fauna de ecosistemas naturales o urbanos, incorporando sus observaciones en plataformas digitales donde son verificadas por expertos (López-Guillén *et al.* 2024, Tiago *et al.* 2024).

iNaturalist (www.inaturalist.org) se ha convertido en la plataforma de ciencia ciudadana más usada para documentar la biodiversidad. Con el uso de un teléfono inteligente y la aplicación iNaturalist, los usuarios exploran y registran la riqueza biológica de su entorno natural mediante fotografías que ingresan a la plataforma como observaciones. Ahí interactúa una comunidad global de usuarios y especialistas que colaboran en la determinación taxonómica de las observaciones (Velasco-Macías & Ramírez-Freire 2017, Nugent 2020). El éxito de iNaturalist en este proceso se debe, entre otros factores, a los bajos requerimientos técnicos de la plataforma, su inmediatez y acceso abierto, la rápida comunicación entre usuarios, un proceso de identificación asistida por inteligencia artificial y la incorporación de las observaciones validadas al Global Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org) (López-Guillén *et al.* 2024). Así, iNaturalist contribuye al conocimiento de la biodiversidad mediante su estudio a diferentes escalas geográficas (Ugalde-de la Cruz *et al.* 2019, Ramírez-Bravo *et al.* 2022, Loredó-Varela & Arán-Sánchez 2023), documentando especies no descritas, raras o nuevos registros (Tepos-Ramírez *et al.* 2022, Solano & Salazar 2023, Solano & Karremans 2023), aportando información para determinar patrones fenológicos o geográficos de los grupos biológicos (Castro-Bastidas & Serrano-Serrano 2022a,b) o documentando la biodiversidad en ambientes urbanos (Ahern & Hughes 2024).

Por otro lado, en la documentación de la diversidad vegetal, los registros fotográficos disponibles en iNaturalist constituyen un complemento a los ejemplares herborizados requeridos en los estudios florísticos (Kees 2022, Arias *et al.* 2023). Estos registros pueden ser una alternativa a la colecta de ejemplares en su hábitat, especialmente en cactus y orquídeas que incluyen muchas especies raras por su distribución restringida, con localidades escasas y/o tamaños poblacionales muy bajos. Así, los registros basados en fotografías evitan la colecta de especímenes en su hábitat. Si estos registros fotográficos permiten ver el hábito de la planta y detalles de las flores de las orquídeas, se garantiza la identificación taxonómica al ser validadas por un especialista. La interacción entre los aficionados que registran las observaciones y los especialistas que las validan, fomenta que ciudadanos sin entrenamiento científico se involucren en proyectos de investigación, reconozcan el valor de conservar la biodiversidad y se vuelvan conocedores de los grupos de su interés (Ramírez-Bravo *et al.* 2022, Loredó-Varela & Arán-Sánchez 2023). Lo anterior es relevante para aquellos científicos aficionados que habitan en comunidades campesinas, donde pueden participar en acciones para el conocimiento y manejo de la biodiversidad que albergan sus bosques o áreas naturales (Sheik & Weeks 2023).

Hasta el 10 de septiembre de 2024 iNaturalist México (mexico.inaturalist.org) registraba 1,334,012 observaciones con grado de investigación para 15,307 especies de plantas con flores del país, realizadas por 57,633 observadores y verificadas por 13,520 identificadores. De acuerdo con la plataforma, las observaciones con grado de investigación son de utilidad para propósitos de investigación. Para la familia Orchidaceae, en la misma fecha la plataforma registraba 25,917 observaciones para 895 especies nativas del país, realizadas por 4,821 observadores y verificadas por 1,356 identificadores. De esta manera, iNaturalist registra 68.5 % de la riqueza de orquídeas conocida en México, estimada en 1,307 especies (Solano *et al.* 2020). Por lo que toca al estado de Oaxaca, en la misma fecha la plataforma registraba 3,450 observaciones con grado de investigación para 449 especies de orquídeas, realizadas por 651 observadores y verificadas por 363 identificadores, esto equivale a casi 60 % de la riqueza registrada para el estado (750 especies) por Solano *et al.* (2020). Desde 2007 y como parte de dos proyectos sobre las orquídeas y la flora y fauna de Santa María Yucuhiti, iNaturalist registra 943 observaciones de su flora. El objetivo del presente estudio fue evaluar la utilidad de la información, así como la confiabilidad de las observaciones disponibles en la plataforma, para elaborar un listado florístico local, en este caso para las orquídeas de Santa María Yucuhiti.

Materiales y métodos

Zona de estudio. El municipio de Santa María Yucuhiti se encuentra en la porción oeste del estado de Oaxaca, entre las coordenadas 16° 57' 41" - 17° 05' 28" de latitud norte y 97° 45' 39" - 97° 50' 38" de longitud oeste; cuenta con una superficie de 73.01 km², en un intervalo que va desde 700 hasta 3,300 m de elevación (Figura 1). El municipio pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur y la subprovincia Montañas y Valles del occidente de Oaxaca; así como a las cuencas hidrológicas de los ríos Balsas y Verde (Ortiz-Pérez *et al.* 2004, Grupo Científico Econativo 2012). Los climas que se presentan en el área son templado subhúmedo, C(w₂), en las zonas por encima de 2,500 m; semicálido húmedo, (A)C(w), en elevaciones entre 1,700 y 2,500 m; cálido húmedo, Am, en zonas por debajo de 1,700 m. Entre 1971 y 2000 la estación meteorológica de Santa María Yucuhiti registró promedios anuales de temperatura y precipitación de 20.5 °C y 1,847.3 mm, respectivamente, con una temporada de lluvias entre mayo y octubre. Los tipos de vegetación de acuerdo con Rzedowski (2006) son bosque de coníferas, bosque de *Quercus*, bosque tropical subcaducifolio y fragmentos aislados de bosque mesófilo de montaña. Este último bosque fue más extenso en el pasado, en la actualidad la mayor parte de su cobertura ha sido convertida en cafetales rústicos (Grupo Científico Econativo 2012).

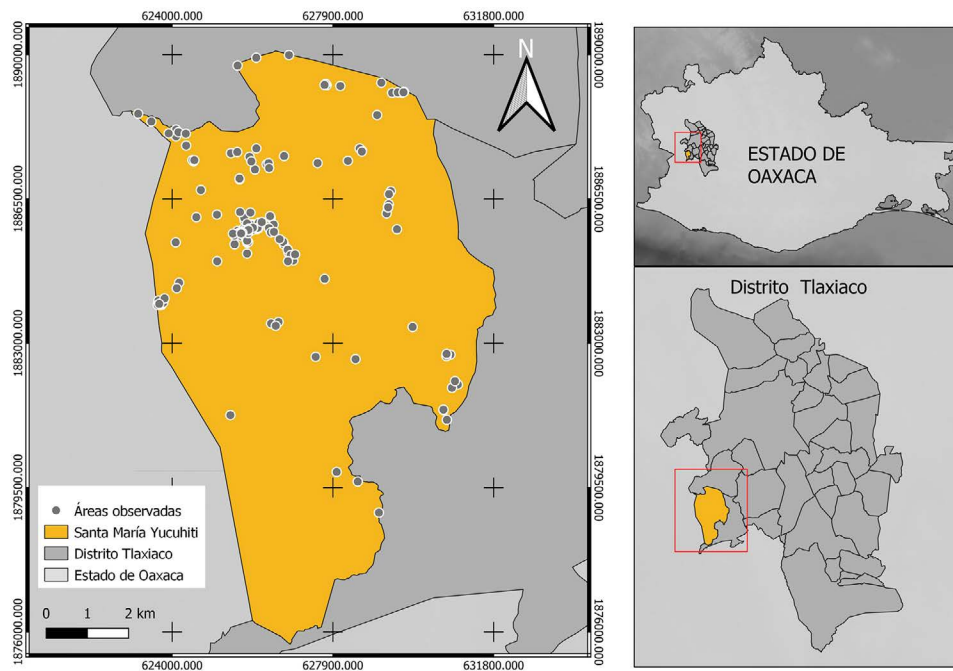


Figura 1. Localización de Santa María Yucuhiti, Oaxaca, México. Los puntos en el mapa indican los sitios con observaciones de orquídeas registradas en iNaturalist.

Fuentes de información. Las observaciones de orquídeas ingresadas en iNaturalist hasta el 10 de septiembre de 2024, dentro de los límites de Santa María Yucuhiti, fueron revisadas para validar que correspondieran al municipio. Cuatro observaciones fueron excluidas pues los ejemplares en las fotografías no presentaban estructuras reproductivas que permitieran su determinación a nivel específico. Para el resto de las observaciones se verificó que el nombre científico fuera el correcto y que hubiera sido asignado por un especialista en taxonomía de orquídeas. A cada observación se le asignó la elevación del sitio de registro, sobreponiendo éste en Google Earth 10.55.0.1 (earth.google.com/), así como el tipo de vegetación de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de Santa María Yucuhiti. Los sitios de presencia de orquídeas fueron sobrepuestos en un mapa junto con el polígono del municipio de Santa María Yucuhiti usando Google Earth (Figura 1). Adicionalmente, entre agosto y noviembre de 2023 se realizaron tres salidas de campo, de 2-3 días cada una, visitando localidades que carecían de observaciones para orquídeas. En ellas se tomaron

fotografías de ejemplares observados en floración para su posterior registro en iNaturalist. La riqueza de orquídeas en la zona de estudio se comparó con la que ha sido documentada, mediante estudios florísticos convencionales, para otras regiones de Oaxaca (Campos-Villanueva & Villaseñor 1995, Hågsater *et al.* 1998, Martínez-Feria 2007, Salazar *et al.* 2006, Solano *et al.* 2007, Pichardo-Ramírez 2011, Mejía-Marín *et al.* 2016, Gómez-Escamilla *et al.* 2019, Muñoz-Hernández *et al.* 2020, Ibarra-Contreras *et al.* 2021), mediante el índice de riqueza (I) propuesto por Romero (1996): $I = R/A \times 1,000$, donde R es la riqueza de especies y A es la superficie de la región en km². Para comparar el listado elaborado aquí con información de iNaturalist, se revisaron las colecciones de AMO, FEZA, IEB, HUAP, MEXU, OAX, SERO y XAL (acrónimos de acuerdo con Thiers 2024), para localizar especímenes herborizados de orquídeas colectados en la zona de estudio.

Listado de orquídeas. El listado se presenta en orden alfabético por géneros y especies. La información para cada taxón incluye el nombre aceptado, autoridades taxonómicas, nombre del observador, enlace en iNaturalist, hábito y tipo de vegetación. Se asignó la categoría de riesgo del taxón de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2019). En la asignación de nombres genéricos y específicos se sigue a Solano *et al.* (2020). Los nombres de las autoridades taxonómicas se asignaron de acuerdo con Internacional Plant Name Index (www.ipni.org).

Resultados

La plataforma iNaturalist registró 202 observaciones para 99 especies de orquídeas para Santa María Yucuhiti, realizadas por cinco observadores y validadas por 58 identificadores. El 92.5 % de las observaciones corresponden al primer autor de este trabajo. Considerando las observaciones con grado de investigación, éstas son 171 para 96 especies. Sin embargo, la revisión de los registros aquí realizada documenta una riqueza mayor a los datos proporcionados por iNaturalist, 107 especies y 44 géneros de orquídeas ([Material suplementario](#)). Entre los cinco principales identificadores se encuentra uno de los autores del trabajo (RS), Rolando Jiménez, Ethian Licon (adscriptos o asociados al Herbario AMO) y Raúl Álvarez-Mora (Jardín Botánico Xoxotic, Cuetzalan, Puebla). La [Figura 2](#) muestra que hay una continuidad en el registro de esta riqueza desde 2007, con un mayor número de observaciones en 2011 y 2024, con 30 y 29, respectivamente; en 2018 no hubo ninguna observación. Entre 2007 y 2011 se documentó casi la mitad de la riqueza de orquídeas, el resto a partir de 2012. La [Figura 3](#) muestra que todos los meses del año registran observaciones, siendo marzo-agosto y diciembre-enero los periodos con más registros, disminuyendo estos en febrero y en el periodo septiembre-noviembre.

En la zona de estudio las orquídeas se distribuyen entre 790 y 2,700 m de elevación; pero la mayor riqueza se concentra en el intervalo de 1,500-1,999 m, disminuyendo hacia los pisos inferiores y superiores ([Figura 4](#)). No obstante, por arriba de 2,500 m la riqueza fue mayor que en el intervalo de 2,000-2,499 m. Por otro lado, el bosque de *Quercus* fue el ambiente que albergó una mayor riqueza de orquídeas, seguido del bosque tropical subcaducifolio y el bosque de coníferas ([Figura 5](#)). Los sistemas agroforestales (cafetales, huertos y traspatios) albergan casi 40 % de las especies aquí documentadas. En cuanto al hábito, 71 % de las orquídeas crecen como epífitas, el resto como terrestres o litófitas.

Entre las regiones de Oaxaca que cuentan con un listado de orquídeas, Chimalapas, Sierras Triqui-Mixteca, Juquila-Coatlán y Cañada-Cuicatlán, albergan una mayor riqueza de especies que las registradas en este estudio. Sin embargo, el índice de riqueza de Santa María Yucuhiti presentó el valor más alto ($I = 1,465.55$) de todas ellas, seguido por San Juan Colorado ($I = 397.84$), Santa Catarina Lachatao ($I = 267.29$) y Santo Domingo Yanhuitlán y San Pedro y San Pablo Teposcolula ($I = 241.27$) ([Tabla 1](#)). La mitad de las orquídeas (54 especies) de la zona de estudio son endémicas de México, siete de ellas se restringen a los límites territoriales de Oaxaca: *Acianthera eximia* (L.O. Williams) Solano, *A. pollardiana* Solano, *Epidendrum camposii* Hågsater, *Isochilus oaxacanus* Salazar & Soto Arenas, *Laelia furfuracea* Lindl., *Lepanthes oaxacana* Salazar, Soto Arenas & O. Suárez y *Stelis sotoarenasii* Solano. Tres especies, *Acianthera hintonii* (L.O. Williams) A. Doucette, *Habenaria tetranema* Schltr. y *Prosthechea mulasii* Soto Arenas & L. Cerv., constituyen nuevos registros para la flora de Oaxaca. La observación de *Lepanthes oaxacana*, representa el segundo registro conocido para esta especie.

Portales de ciencia ciudadana y listados florísticos

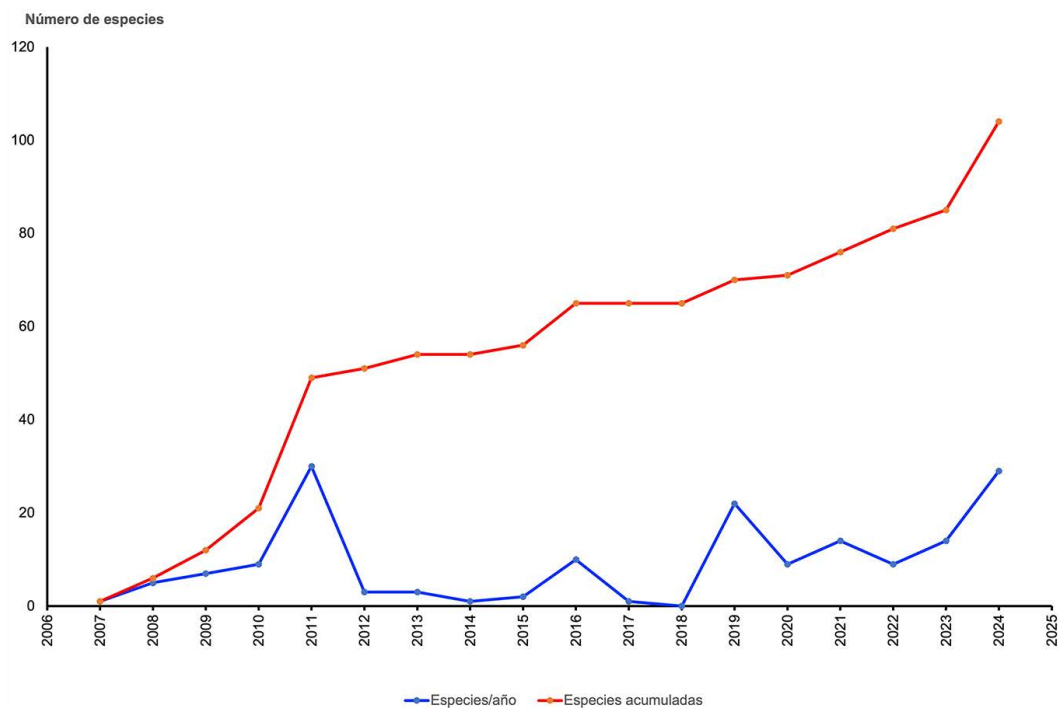


Figura 2. Riqueza de orquídeas registradas en iNaturalist entre 2007 y 2024 en la zona de estudio. La línea azul representa el número de especies en cada año, la línea roja representa la acumulación de especies en ese periodo.

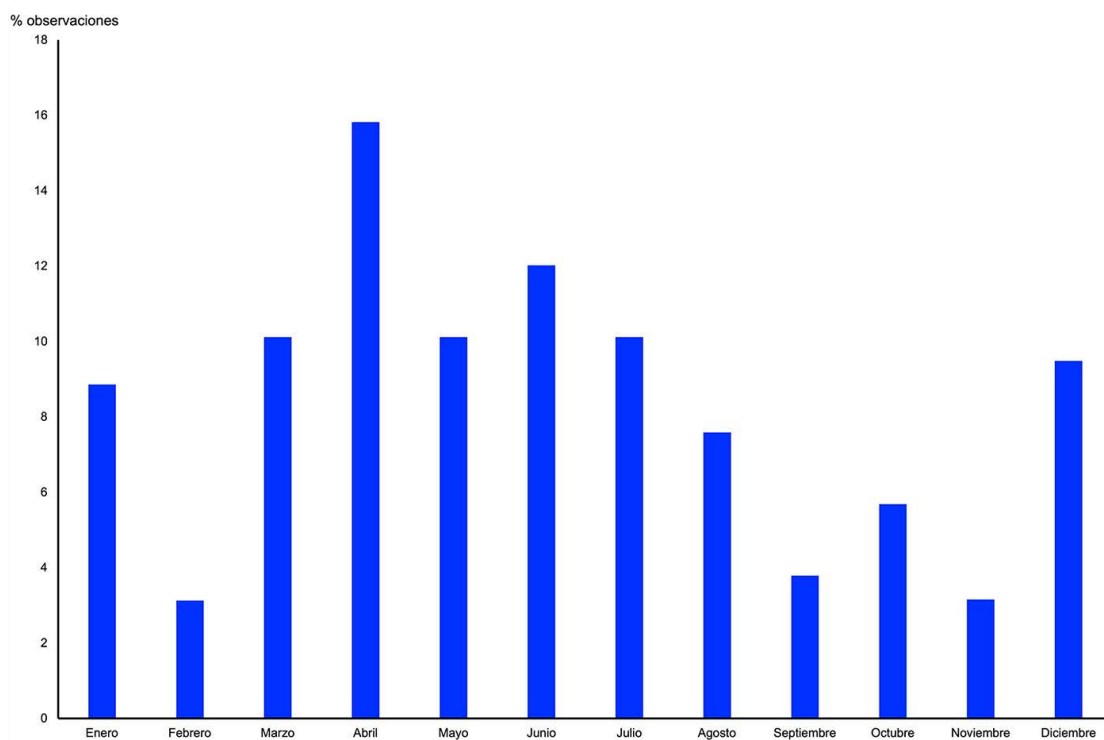


Figura 3. Distribución de las observaciones de orquídeas registradas en iNaturalist en la zona de estudio por mes del año.

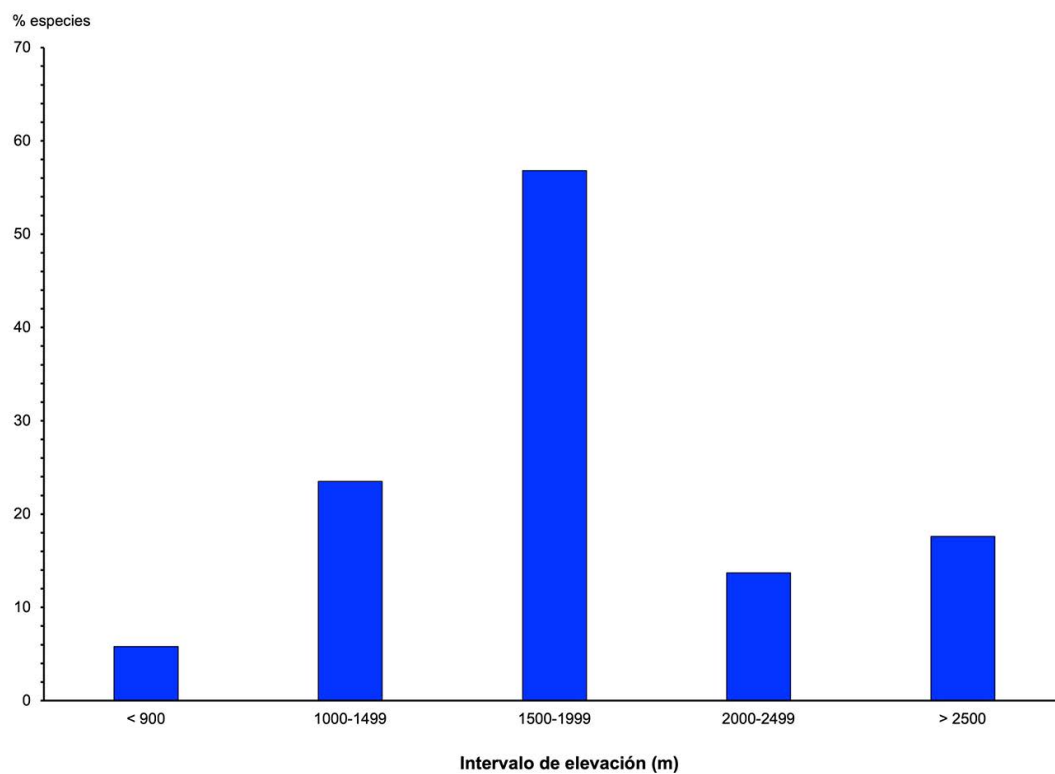


Figura 4. Distribución de las orquídeas registradas en iNaturalist en la zona de estudio por intervalo de elevación.

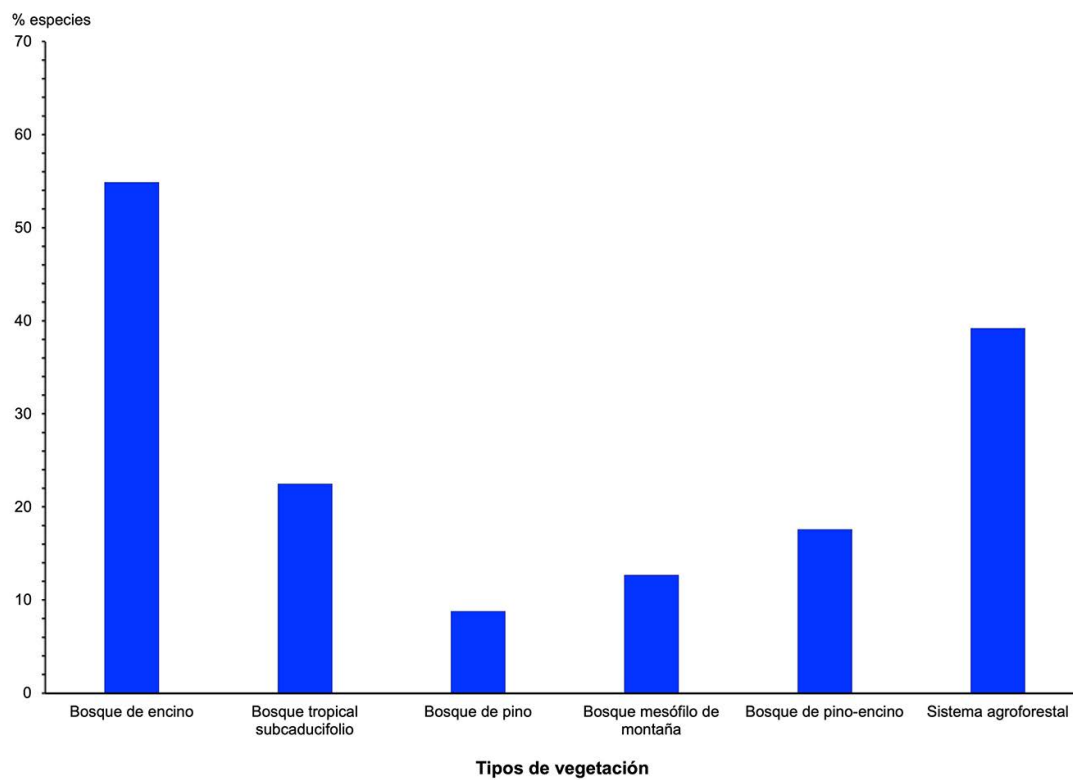


Figura 5. Distribución de las orquídeas registradas en iNaturalist en la zona de estudio por tipos de vegetación.

Tabla 1. Comparación de la diversidad de orquídeas entre regiones de Oaxaca con una orquideoflora estudiada. A = superficie en km², R = riqueza de especies, I = índice de riqueza. ND indica el estudio no proporcionó el valor. El guion largo (–) indica que la información no aplica para el estudio o el valor no pudo ser estimado.

Región	Intervalo elevación	Fuentes de información	Periodo muestreo	Colecciones consultadas	Colecciones de resguardo	A	R	I	Referencia
Santa María Yucuhiti	790-2700 m	iNaturalist, trabajo de campo	2007-2024	IEB, MEXU, OAX	–	73	107	1,465.55	Este estudio
Chimalapas	100-2,250 m	Trabajo de campo, revisión de herbarios	1995-1997	AMO, CHAPA, MEXU, XAL	AMO	590,993	298	0.50	Hágsater <i>et al.</i> (1998)
El Faro, San Pedro Teutila	677 m	Trabajo de campo	2005-2007	–	OAX, MEXU, SERO	ND	81 (epífitas)	–	Martínez-Feria (2007)
Cañada Cuicatlán	ND	Trabajo de campo, revisión de herbarios	ND	ND	ND	2,272.2	126	55.45	Salazar <i>et al.</i> (2006)
Juquila-Coatlán	480-2,500 m	Trabajo de campo, revisión de herbarios	1988-1990 ^a ; Ago-Nov 2005 ^b	AMO, MEXU, OAX	MEXU, OAX	2,066	156	75.50	^a Campos-Villanueva & Villaseñor (1995), ^b Solano <i>et al.</i> (2007)
Sierras Triqui-Mixteca	600-3,000 m	Trabajo de campo, revisión de herbarios	2009-2010	AMO, MEXU, OAX, SERO, UAMIZ	FEZA, MEXU, SERO, UAMIZ	3,935	207	52.60	Pichardo-Ramírez (2011)
San Juan Colorado	250-950 m	Trabajo de campo	Abr 2012-Jul 2013	–	UAMIZ, IEB, SERO	85.5	34	397.84	Mejía-Marín <i>et al.</i> (2016)
Cerros Negro-Yucaño	1,300-3,200 m	Trabajo de campo, revisión de herbarios	Ene 2014-Feb 2015	AMO, CHAP, ENCB, FCME, IEB, MEXU, MICH, MO, OAX, SERO, UAMIZ, XAL	MEXU, OAX, UAMIZ	1,274	13	10.20	Gómez-Escamilla <i>et al.</i> (2019)
Santa Catarina Lachatao	1,800-3,200 m	Trabajo de campo	Jul 2017-Jun 2018	–	MEXU	276.9	74	267.29	Muñoz-Hernández <i>et al.</i> (2020)
Santo Domingo Yanhuitlan y San Pedro y San Pablo Teposcolula	2,080-2,750 m	Trabajo de campo, revisión de herbarios	Ago 2010-Ene 2018	AMO, CIIDIR, IBUG, HEM, MEXU, UAMIZ, UJAT, XAL	OAX	232.1	56	241.27	Ibarra-Contreras <i>et al.</i> (2021)

Diez especies se consideran en riesgo y están protegidas por la legislación ambiental mexicana (SEMARNAT 2019): *Acianthera eximia* (L.O.Williams) Solano (amenazada), *A. hintonii* (sujeta a protección especial), *Cuitlauzina pendula* Lex. (amenazada), *Habenaria novemfida* Lindl. (sujeta a protección especial), *Laelia dawsonii* (J.Anderson) De B.Crawshay (en peligro de extinción), *Laelia furfuracea* (sujeta a protección especial), *Oncidium unguiculatum* Lindl. (amenazada), *Prosthechea karwinskii* (Mart.) J.M.H.Shaw (sujeta a protección especial), *Rossioglossum insleayi* (Barker ex Lindl.) Garay & G.C.Kenn. (amenazada) y *Trichocentrum hoegei* Rchb.f. (sujeta a protección especial). Una de estas especies en riesgo, *L. dawsonii*, solo fue registrada a partir de ejemplares cultivados y no se conoce en estado silvestre. Algunas orquídeas tienen uso ornamental en Santa María Yucuhiti, se cultivan en traspatios y huertos o bien se mantienen en los cafetales. *Artorima erubescens* (Lindl.) Dressler & G.E.Pollard y *L. dawsonii* tienen uso religioso, sus inflorescencias adornan los altares y templos católicos en las festividades religiosas de diciembre y enero. Las [Figuras 6-9](#) muestran fotografías de las orquídeas registradas como observaciones en Santa María Yucuhiti.

Discusión

Las orquídeas, como grupo de plantas carismáticas, atraen el interés de los aficionados a la botánica, fomentando su participación en actividades de ciencia ciudadana a través de redes sociales. Mediante estas acciones se ha ingresado información a la plataforma iNaturalist que permitió la documentación de 107 especies para esta familia en el municipio de Santa María Yucuhiti. El listado presentado aquí, elaborado solo con base en observaciones de iNaturalist, reporta la presencia del 14 % de la riqueza de orquídeas nativas de Oaxaca (Solano *et al.* 2020) en el área de estudio. Si bien esta orquideoflora es menor a la documentada en otras partes del estado ([Tabla 1](#)), en términos de su índice de riqueza (una estimación de la densidad de especies por superficie), Santa María Yucuhiti alcanza el valor más alto entre las regiones de Oaxaca comparadas en la [Tabla 1](#). Excepto por el presente estudio, los trabajos comparados en esta tabla elaboraron un listado a partir de trabajo de campo o revisión de colecciones científicas, ninguno recurrió a información de redes sociales; la mayoría obtuvo especímenes de respaldo y fueron depositados en herbarios nacionales, los cuales fueron revisados por especialistas. La riqueza de orquídeas documentadas para San Juan Colorado y Santo Domingo Yanhuitlán y San Pedro y San Pablo Teposcolula, con una superficie similar a la de Santa María Yucuhiti, incluyen menos especies (Mejía-Marín *et al.* 2016, Ibarra-Contreras *et al.* 2021), pero también su gradiente de elevación es menor (700 y 670 m, respectivamente, en comparación con el de Santa María Yucuhiti (1,910 m). Además, para San Juan Colorado solo fueron registradas orquídeas epífitas, no terrestres. Las regiones de Oaxaca que albergan un mayor número de orquídeas, como Chimalapas (Hágsater *et al.* 1998) y Sierras Triqui Mixteca (Pichardo-Ramírez 2011), además de tener una superficie mayor, también presentan un gradiente de elevación más alto (2,150 y 2,400 m, respectivamente). La riqueza orquideológica de las regiones de Oaxaca aquí comparadas parece asociarse tanto a la superficie de éstas como a la variación ambiental que presentan debido a su gradiente de elevación.

El listado de orquídeas de Santa María Yucuhiti está respaldado por fotografías de ejemplares tomadas *in situ*, en sitios georreferenciados. De esa manera, estas observaciones son de valor científico, pues constituyen un complemento a los registros basados en especímenes herborizados para ser depositados en una colección de herbario. La validación de las observaciones en iNaturalist para las orquídeas de la zona de estudio reportan 99 especies, 96 si se consideran las que tienen grado de observación. No obstante, la revisión y curación de estas observaciones corresponden a 107 especies. La diferencia entre estos valores de riqueza se debe a que la plataforma incluye como sinónimos nombres aquí reportados como correctos o bien, nombres que recientemente fueron publicados y no han sido incorporados a ella. Así, iNaturalist es una fuente de información valiosa para inventariar la diversidad vegetal en áreas naturales (Kees 2022, Arias *et al.* 2023, Sheik & Weeks 2023) y áreas urbanas o conurbanas (Ramírez-Bravo *et al.* 2022, Tiago *et al.* 2024). Arias *et al.* (2023) ya habían mostrado la utilidad de la información disponible en iNaturalist para elaborar un listado de orquídeas en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, donde los registros de la plataforma complementaron aquellos obtenidos en colecciones herborizadas y de cultivo.



Figura 6. Orquídeas de Santa María Yucuhiti, Oaxaca, México. A) *Acianthera chrysantha*, B) *A. circumplexa*, C) *A. eximia*, D) *A. hintonii*, E) *A. pollardiana*, F) *Artorima erubescens*, F) *Aulosepalum nelsonii*, G) *A. pyramidale*, I) *A. riodelayense*, J) *Barkeria uniflora*, K) *Bletia purpurata*, L) *Brassia signata*, M) *Bulbophyllum cirrhosum*, N) *Campylocentrum micrantum*, O) *Cranichis cochleata*, P) *Deiregyne densiflora*, Q) *Dichaea intermedia*, R) *Epidendrum camposii*, S) *E. chlorops*, T) *E. greenwoodii*, U) *E. parkinsonianum*, V) *E. ramosum*, W) *E. veroscriptum*, X) *E. verrucipes*, Y) *Erycina hyalinobulbon*. Fotos de U.E. García-López.



Figura 7. Orquídeas de Santa María Yucuhiti, Oaxaca, México. A) *Gongora galeottiana*, B) *Govenia dressleriana*, C) *G. mutica*, D) *G. superba*, E) *Habenaria agapitae*, F) *H. novemfida*, G) *H. uncatata*, H) *Isochilus oaxacanus*, I) *Jacquiella leucomelana*, J) *Kionophyton sawyeri*, K) *Laelia albida*, L) *L. dawsonii*, M) *L. furfuracea*, N) *Leochilus carinatus*, O) *L. oncidioides*, P) *Lepanthes oaxacana*, Q) *Lockhartia galeottiana*, R) *Lycaste crinita*, S) *Malaxis brachyrrhynchos*, T) *M. realdelmontensis*, U) *M. histionantha*, V) *Maxillaria cucullata*, W) *M. egertoniana*, X) *M. variabilis*, Y) *Habenaria trifida*. Fotos de U.E. García-López.

No obstante que la Sierra Sur de Oaxaca se considera como una región que alberga una alta biodiversidad (Arriaga *et al.* 2000, García-Mendoza 2004, Santiago-Alvarado *et al.* 2016), florísticamente la zona de estudio y sus alrededores ha sido poco explorada y estudiada, donde las orquídeas no son la excepción. Los únicos trabajos conocidos son de Pichardo-Ramírez (2011) y Gómez-Escamilla *et al.* (2019), en las Sierras Triqui-Mixteca y Cerros Negro-Yucaño, respectivamente, cuyas colectas están depositadas en los herbarios FEZA y UAMIZ, respectivamente, con duplicados en IEB, MEXU, OAX y SERO. Si bien algunos botánicos asociados a los herbarios MEXU, OAX y SERO (los últimos dos en Oaxaca) han colectado esporádicamente en la zona de estudio, las colectas de orquídeas son escasas. Esto se hace notar por la revisión llevada a cabo en herbarios nacionales para localizar especímenes de orquídeas colectados en Santa María Yucihiti, la cual solo aportó registros de siete especies depositados en cuatro colecciones (IEB, FEZA, MEXU y OAX): *Aulosepalum pyramidale* (Lindl.) M.A.Dix & M.W.Dix (Ayala & Solano 45, IEB), *Epidendrum parkinsonianum* Hook. (Pichardo & Solano 19, FEZA, IEB; Pichardo & Solano 20, FEZA, MEXU), *E. succulentum* Hágsater (Pichardo & Solano 20, FEZA, IEB), *Laelia dawsonii* (Solano 2703, OAX), *L. albida* Bateman ex Lindl. (Solano 2704, OAX), *Prosthechea obpiribulbon* (Hágsater) W.E.Higgins (Solano 3045, FEZA, IEB) y *Scaphyglottis cruriger* (Bateman ex Lindl.) Ames & Correll (Solano 3318, FEZA, IEB). Sin embargo, estas siete especies cuentan con observaciones en iNaturalist registradas en Santa María Yucuhiti, de modo que la plataforma aporta el mayor conocimiento sobre la riqueza de orquídeas del municipio.

De las orquídeas reportadas aquí, tres especies constituyen nuevos registros para la flora de Oaxaca. Una es *Acianthera hintonii*, previamente conocida solo de dos localidades en la Sierra Madre del Sur en Guerrero (Solano 2003). Otra es *Prosthechea mulasii*, que se conocía de algunas localidades de la Faja Volcánica Transversal (Jalisco y Estado de México) y la Sierra Madre del Sur en Guerrero (Soto & Cervantes 2003). La última es *Habenaria tetranema*, conocida de Chiapas, Guatemala y El Salvador, aunque un trabajo de tesis (Pichardo-Ramírez 2011) y un registro herborizado (Mendoza-Osorio 483, MEXU) la documentan en localidades de Oaxaca cercanas a la zona de estudio. También se reporta el segundo registro para *Lepanthes oaxacana*, especie conocida previamente de la localidad tipo en la Sierra Madre del Sur de Oaxaca (Salazar & Soto 1996). El número de especies de orquídeas para la zona de estudio podría aumentar, pues se esperaría la presencia de cuatro especies que han sido registradas en iNaturalist en municipios vecinos a Santa María Yucuhiti: *Stelis breviloba* Solano & Salazar, en Santiago Nuyoo, así como *Bletia coccinea* Lex., *Nidema boothii* (Lindl.) Schltr. y *Platystele minimiflora* (Schltr.) Garay en Putla Villa de Guerrero.

De las orquídeas de Santa María Yucuhiti, un poco más de la mitad (54 de 107) son especies endémicas de México, representando casi 10 % del endemismo específico que esta familia de plantas alcanza en el país (Solano *et al.* 2020). Siete de esos endemismos se restringen a los límites territoriales de Oaxaca. De esta manera, la zona de estudio representa un centro de riqueza y endemismos para orquídeas en México, ubicada en una porción geográficamente restringida de la Sierra Madre del Sur de Oaxaca que florísticamente ha sido poco estudiada. Esto resalta la importancia de Santa María Yucuhiti para la conservación de la diversidad orquídeológica de México, además de confirmar la elección de las Sierras Triqui-Mixteca (que la incluye) como una región terrestre prioritaria para la conservación biológica del país (Arriaga *et al.* 2000). Otros autores (García-Mendoza 2004, Santiago-Alvarado *et al.* 2016) ya han señalado el valor de la Sierra Madre del Sur en Oaxaca por la riqueza de endemismos en plantas vasculares que alberga. En tanto que Soto & Salazar (2004) señalan que las porciones húmedas en elevaciones intermedias y del pie de monte de esta región son áreas de endemismo importantes para orquídeas. La riqueza de orquídeas, así como la presencia de endemismos y especies en riesgo en este grupo de plantas en Santa María Yucuhiti, constituiría un componente valioso para programas de desarrollo social basados en el patrimonio natural que alberga la comunidad.

Si bien la información disponible en iNaturalist puede ser valiosa y efectiva para monitorear la biodiversidad, como actividad científica puede presentar algunos sesgos que afectan su calidad. Tiago *et al.* (2024) han señalado algunos de ellos: a) las observaciones suelen realizarse en sitios de fácil acceso o cercanos a áreas urbanas que albergan una baja riqueza biológica; b) los observadores pueden tener preferencias por especies de flores vistosas o con valor ornamental, poniendo poca atención a las que no lo tienen; c) las observaciones preferentemente se realizan en temporadas favorables para el recorrido en campo, dejando sin registros las especies que florecen en otras temporadas. López-Guillén *et al.* (2024) mencionan problemas adicionales que afectarían la confiabilidad para un inven-

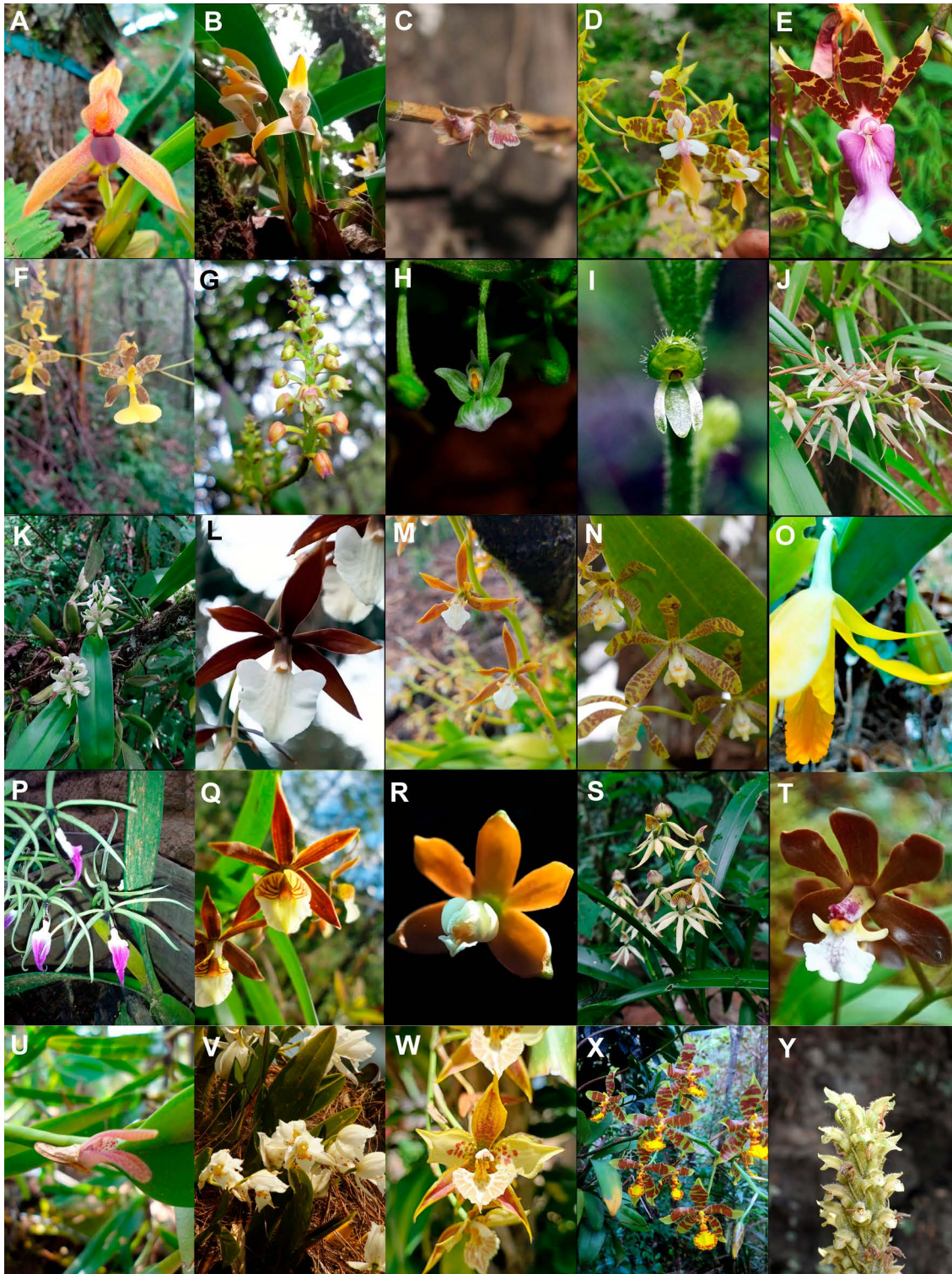


Figura 8. Orquídeas de Santa María Yucuhiti, Oaxaca, México. A) *Maxillaria meleagris*, B) *M. ringens*, C) *Nemaconia striata*, D) *Oncidium hastatum*, E) *O. karwinskii*, F) *O. unguiculatum*, G) *Polystachya cerea*, H) *Ponthieva racemosa*, I) *P. schaffneri*, J) *Prosthechea chondylobulbon*, K) *P. fragrans*, L) *P. ghiesbreghtiana*, M) *P. greenwoodiana*, N) *P. magnispatha*, O) *P. karwinskii*, P) *P. mulasii*, Q) *P. obpiribulbon*, R) *P. ochracea*, S) *P. trulla*, T) *P. varicosa*, U) *Restrepiella ophiocephala*, V) *Rhynchoatele candidula*, W) *R. maculata*, X) *Rossioglossum insleayi*, Y) *Sarcoglottis rosulata*. Fotos de U.E. García-López.

tario. Por ejemplo: d) observaciones basadas en fotografías de calidad pobre o mostrando ejemplares que carecen de estructuras reproductivas, lo cual complica su identificación; e) errores de identificación taxonómica, incluyendo asignación de nombres científicos que corresponden a especies no nativas de la región o país; f) observaciones basadas en ejemplares cultivados en zonas donde de manera natural la especie no se distribuye; g) falta de precisión en las coordenadas geográficas de las observaciones; h) nombres asignados de acuerdo con Plants of the World Online (POWO; powo.science.kew.org), donde las especies recién descritas o los cambios taxonómicos recientes no están incorporados; o bien, los nombres aceptados no corresponden con los incluidos en catálogos de clasificación elaborados para la flora del país. En el proceso de validación de las observaciones de orquídeas en iNaturalist para la zona de estudio se encontraron las siguientes incongruencias: *Epidendrum veroscriptum* Hágsater no está incorporado a la base de nombres de iNaturalist, la observación de esta especie aparece identificada como *E. polianthum* Lindl.; *Malaxis realdelmontensis* Salazar & R.Jiménez recientemente fue publicado como nombre de reemplazo para *M. brachystachys* (Rchb.f.) Kuntze, el cual está asignado a las observaciones de la especie; la observación de *Polystachya cerea* Lindl. tampoco se encuentra en la base de nombres de la plataforma y la observación del taxón fue identificada como *Polystachya foliosa* (Hook.) Rchb.f.; *Trichosalpinx nageliana* Soto Arenas y *T. tamayoana* Soto Arenas se encuentran como sinónimos de *T. menor* (Rchb.f.) Luer y *T. blaisdellii* (S.Watson) Luer, respectivamente, siendo los últimos los nombres que se asignan a sus observaciones, aun cuando los cuatro binomiales corresponden a especies diferentes.

La mayoría de los posibles sesgos arriba mencionados fueron considerados y subsanados en el presente estudio para mejorar la calidad del listado. Para ello fue fundamental las interacciones entre el observador principal y los especialistas en orquídeas dentro o fuera de iNaturalist. El papel de estos especialistas da certeza al proceso de identificación de las observaciones de orquídeas, al asignarles un nombre correcto. No obstante, la información disponible en iNaturalist tendría que ser considerada en los estudios de los botánicos profesionales y, antes de descartar o limitar su utilidad, su efectividad debería ser verificada. El presente trabajo constituye un ejemplo de cómo se puede fomentar y validar la información generada por acciones de ciencia ciudadana para emplearla en estudios científicos. Algunos aspectos que se destacan del listado de orquídeas aquí presentado son los siguientes: a) Las observaciones registradas en iNaturalist se han ingresado en la plataforma durante los últimos 17 años y cubren la heterogeneidad ambiental de la zona de estudio, tanto en vegetación como en el gradiente de elevación; b) Estos registros se han realizado en todos los meses del año, de modo que cubren diferentes estaciones y épocas de floración, independientemente del valor ornamental que tengan las especies observadas; c) Las fotografías que respaldan estas observaciones fueron tomadas *in situ* y la mayoría muestran ejemplares con flores, lo cual facilita su determinación taxonómica por especialistas o aficionados conocedores y certifica la validez del proceso. En cambio, los listados basados en florística convencional aquí comparados con la zona de estudio, en su mayoría cubrieron un periodo anual o de unos pocos años; el esfuerzo de colecta difícilmente cubre todos los meses de un año, por lo que no necesariamente abarcaron todas las temporadas de floración conocidas para orquídeas; requirieron de recursos económicos y, por las limitaciones de tiempo algunas áreas pudieron quedar sin explorar; la interacción con los especialistas ocurre generalmente de manera directa y fuera de redes sociales, lo cual demora del proceso de identificación. Además, la curación de los ejemplares colectados y su ingreso a una colección puede ser un proceso lento y generalmente, culmina mucho después de finalizado el trabajo de campo. De esta manera, los listados generados en un estudio florístico convencional no serían exhaustivos y podrían subestimar la riqueza que alberguen las zonas estudiadas.

En iNaturalist se consideran como observaciones con grado de investigación aquellas donde dos o más identificadores coinciden en el nombre científico asignado. De los 58 identificadores que han validado las observaciones de orquídeas de Santa María Yucuhiti, cuatro son taxónomos de esta familia de plantas, cada uno ha contribuido con al menos 10 identificaciones, su trabajo se refleja en publicaciones especializadas o bien, por estar adscriptos o asociados a una institución que se dedica al estudio de orquídeas. Otros identificadores son botánicos o biólogos, pero no especialistas de orquídeas que reúnan los criterios antes señalados; otros más están registrados con un pseudónimo y su identidad queda en el anonimato. Las orquídeas de flores vistosas y de valor ornamental son ampliamente conocidas, por lo que sus observaciones son identificadas sin complicaciones. Pero muchas especies son pobremente

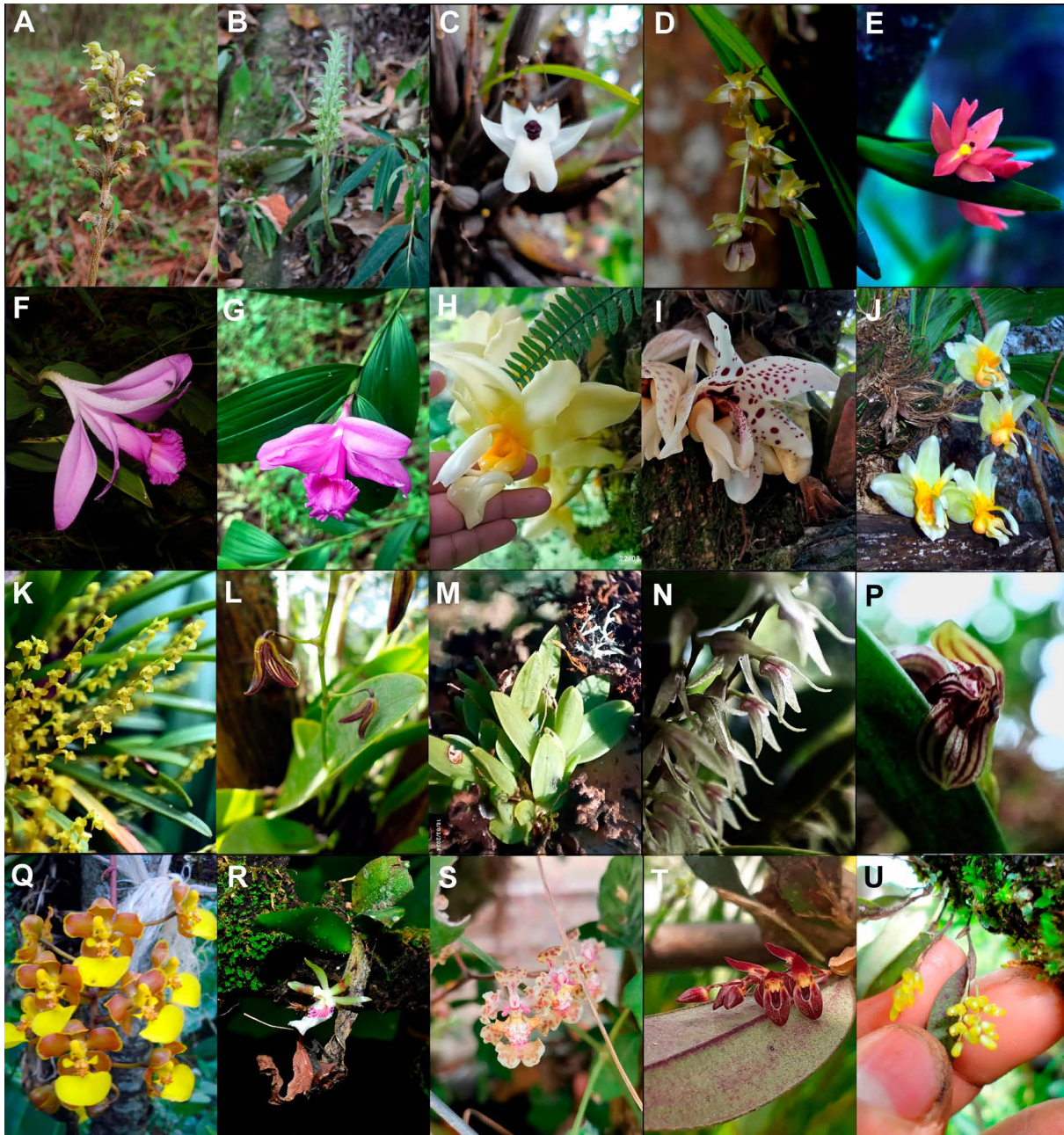


Figura 9. Orquídeas de Santa María Yucuhiti, Oaxaca, México. A) *Sarcoglottis schaffneri*, B) *S. scintillans*, C) *Scaphyglottis crurigera*, D) *S. hondurensis*, E) *S. imbricata*, F) *Sobralia decora*, G) *S. galeottiana*, H) *Stanhopea intermedia*, I) *S. martiana*, J) *S. pseudoradiosa*, K) *Stelis hymenantha*, L) *S. immersa*, M) *S. rufobrunnea*, N) *S. scariosa*, O) *S. sotoarenasii*, P) *Trichocentrum andreanum*, Q) *T. hoegei*, R) *T. oerstedii*, S) *Trichosalpinx nageliana*, T) *T. tamayoana*. Fotos de U.E. García-López.

conocidas aún por botánicos profesionales, rara vez se cultivan y muestran similitud con sus congéneres, como en *Cyclopogon* C.Presl., *Habenaria* Willd., *Malaxis* Sol. ex Sw., *Ponthieva* R.Br., *Stelis* Sw. y *Trichosalpinx* Luer. La identificación de estas orquídeas requiere la experticia de un especialista para dar credibilidad a la validación de las observaciones, pero muy pocos de ellos participan en este proceso; los especialistas jóvenes son quienes interactúan con más frecuencia en iNaturalist en comparación con quienes ya tienen una trayectoria larga.

En síntesis, la información de iNaturalist fue de utilidad para generar el listado de orquídeas de Santa María Yucuhiti, lo que muestra que la plataforma es una herramienta alternativa o complementaria para realizar listados florísticos. Algunos factores asociados a las observaciones de iNaturalist tuvieron que atenderse para reducir su efecto en la calidad del listado: la validación taxonómica de los registros, la calidad de las fotografías que respaldan las observaciones, la continuidad temporal para documentar el inventario y la exploración de sitios con acceso restringido.

Material suplementario

El material suplementario de este artículo puede ser consultado aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3578>

Agradecimientos

Al apoyo de las autoridades del Comisariado de Bienes Comunales de Santa María Yucuhiti para el trabajo de campo realizado por MRS. A los curadores de los herbarios mencionados en Materiales y Métodos por permitir la revisión de sus colecciones. A los identificadores que han validado las observaciones de orquídeas en iNaturalist, especialmente a Rolando Jiménez (Herbario AMO) por identificar varios registros obtenidos en la parte final del estudio. Los comentarios de dos revisores anónimos y la editora de sección fueron valiosos para mejorar la versión final del manuscrito.

Literatura citada

- Ahern A, Hughes DF. 2024. Citizen science initiatives document biodiversity baselines at an urban lake. *PeerJ* **12**: e17209. DOI: <http://doi.org/10.7717/peerj.17209>
- Arias T, Chau-Varela J, Camero MP, Calderón-Álvarez A, Trujillo AC, Correo-Munera MA, Zuluaga A, Perdomo O, Pérez-Escobar OA, Valencia DJ. 2023. Checklist of Orchidaceae from Caquetá, Colombia. *Phytokeys* **229**: 21-46. DOI: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.229.102737>
- Arriaga L, Espinoza JM, Aguilar C, Martínez E, Gómez L, Loa E. coords. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Ciudad de México, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 609 p. ISBN: 970-9000-16-0
- Campos-Villanueva A, Villaseñor JL. 1995. Estudio florístico de la porción central del municipio de San Gerónimo Coatlán, distrito de Miahuatlán (Oaxaca). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **56**: 95-120. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1468>
- Castro-Bastidas HA, Serrano-Serrano JM. 2022a. Naturalista, una aplicación que revela patrones de biodiversidad por ciudadanos. *Boletín de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología* **2**: 74-83.
- Castro-Bastidas HA, Serrano-Serrano JM. 2022b. La plataforma Naturalista como herramienta de ciencia ciudadana para documentar la diversidad de anfibios en el estado de Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* **5**: 156-178. DOI: <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2022.1.372>
- García-Guerrero M. 2024. Esfuerzos de ciencia abierta en México. Mapeo de actores de ciencia ciudadana. *Revista Científica Retos de la Ciencia* **8**: 85-95. DOI: <https://doi.org/10.53877/rc.8.17.20240101.7>
- García-Mendoza AJ. 2004. Integración del conocimiento científico, pp. 305-325. In: García-Mendoza AJ, Ordoñez MJ, Briones-Salas MA. eds. *Biodiversidad de Oaxaca*. Ciudad de México, México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. ISBN: 970-32-2045-2
- Grupo Científico Econativo. 2012. *Uso y Conocimiento Tradicional Mixteco de la Biodiversidad en Santa María Yucuhiti, Oaxaca*. Puebla, México: Grupo Científico Econativo AC. 145 p.
- Gómez-Escamilla I, Espejo-Serna A, López-Ferrari A, Krömer T. 2019. Distribución geográfica de angiospermas epífitas de la región terrestre prioritaria Cerros Negro-Yucaño, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* **67**: 118-131. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32726>

- Hágsater E, Salazar GA, Soto MA. 1998. Diversidad y conservación de orquídeas de la región de Chimalapa, Oaxaca, México. Instituto Chinoín A.C. DF, México, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G024. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfG024.pdf> (consultado 31 Mayo 2024).
- Ibarra-Contreras CA, Solano R, Paz-Cruz L, Pérez-Domínguez C, Lagunez-Rivera L. 2021. Orquídeas de los municipios de Santo Domingo Yanhuitlán y San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca. *Polibotánica* **51**: 16-42. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.51.2>
- Kees J. 2022. The flora of Fair River Farm, Lincoln county, Mississippi, U.S.A. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* **16**: 227-254. DOI: <https://doi.org/10.17348/jbrit.v16.i1.1229>
- López-Guillén E, Herrera I, Bensid B, Gómez-Bellver C, Ibáñez N, Jiménez-Mejías P, Mairal M, Mena-García L, Nualart N, Utjés-Mascó M, López-Pujol J. 2024. Strengths and challenges of using iNaturalist in plant research with focus on data quality. *Diversity* **16**: 42. DOI: <https://doi.org/10.3390/d16010042>
- Loredo-Varela JL, Arán-Sánchez A. 2023. Uso de Naturalista como refuerzo del programa de estudios de la materia Ecología de bachillerato. *Revista Latinoamericana OGMIOS* **3**: 62-79. DOI: <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i7.067>
- Martínez-Feria A. 2007. Diversidad de orquídeas epífitas en El Faro, San Pedro Teutila, Oaxaca, México. BSc. Thesis. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. 97 p.
- Mejía-Marín MI, Espejo-Serna A, López-Ferrari AR, Fonseca-Juárez RM. 2016. Las monocotiledóneas del municipio de San Juan Colorado, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 187-199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.007>
- Moreno-Jordán R. 2020. El papel de la ciencia ciudadana en el monitoreo y manejo sustentable de los recursos naturales. MSc Thesis, El Colegio de la Frontera Sur, Université de Sherbrooke. San Cristóbal de las Casas.
- Muñoz-Hernández AE, Figueroa-Castro DM, Campos-Villanueva A. 2020. Seasonal variation in the diversity of flowering orchids at Santa Catarina Lachatao, Oaxaca, México. *Botanical Sciences* **98**: 573-584. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2516>
- Nugent J. 2020. iNaturalist: citizen science for the digital age. *Nature and the Environment*. **87**: 53-63.
- Ortiz-Pérez MA, HernándezSantana JR, Figueroa Mah-Eng JM. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. pp. 43-54. In: García-Mendoza AJ, Ordoñez MJ, Briones-Salas MA. eds. *Biodiversidad de Oaxaca*. Ciudad de México, México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. ISBN: 970-32-2045-2
- Pichardo-Ramírez A. 2011. Diversidad de la familia Orchidaceae en las sierras Triqui-Mixteca del estado de Oaxaca. BSc Thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez-Bravo OE, Camargo-Rivera EE, Jiménez-González A. 2022. Ciencia ciudadana y biodiversidad en entornos urbanos: lecciones aprendidas en la Ciudad de Puebla y su zona conurbana en el centro de México. *Cuadernos de Biodiversidad* **62**: 26-36. DOI: <https://doi.org/10.14198/cdbio.2022.62.03>
- Romero G. 1996. The orchid family (Orchidaceae). In: Hágsater E, Dumont V. eds. *Orchid- Status Survery and Conservation Action Plan*. Gland, Suiza: International Union for Conservation of Nature. pp. 3-5. ISBN: 2-8317-0325-5
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. 1a edición digital. Ciudad de México, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 505 pp.
- Salazar GA, Soto MA. 1996. El Género *Lepanthes* Sw. en México. *Orquídea (México City) n.s.* **14**: 1-228.
- Salazar GA, Reyes-Santiago J, Pérez-Crisanto J. 2006. Orquídeas y otras Plantas Nativas de la Cañada Cuicatlán, Oaxaca, México. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 175 pp. ISBN: 970-32-2973-5.
- Santiago-Alvarado M, Montaña-Arias S, Espinosa D. 2016. Áreas de endemismo de la Sierra Madre del Sur, pp. 431-448. In: Luna-Vega I, Espinosa D, Contreras R. eds. *Biodiversidad de la Sierra Madre del Sur*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-02-7906-5
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2019. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías

- de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Modificación del Anexo Normativo III. *Diario Oficial de la Federación*. Cd. Mx., México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019 (accessed 31 May 31, 2024).
- Sheik M, Weeks A. 2023. A Floristic checklist of Shenandoah River State Park Warren Co., Virginia. *Castanea* **88**: 138-154. DOI: <https://doi.org/10.2179/0008-7475.88.1.138>
- Solano R. 2003. *Kraenzlinella hintonii* (L.O. Williams) Solano. Orchids of Mexico 2-3. *Icones Orchidacearum* **5-6**: pl. 595.
- Solano R, Bello-López R, Vásquez-Martínez R. 2007. Listado de orquídeas de la región de Juquila, Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo* **5**: 5-14.
- Solano R, Salazar GA, Jiménez-Machorro R, Hágsater E, Cruz-García G. 2020. Actualización del catálogo de autoridades taxonómicas de Orchidaceae de México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Base de datos SNIB-CONABIO, Proyecto No. KT005. Ciudad de México. http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/KT005_Anexo_listado_taxonomico.pdf (accessed September 6, 2024).
- Solano R, Karremans A. 2023. A review of *Acianthera* subgenus *Brenesia* (Orchidaceae, Pleurothallidinae), with a new species from Mexico. *Acta Botanica Mexicana* **130**: e2225. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2225>
- Solano R, Salazar GA. 2023. *Stelis breviloba* (Orchidaceae, Pleurothallidinae), a new species from Mexico. *Botanical Sciences* **101**: 1239-1248. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.3307>
- Soto MA, Cervantes L. 2003. *Prosthechea mulasii* Soto Arenas & L. Cerv. Orchids of México 2-3. *Icones Orchidacearum* **5-6**: pl. 651.
- Soto MA, Salazar GA. 2004. Orquídeas, pp. 271-295. In: García-Mendoza AJ, Ordoñez MJ, Briones-Salas MA. eds. *Biodiversidad de Oaxaca*. Ciudad de México, México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. ISBN: 970-32-2045-2
- Tepos-Ramírez M, Peralta-Robles CA, García-Rubio OR, Salinas-Olguín AK, Hernández-Árciga R, Cervantes-Jiménez R, Garduño-Fonseca FS. 2022. Confirmación y nuevos registros de herpetofauna para Querétaro, México a través de un portal de ciencia ciudadana. *Revista Latinoamericana de Herpetología* **5**: 142-150. DOI: <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2022.1.350>
- Tiago P, Leal AI, Chozas S. 2024. Discovering urban nature: citizen science and biodiversity on a university campus. *Urban Ecosystems* **27**: 1609-1621. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-024-01526-0>
- Thiers B. 2024. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (accessed June 5, 2024).
- Ugalde-de la Cruz YH, Alonso-Anaya IC, Maruri-Aguilar B, Hernández-Martínez MM, Sánchez-Martínez E. 2019. Ciencia ciudadana: valiosa herramienta para conocer la biodiversidad del área silvestre del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. *Revista Nithe* **30**: 59-69.
- Velasco-Macías CG, Ramírez-Freire L. 2017. Plataforma Naturalista en México: herramienta de ciencia ciudadana. *Entorno Universitario* **18**: 8-11. https://uanl.mx/utilerias/publicaciones/entorno/entorno_46.pdf#page=10 (accessed July 20, 2024).

Associate editor: Martha González Elizondo

Contribución de los autores: UEGL conceptualización, investigación, curación, análisis, visualización, redacción. MRS investigación, análisis, visualización, redacción. LLR redacción. RS conceptualización, investigación, curación, visualización, análisis, redacción.

Agencias financiadoras: Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional.

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses, ni financiero ni personal, en la información, presentación de datos y resultados de este artículo.