Revista Científica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Articulos

Evaluación de una clave taxonómica, para la identificación de los géneros de helechos (Monilophyta), en Guatemala

Evaluation of a taxonomic key, for the identification of fern genera (Monilophyta), in Guatemala.

Jorge, Jiménez Barrios; Zurisadai, González González; Luis, Salazar López; Alicia, Eufragio Blanco; Bianka, Hernández Ruano

Jiménez Barrios Jorge
jimenez.jorge@usac.edu.gt
Herbario USCG, Centro de Estudios Conservacionistas y Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
González González Zurisadai
tuitagon1702@gmail.com
Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
Salazar López Luis
luisseduardosal@gmail.com
Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
Eufragio Blanco Alicia
aliciae1194@gmail.com
Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
Hernández Ruano Bianka
hernandezbianka2@gmail.com
Herbario USCG, Centro de Estudios Conservacionistas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Revista Científica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
ISSN-e: 2224-5545
Periodicidad: Semestral
vol. 29, núm. 2, 2020
almadariaga1@gmail.com

Recepción: 28 Noviembre 2019
Aprobación: 02 Julio 2020

DOI: http://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v29i2.37

URL: http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/50/5099650996003/index.html

Licencia: CC-BY 4.0

Resumen: El desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación han llevado a un cambio en la manera en que se realizan las actividades de diferentes disciplinas, incluso de las más tradicionalistas, como la taxonomía botánica. Se documentó la revisión y validación colaborativa de la primera versión de una clave dicotómica para la identificación taxonómica de los géneros de helechos en Guatemala. Con este esfuerzo, se fundamentó la elaboración de una clave mejorada, su segunda versión, la cual se espera sea accesible para usuarios entrenados en morfología botánica, pero no especializados en la taxonomía específica de los helechos. La segunda versión supera las dificultades que fueron analizadas sobre la primera, y agrega contenido útil para la identificación más precisa de los géneros. Se presentan, además, los siguientes documentos suplementarios en versión electrónica: la versión más actualizada de la clave dicotómica, una lista anotada de la taxonomía supra específica de helechos en Guatemala y una lista de algunos sinónimos taxonómicos de los nombres científicos actuales, respecto a los utilizados en la Flora Mesoamericana. Esta experiencia representa un avance en la transformación de la botánica taxonómica, ya que trasciende de ser una disciplina practicada por pocos, donde prevalece sobre todo el criterio de una autoridad casi incuestionable, a una práctica colaborativa, donde el conocimiento se difunde desde la formulación y revisión de los instrumentos taxonómicos. Se espera que todos estos documentos puedan continuar siendo actualizados de manera dinámica, como un avance de la aplicación de las nuevas tecnologías a la taxonomía botánica.

Palabras clave: botánica taxonómica, Flora Mesoamericana, Polypodiophyta, estudios colaborativos, sistemática filogenética.

Abstract: The procedures of several scientific disciplines are changing with the spreading of new information and communication technologies, even the most traditional, like botanical taxonomy. Here we document the review and validation, by collaborative efforts, on the first version of the taxonomic key for the identification of the fern genera in Guatemala. An upgraded version was composed which is easier to follow and more precise. It is intended to be accessible for a wide range of interested people, more than just the fern specialists. Along with this paper, electronic supplementary documents are published too, including the most recent version

AmeliCA
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

of the key, an annotated list of taxonomic categories of ferns of Guatemala in the supra-specific levels, and some lists of taxonomic synonymy of the currently valid names, with reference to the old names used in Flora Mesoamericana. With this experience a new milestone has been reached by the national taxonomy, getting over the old paradigm in which taxonomy was an exclusive practice, endeavored by few authorities, to become a more inclusive discipline, embracing the development and revision of its instruments. In the future, we hope to maintain updated all these documents in a more dynamic way, applying new technologies to the taxonomic botany practices.

Keywords: taxonomic botany, Flora Mesoamericana, Polypodiophyta, collaborative studies, phylogenetic systematics.

Introducción

La botánica taxonómica ha sido una de las disciplinas más tradicionalistas en las ciencias. Es regida por el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, llamado ahora "... de Nomenclatura de algas, hongos y plantas", el cual reconoce el inicio de su esencia en la obra Species plantarum (Linnaeus, 1753), publicada en su primera edición el primero de mayo de 1753. Son pocas las personas que conocen a cabalidad este código, menos aun las que entienden los intrincados procesos del quehacer de la taxonomía botánica. En el criterio de los autores, la taxonomía solamente constituye un medio para lograr un fin, que, en el caso de los profesionales de la Escuela de Biología, es la gestión de la diversidad biológica nacional.

En Guatemala, como en la mayor parte del Mundo, la taxonomía botánica ha sido una tarea exclusiva, realizada por autoridades reconocidas. Entre las obras más importantes, aplicadas a la diversidad florística nacional, es necesario mencionar tres: la *Flora of Guatemala*, publicada entre 1946 y 1977, por alrededor de una decena de investigadores del Chicago Natural History Museum; *Ferns and fern allies of Guatemala*, publicada entre 1976 y 1983, por un investigador de la misma institución y dos especialistas más; y Flora Mesoamericana, publicada por numerosos investigadores internacionales, especialistas a nivel mundial o neotropical. Estas obras son notables por ser exhaustivas, es decir, abarcan múltiples familias y la totalidad del país, incluso de la región Mesoamericana. En todo caso, el trabajo ha sido realizado por las escasas autoridades taxonómicas.

Se puede observar que después del inicio del estudio sistemático de los helechos en Guatemala (Moran & Riba, 1995; Stolze, 1976a, 1981b, 1983c), este ha continuado, transcurriendo pocos años entre un tratamiento taxonómico exhaustivo y otro (Jiménez, 2012a). Incluso se cuenta con varios artículos específicos sobre extensiones de rango, nuevas especies e investigación específica a escala subnacional (p.e. Jiménez, 2012b; Labiak, 2012). El último tratamiento taxonómico exhaustivo, sobre los helechos de Guatemala, se publicó en 1995 (Flora Mesoamericana, Vol. 1, Psilotaceae a Salviniaceae), y fue desarrollado por especialistas de diferentes géneros, bajo la coordinación y dirección de dos editores generales (Moran & Riba, 1995). En esa publicación se reconocieron 641 especies, agrupadas en 118 géneros, superando al trabajo taxonómico anterior (Stolze, 1976a, 1981b, 1983c), que enumeraba 599 especies agrupadas en 98 géneros.

Desde el momento en que se elaboró el volumen de helechos en Flora Mesoamericana, han ocurrido varios avances en la sistemática filogenética y taxonomía específica de estos, desde el nivel de familias y delimitación genérica, hasta la proposición de la monofilia de Monilophyta (Cantino et al., 2007; Kenrick & Crane, 1997; Smith, Kreier, Haufler, Ranker, & Schneider, 2006). Incluso se cuenta en la actualidad con un consenso ampliamente extendido sobre el número de familias y géneros que se propone aceptar alrededor del mundo, basado en numerosos estudios filogenéticos (Ppg I, 2016). Estos avances permiten en la actualidad contar con

un registro de 703 taxa de helechos nativos (incluye siete híbridos, cinco subespecies y 44 variedades), tres especies de helechos naturalizados y por lo menos ocho especies de helechos exóticos cultivados, agrupados en 146 géneros, de los cuales 138 son nativos o naturalizados.

La investigación se desarrolló durante los meses de junio y julio de 2019, e incluyó 52 especímenes analizados, que constituye el número de ensayos. Con este trabajo se pretende proveer a estudiantes e investigadores, interesados en la identificación taxonómica, de los instrumentos necesarios para reconocer los géneros de helechos en Guatemala, de acuerdo a los consensos vigentes, respecto a la sistemática filogenética, con la única nomenclatura actualmente válida. Además, se documenta que la implementación de tecnologías de la información y comunicación, permite la difusión del conocimiento taxonómico y el trabajo colaborativo, incluso en disciplinas tradicionalmente excluyentes, superando lo establecido por un refrán, muy conocido entre taxónomos: "*keys are compiled by those who do not need them, for those who cannot use them*". Se espera que, en el futuro, la generación de instrumentos taxonómicos sea incluyente, y la velocidad en que estos se actualicen sea superior, produciendo, además, instrumentos más fáciles de utilizar, con mayor precisión en el diagnóstico y con procesos de revisión más adecuados.

Materiales y métodos

Este fue un estudio cuantitativo, con alcance descriptivo y aplicado. Esta investigación parte de un esfuerzo anterior, no documentado aquí, que consiste en la revisión de publicaciones científicas y especímenes de herbario, que el primer autor ha realizado por más de diez años. Esto permitió contar con una lista anotada de todas las especies de helechos registradas en Guatemala, con la nomenclatura actualizada (parcialmente publicada en Jiménez, 2012a). Esta lista implementa los tratamientos infragenéricos más recientes, que producen géneros naturales en el sentido filogenético.

Los tratamientos recientes, notables por su pertinencia al tratar géneros con numerosas especies, incluyen: Trichomanes (Ebihara, Dubuisson, Iwatsuki, Hennequin, & Ito, 2006), Thelypteris (He & Zhang, 2012), Cheilanthes (Grusz & Windham, 2013), Blechnum (De Gasper, Dittrich, Smith, & Salino, 2016; Salino, Almeida, & Smith, 2015), pteridáceas vittarioides (Schuettpelz et al., 2016), Polypodium sensu lato (Smith et al., 2006; Smith & Tejero, 2014) y polipodiáceas grammitidoides (Hirai, Rouhan, Labiak, Ranker, & Prado, 2011; Kessler, Moguel, Sundue, & Labiak, 2011; Labiak, Rouhan, & Sundue, 2010; Labiak, 2011; Sundue, 2010; Sundue, 2014; Sundue, Labiak, Mostacero, & Smith, 2012). La lista de especies permitió depurar una lista de géneros. Se reunieron características diagnósticas de los géneros de helechos planteadas principalmente en la Flora Mesoamericana, agregando además aquellas reconocidas por la experiencia del primer autor y algunas de otros tratamientos antes citados. Con estas características diagnósticas se compuso una primera versión de una clave dicotómica para identificar helechos.

Esta clave fue distribuida entre seis estudiantes de Licenciatura en Biología, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los estudiantes fueron seleccionados por conveniencia, por su interés hacia la Botánica, además, fueron cuestionados sobre su disponibilidad para invertir tiempo en realizar una revisión sistemática de la misma, aplicando el instrumento a muestras frescas y herborizadas de helechos. Los estudiantes compartieron fotografías de helechos en un grupo establecido en la aplicación para teléfonos móviles WhatsApp (WhatsApp Inc.), indicando además los pasos que habían tomado para llegar a la identidad de cada muestra.

El esfuerzo no se asignó de manera sistemática a los estudiantes, ya que algunos revisaron más o menos especímenes, aunque se estableció un mínimo de seis muestras. Fueron contabilizados los aciertos y desaciertos en cada proceso de identificación, así como el número de intentos necesarios y la cantidad de géneros que habían sido puestos a prueba. Los especímenes analizados fueron encontrados al azar en el campo o en colecciones de El Herbario "Universidad de San Carlos de Guatemala" [USCG]. Esto ocurrió durante los meses de junio y julio de 2019, e incluyó 52 especímenes analizados, que constituye el número de ensayos.

El proceso de revisión y análisis permitió identificar los principales grupos en que podrían segregarse las coplas de la clave dicotómica, así como identificar las coplas más confusas, y los géneros más comúnmente encontrados en el campo. Para todos los procedimientos estadísticos se utilizó el paquete R 3.6.1 (R Core Team, 2019). Con base en estas observaciones se elaboró una segunda versión de la clave dicotómica, la cual acompaña, como material suplementario a este documento.

http://revistaiiqb.usac.edu.gt/index.php/revista_cientifica/article/view/454/pdf

http://revistaiiqb.usac.edu.gt/index.php/revista_cientifica/article/view/454/pdf_33

Otros hallazgos, propios del descubrimiento por medio de la observación requerida por la taxonomía, se enumeran en los resultados. Los miembros del grupo de estudiantes, que participaron activamente en la revisión de la clave, son también autores en este documento, y continúan desarrollando listas taxonómicas actualizadas, sobre todo de helechos.

Resultados

Se analizó un total de 52 especímenes de helechos, con la participación de seis estudiantes de Licenciatura en Biología. Estos especímenes corresponden a 33 géneros distintos, lo que constituye aproximadamente el 24% de los 138 géneros que pueden ser identificados con las claves dicotómicas elaboradas. El total de géneros de helechos documentados en Guatemala es de 142, lo que incluye cuatro géneros exóticos, cultivados en el país con fines ornamentales, y que no son cubiertos por los instrumentos taxonómicos propuestos. Los géneros que fueron validados en la práctica y el número de especímenes que fueron analizados para cada uno, se muestran en la tabla 1, y se representan de forma gráfica en la figura 1.

TABLA 1.
Géneros identificados, ordenados por el número de especímenes examinados (frecuencia), disponibles en el campo y en especímenes de herbario.

No. especímenes	Géneros
4	Adiantum
3	Asplenium, Goniopteris, Pleopeltis
2	Blechnum, Christella, Elaphoglossum, Lygodium, Microgramma, Nephrolepis, Pityrogramma, Polypodium, Pteridium, Pteris
1	Amauropelta, Anemia, Campyloneurum, Cheilanthes, Cyathea, Danaea, Dennstaedtia, Equisetum, Hemionitis, Macrothelypteris, Mildella, Niphidium, Notholaena, Parablechnum, Pecluma, Phlebodium, Polystichum, Serpocaulon, Vittaria

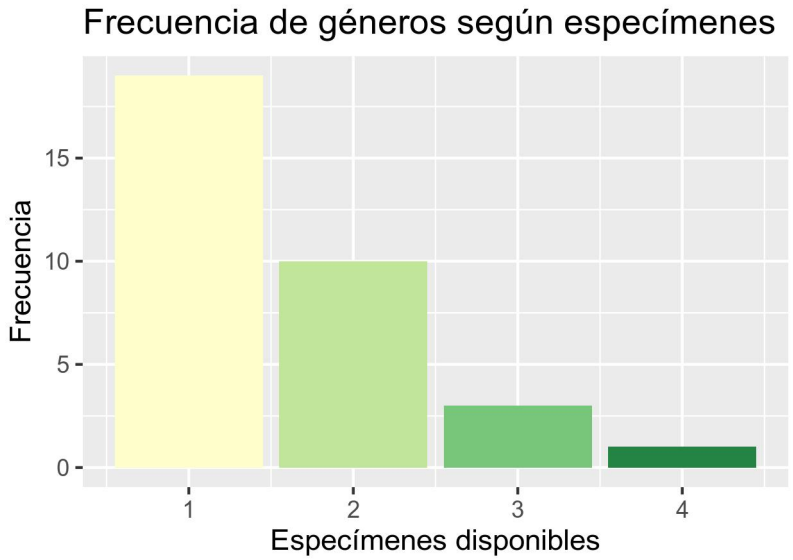

Figura 1. Frecuencia observada según el número de especímenes disponibles por género. Solamente se contó con un género que presentaba cuatro especímenes disponibles (*n*=33).

Se observó que la distribución del número de pasos seguidos (o coplas evaluadas), requeridos para la identificación de un espécimen de helecho, no cumple con los supuestos de la normalidad, pero tampoco presenta valores atípicos bajo la regla de Tukey (Figura 2). El recorrido mínimo se observó al identificar una muestra de Equisetum, requiriendo solamente tres pasos. El recorrido máximo, de 26 pasos, se observó en cuatro ocasiones, que permitieron identificar helechos de los géneros *Christella*, *Macrothelypteris* y *Pteris*. La media y la mediana del número de pasos requeridos para identificar un helecho fue de 17 pasos, y aunque las medidas de tendencia central coinciden, la dispersión fue alta, con una desviación estándar de 6 pasos.

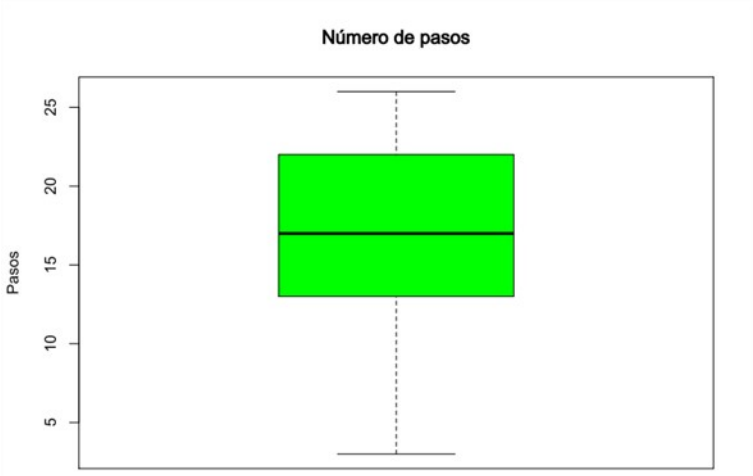

Figura 2. Gráfica de caja, generada por el método de Tukey, en que se representa la distribución de pasos requeridos para la identificación de diferentes muestras de helechos (*n*=52).

Del total de 162 coplas, contenidas en la primera versión de la clave dicotómica, 102 fueron evaluadas o seguidas como pasos necesarios para la identificación de las 52 muestras analizadas. Por acuerdo entre los autores, se decidió dividir la clave en grupos de helechos, reconocibles morfológicamente por su aspecto o características generales. Estos grupos fueron principalmente apoyados por un análisis de agrupación jerárquica, por el método de unión simple, a partir de las diferentes entidades (géneros identificados)

relacionados por la distancia euclidiana entre estos (Figura 3). Este puede interpretarse como un método fenético, que simplemente resume la semejanza entre las coplas que llevan a los distintos géneros.

Se identificaron los siguientes grupos: Grupo 1, helechos dimórficos (*Anemia* y *Parablechnum*); Grupo 2, lámina pinnada-pinnatífida (*Amauropelta*, *Christella* y *Goniopteris*); Grupo 3, lámina simple (*Campyloneurum*, *Elaphoglossum*, *Microgramma*, *Niphidium* y *Vittaria*); Grupo 4, soros marginales sin indusio verdadero (*Cheilanthes*, *Mildella*, *Pteris* y *Pteridium*). Los géneros no agrupados de manera coherente corresponden a las coplas que, con mayor frecuencia, dieron problemas durante la revisión y validación de la clave, por lo que fueron atendidos para la segunda versión.

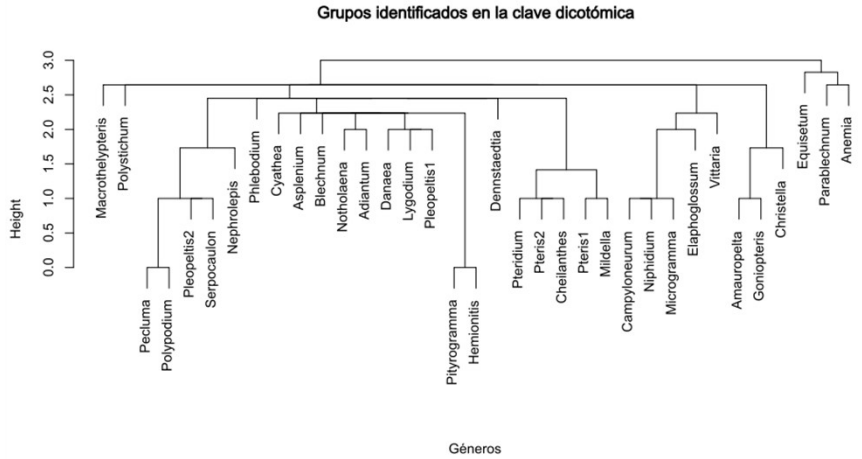

Figura 3. Gráfica de agrupación, generada por el método de unión promedio a partir de distancias euclidianas. Se representan los principales grupos morfológicos de los géneros de helechos identificados en la fase experimental (n=33).

Discusión

En el ámbito de la Taxonomía son pocos los documentos dirigidos a personas no especializadas en la taxonomía de grupos específicos. Aun en campos especializados, existe una brecha de comprensión entre el taxónomo compilador de una clave y los usuarios finales (Walter & Winterton, 2007). Parte de esto se evidencia en el hecho de que son escasas las claves publicadas en idioma castellano, ya que incluso los instrumentos diseñados para identificar la biota de países hispanohablantes han sido publicados en otros idiomas. Los herbarios e institutos de investigaciones internacionales publican sus claves taxonómicas y listas anotadas, aun para el Neotrópico, sobre todo en idioma inglés (Portal eFloras.org; Revista PhytoKeys), lo que representa una barrera para la comprensión de un tema por sí mismo complejo.

El hecho de que la clave dicotómica, producida en este estudio, sea relativamente accesible para público no especialista, no degrada su calidad para el público especialista. Esta clave constituye el instrumento más actualizado y exhaustivo disponible para la identificación de helechos en Guatemala, y pretende reemplazar y superar la función de la Flora Mesoamericana (Moran & Riba, 1995), con alrededor de 25 años de antigüedad, en su objetivo de permitir la identificación de géneros de helechos.

A diferencia de la mayoría de claves taxonómicas, que no siempre son evaluadas en su rendimiento (Van Sinh, Wiemers, & Settele, 2017), esta clave incluyó revisión de su texto y evaluación de características cuantitativas al momento de identificar especímenes. Existen otros intentos por evaluar el rendimiento de claves dicotómicas, como el de Lovanov (2015) y el de Schmidt, Giurgiu, Hetzner, y Neuman (2010), que basan el rendimiento en el número de pasos promedio para identificar especímenes, el número de pasos totales para identificar todas especies incluidas y el número de aciertos y desaciertos de los miembros del grupo de usuarios. Debido a la extensión de la clave probada en este estudio, que es mayor en relación a las

claves evaluadas por otros autores, las medidas utilizadas fueron el número de pasos necesarios para identificar los especímenes de prueba y la cantidad de aciertos y desaciertos (Figura 2). Por otra parte, este estudio sugiere considerar un atributo adicional en la formulación de la evaluación de claves dicotómicas, como lo es el reconocimiento de aquellas especies o categorías taxonómicas más frecuentemente recolectadas en la naturaleza (Tabla 1 y Figura 1).

La inclusión de estudiantes entusiastas poco especializados, que constituyen parte del grupo de usuarios finales de las claves dicotómicas (Walter & Winterton, 2007), permitió descubrir algunas imprecisiones de la taxonomía de helechos. La más importante podría ser sobre la morfología del género *Polypodium*, en una sinapomorfía propuesta por Moran y Riba (1995) como la más importante para distinguir este género de *Pecluma*, el cual con frecuencia ha sido confundido incluso por botánicos especialistas. La característica del raquis, surcado adaxialmente en *Polypodium*, solamente puede observarse en especímenes secos o marchitos, no en plantas vivas, en las cuáles el raquis es redondeado adaxialmente, como en *Pecluma*. Esta observación es curiosa y coherente con la práctica botánica de herbario, entorno en que se construyen los instrumentos de identificación taxonómica, y que cuenta ya solamente con especímenes secados.

La participación de estudiantes, como autores no especializados, libres del sesgo del ego del taxónomo (p.e. el primer autor) permitió poner a prueba la clave con especímenes atípicos en sus propios géneros. Variaciones en el grado de división de la lámina, y más comúnmente, en el grado de desarrollo de la planta, podrían llevar a identificaciones erróneas. La identificación de las coplas más problemáticas, de los géneros más variables y de los géneros menos característicos (semejante a lo evaluado en un análisis de varianza, variación entre los grupos y dentro de los grupos), permitió elaborar una clave a prueba de especímenes atípicos y de especies poco usuales dentro de su género. En ese sentido, la segunda versión de la clave de géneros para helechos de Guatemala recuerda el trabajo de Thonner (1917), por ser analítica, relativamente extensa (17 pasos en promedio), pero diseñada para ser casi infalible.

La evaluación del rendimiento de instrumentos taxonómicos es importante, ya que orienta la investigación hacia el descubrimiento y reconocimiento de características diagnósticas, necesarias para la identificación entre los grupos más variables, además del uso de nuevas tecnologías (Walter & Winterton, 2007). Específicamente en esta experiencia, las coplas identificadas por ser las más reincidentes en los desaciertos, por parte del grupo de estudiantes, fueron enriquecidas con mayor cantidad de características diagnósticas, y la calidad de estas fue mejorada, para que fueran totalmente excluyentes en casi todos los casos.

La identificación de los géneros más frecuentemente encontrados (Tabla 1), podrá ser utilizada para producir una clave dicotómica depurada, que sirva para identificar la mayor cantidad de géneros posibles, con la menor cantidad de pasos requeridos. Los autores pretenden publicar una aplicación móvil para la identificación de helechos de Guatemala utilizando esta lista reducida de géneros.

El trabajo colaborativo, utilizando tecnologías de la información y la comunicación, permitió desarrollar esta experiencia en poco tiempo, relativamente. Este, se sugiere, debe ser el uso adecuado de estas tecnologías, no el de relegar a las inteligencias artificiales la identificación taxonómica, ya que tomará varias décadas llegar al momento en que una máquina supere al botánico especialista (Wäldchen, Rzanny, Seeland, & Mäder, 2018). La experiencia adquirida por los estudiantes, además de aumentar su capacidad para observar, les permitió formar pensamiento crítico respecto a la manera en que se desarrolla el quehacer de la taxonomía, y los indujo a superar la falacia del conocimiento emanado de la autoridad.

Se cuenta con una clave dicotómica actualizada para la identificación de los géneros de helechos en Guatemala. Esta clave ha sido probada por estudiantes nacionales y extranjeros, y se encuentra en constante depuración y mejora para facilitar la identificación por usuarios no especializados. Aunque es una clave dicotómica extensa, ha sido diseñada para identificar especímenes atípicos, por lo que es casi infalible.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Isabel Velásquez y Andrea Cabarrús por haber colaborado en el proceso de revisión de la primera versión de la clave dicotómica. También se agradece a los revisores anónimos, profesores y estudiantes, nacionales y extranjeros, que han contribuido con la revisión de la segunda versión de la clave dicotómica.

Referencias

Cantino, P. D., Doyle, J. A., Graham, S. W., Judd, W. S., Olmstead, R. G., Soltis, D. E., ... & Donoghue, M. J. (2007). Towards a phylogenetic nomenclature of Tracheophyta. *Taxon*, *56*(3), 1E-44E. https://doi.org/10.2307/25065864

De Gasper, A. L., Dittrich, V. A., Smith, A. R., & Salino, A. (2016). A classification for Blechnaceae (Polypodiales: Polypodiopsida): New genera, resurrected names, and combinations. *Phytotaxa*, *275*(3), 191-227. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.275.3.1

Ebihara, A., Dubuisson, J. Y., Iwatsuki, K., Hennequin, S., Ito, M. (2006). A taxonomic revision of Hymenophyllaceae. *Blumea-Biodiversity*, *Evolution and Biogeography of Plants*, *51*(2), 221-280. https://doi.org/10.3767/000651906X622210

Grusz, A. L., & Windham, M. D. (2013). Toward a monophyletic Cheilanthes: The resurrection and recircumscription of *Myriopteris* (Pteridaceae). *PhytoKeys* (32), 49. https://doi.org/10.3897/phytokeys.32.6733

He, L. J. & Zhang, X. C. (2012). Exploring generic delimitation within the fern family Thelypteridaceae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *65*(2), 757-764. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.07.021

Hirai, R. Y., Rouhan, G., Labiak, P. H., Ranker, T. A., & Prado, J. (2011). Moranopteris: A new Neotropical genus of grammitid ferns (Polypodiaceae) segregated from Asian Micropolypodium. *Taxon*, *60*(4), 1123-1137. https://doi.org/10.1002/tax.604015

Jiménez, J. (2012a). Los helechos (Monilophyta: Psilotopsida, Equisetopsida, Marattiopsida y Polypodiopsida) de Guatemala. En: Cano, E. & Schuster, J. (eds.) *Biodiversidad de Guatemala*, Vol. 2. (pp.9-16) Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Jiménez, J. (2012b). *Bolbitis moranii* (Dryopteridaceae), a new species from southern Guatemala. *Brittonia*, *64*(2), 149-152. https://doi.org/10.1007/s12228-011-9222-0

Kenrick, P. & Crane, P. R. (1997). *The origin and early diversification of land plants – A cladistic study*. Washington: Smithsonian Institution Press.

Kessler, M., Moguel, A. L, Sundue, M., & Labiak, P. (2011). *Alansmia*, a new genus of grammitid ferns (Polypodiaceae) segregated from *Terpsichore*. *Brittonia*, *63*(2), 233-244. https://doi.org/10.1007/s12228-010-9156-y

Labiak, P. H., Rouhan, G., & Sundue, M. (2010). Phylogeny and taxonomy of Leucotrichum (Polypodiaceae): a new genus of grammitid ferns from the Neotropics. *Taxon*, *59*(3), 911-921. https://doi.org/10.1002/tax.593019

Labiak, P. H. (2011). Stenogrammitis, a new genus of grammitid ferns segregated from Lellingeria (Polypodiaceae). *Brittonia*, *63*(1), 139-149. https://doi.org/10.1007/s12228-010-9148-y

Labiak, P. H. (2012). A new species and a new hybrid in the grammitid fern genus Stenogrammitis (Polypodiaceae). *American Fern Journal*, *102*(2), 161-166. https://doi.org/10.1640/0002-8444-102.2.161

Linnaeus, C. (1753). *Species plantarum*. Recuperado de https://www.biodiversitylibrary.org/item/84235#page/5/mode/1up

Lobanov, A. L. (2015). The diagnostic value of qualitative and quantitative characters in computer identification keys. *Entomological Review*, *95*(2), 285-288. https://doi.org/10.1134/S0013873815020128

Moran, R. C., & Riba, R. (1995). *Psilotaceae a Salviniaceae*. *Flora mesoamericana*, *1*. México DF.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Ppg I (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, *54*(6), 563-603. https://doi.org/10.1111/jse.12229

Salino, A., Almeida, T. E., & Smith, A. R. (2015). New combinations in Neotropical Thelypteridaceae. *PhytoKeys*, (57), 11-50. https://doi.org/10.3897/phytokeys.57.5641

Schmidt, G., Giurgiu, M., Hetzner, S., & Neuman, F. (2010). Improvement of identification keys by user-tracking. En: Nimis, P. L., Vignes Lebbe, R. (Eds). *Tools for identifying biodiversity: Progress and Problems*, (pp.137-143). Trieste, Italy: EUT - Edizioni Università di Trieste.

Schuettpelz, E., Chen, C., Kessler, M., Pinson, J. B., Johnson, G., Davila, A., Cochran, A. T., Huiet, L., & Pryer, K. M. (2016). A revised generic classification of vittarioid ferns (Pteridaceae) based on molecular, micromorphological, and geographic data. *Taxon*, *65*(4), 708-722. https://doi.org/10.12705/654.2

Smith, A. R., Kreier, H., Haufler, C. H., Ranker, T. A. & Schneider, H. (2006). Serpocaulon (Polypodiaceae), a new genus segregated from Polypodiaceae. *Taxon*, *55*(4), 919-930. https://doi.org/10.2307/25065686

Smith, A. R. & Tejero, J. D. (2014). Pleopeltis (Polypodiaceae), a redefinition of the genus and nomenclatural novelties. *Botanical Sciences*, *92*(1), 43-58. https://doi.org/10.17129/botsci.29

Stolze, R.G. (1976a). Ferns and fern allies of Guatemala, Part I, Ophioglossaceae through Cyatheaceae. *Fieldiana Botany39*, 1-130. https://doi.org/10.5962/bhl.title.2453

Stolze, R. G. (1981b). Ferns and fern allies of Guatemala, Part II, Polypodiaceae. *Fieldiana Botany New series6*, 1-522. https://doi.org/10.5962/bhl.title.2541

Stolze, R. G. (1983c). Ferns and fern allies of Guatemala, Part III, Marsileaceae, Salviniaceae, and the fern allies. *Fieldiana Botany New Series12*, 1-91. https://doi.org/10.5962/bhl.title.5639

Sundue, M. (2010). A monograph of Ascogrammitis, a new genus of grammitid ferns (Polypodiaceae). *Brittonia*, *62*(4), 357-399. https://doi.org/10.1007/s12228-009-9108-6

Sundue, M. A., Labiak, P. H., Mostacero, J., & Smith, A. R. (2012). *Galactodenia*, a new genus of grammitid ferns segregated from *Terpsichore* (Polypodiaceae). *Systematic Botany*, *37*(2), 339-346. https://doi.org/10.1600/036364412X635395

Sundue, M. A. (2014). Mycopteris, a new neotropical genus of grammitid ferns (Polypodiaceae). *Brittonia*, *66*(2), 174-185. https://doi.org/10.1007/s12228-013-9322-0

Team, R. C. (2013). R: A language and environment for statistical computing. Recuperado de https://www.R-project.org/.

Thonner, F. (1917). *Anleitung zun Bestimmen der Familien der Blütenpflanzen*. 2a. ed. Berlín: Friedländer.

Van Sinh, N., Wiemers, M., & Settele, J. (2017). Proposal for an index to evaluate dichotomous keys. ZooKeys, 685, 83-89. https://doi.org/10.3897/zookeys.685.13625

Wäldchen, J., Rzanny, M., Seeland, M., & Mäder, P. (2018). Automated plant species identification – Trends and future directions. *PLOS Computational Biology*, *14*(4), e1005993. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005993

Walter, D. E. & Winterton, S. (2007). Keys and the crisis in Taxonomy: Extinction or Reinvention?. *Annual Review of Entomology*, *52*, 193-208. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151054

Copyright (c) 2019 Jorge Jiménez Barrios, Zurisadai [illegible]z, Luis Salazar López, Alicia Eufragio Blanco y Bianka

Este texto está protegido por una licencia *CreativeCommons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, , incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Resumen delicencia - *Textocompletodelalicencia*