

Distribución de especies de la familia Lentibulariaceae en el territorio colombiano: una revisión preliminar

Abraham David Guerra Ospino

CC. 1192788430

Código estudiantil: 201812294202

Correo: abraham.guerra@unisimon.edu.co

Trabajo de Investigación del Programa MICROBIOLOGIA

Tutor:

Yani Aranguren

Cotutor:

Elwi Machado

Las características biogeográficas de Colombia permiten la existencia de una amplia diversidad de plantas. Las plantas carnívoras siempre han sido un grupo de plantas que han generado gran fascinación por los investigadores y el público en general, estas son un grupo diverso y polifilético de plantas, que se caracterizan por presentar adaptaciones que les permiten atraer y capturar a sus presas, tales como bacterias, protozoarios, crustáceos, insectos, algas. La familia Lentibulariaceae es un grupo de plantas carnívoras conformada por los géneros *Pinguicula*, *Genlisea* y *Utricularia*, que se originó probablemente hace 42 millones de años y contiene aproximadamente 360 especies. Estudios moleculares, basados en reconstrucción en secuencias de ADN cloroplástico (gen matK, intron trnK), posicionan al género *Utricularia* como hermano del clado *Genlisea-Utricularia*. Estos géneros contienen especies de plantas herbáceas, y usan diferentes estrategias para capturar su presa. Las especies de *Utricularia* forman vejigas de succión, mientras que las especies de *Genlisea* tienen trampas subterráneas de anguila (olla de langosta) para atrapar pequeños invertebrados de agua/suelo. Por otra parte, las especies del género *Pinguicula* presentan una roseta basal de hojas que han sido ligeramente modificadas para atrapar pequeños invertebrados. Sin embargo, en el territorio colombiano son muy pocos los estudios relacionados a esta la familia de plantas carnívoras. Además, usualmente se realizan estudios con un enfoque únicamente morfológico para la identificación en esta familia, que puede ocasionar una caracterización errónea, por lo tanto, es necesaria la implementación de métodos moleculares complementarios a los métodos tradicionales. El uso de marcadores moleculares es una alternativa viable para llevar a cabo la identificación y caracterización de especies de los géneros que componen la familia Lentibulariaceae. A través de

una búsqueda sistemática de información se realizó una lista de las especies de la familia Lentibulariaceae registradas en Colombia y se construyó un mapa de distribución de las especies. Adicionalmente, haciendo uso de la información encontrada en la base de datos NCBI, se seleccionó el gen rps16 correspondiente a las especies registradas en la base de datos de la familia. Hasta el momento 36 especies de las 360 especies de la familia Lentibulariaceae, han sido registradas en Colombia. En 28 departamentos del territorio colombiano se han registrado especies de esta familia, con una abundancia significativa en los departamentos de Vichada, Vaupés y Guainía. Finalmente, la información existente en las bases de datos revisadas respecto a la familia Lentibulariaceae es muy escasa, por lo que es necesario realizar más exploración y estudios conocer a profundidad la diversidad y evolución de las especies de la familia en el territorio colombiano.

Objetivo:

- Determinar las especies de la familia Lentibulariaceae registradas en Colombia y analizar su distribución en el territorio colombiano

Materiales y Métodos:

Teniendo en cuenta la población de estudio, correspondiente a la familia Lentibulariaceae (*Utricularia*, *Genlisea*, *Pinguicula*), se utilizaron bases de datos PUBMED, GenBank, Google Académico y el catálogo de plantas carnívoras, para la recolección de datos correspondiente a las especies de la familia registradas en Colombia. La búsqueda incluye datos como nombre de la especie, origen, descripción, hábitos, regiones biogeográficas rango altitudinal y departamento donde se distribuyen. Esta información se organizará en una tabla con las especificaciones previamente mencionadas, haciendo uso del programa Excel v2010. Por otra parte, utilizando el GenBank del NCBI (National Center for Biotechnology Information) se obtuvieron las secuencias correspondientes a cada especie registrada en Colombia de la familia Lentibulariaceae, con el fin de hacer un análisis filogenético. Teniendo en cuenta la información recolectada mediante las bases de datos se realizará un mapa de distribución de las especies de la familia Lentibulariaceae registradas en Colombia, haciendo uso del programa Adobe Illustrator, considerando el género y la región donde se encuentra distribuidas en el territorio colombiano. Las secuencias encontradas en la búsqueda de datos del GenBank de NCBI fueron analizadas utilizando el programa BioEdit, en el cual se hará una edición básica de las secuencias para que la construcción del árbol filogenético. Posteriormente, utilizando el programa MEGA X se realizó un análisis de las relaciones filogenéticas mediante el método de Máxima Verosimilitud con un Bootstrap de 100 réplicas, haciendo uso de la secuencia seleccionada (rps16).

Resultados:

En total 38 especies han sido registradas las cuales están distribuidas en 28 departamentos del territorio colombiano; Amazonas, Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Guainía, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Risaralda, Santander, Tolima, Valle, Vaupés, Vichada. De estos departamentos podemos destacar la diversidad presente en los departamentos de Vichada, Vaupés y Guainía (Figura 1). Esta comparación está dada entre los tres géneros pertenecientes a la familia de estudio. Si bien es cierto, en algunos departamentos no existen registros hasta el momento, esto no es indicativo de que haya presencia en ellos. Esta carencia de registros se debe principalmente debido a la falta de estudios relacionados a las especies de esta familia.

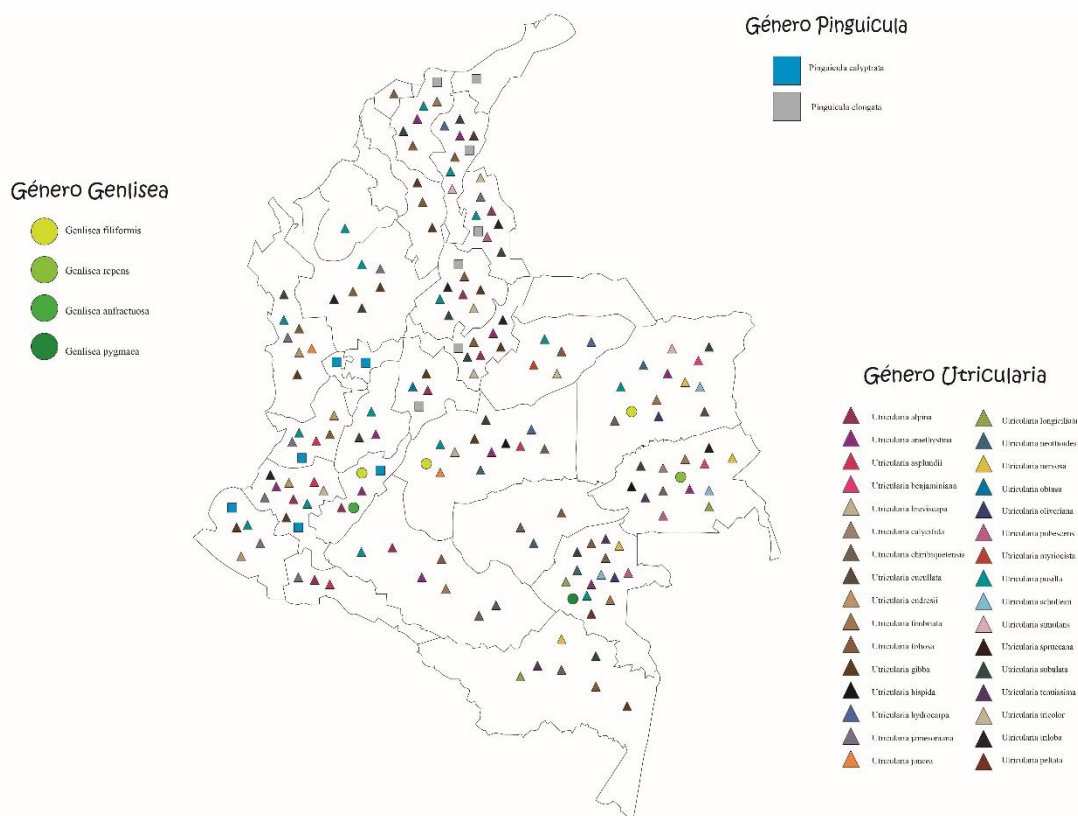


Figura 1. Mapa de distribución de las especies de la familia Lentibulariaceae en el territorio colombiano

En total 32 especies del género *Utricularia*, 4 especies del género *Genlisea*, y 3 especies del género *Pinguicula*, han sido registradas en Colombia (Figura 2). Dentro de las cuales, las especies *Utricularia foliosa*, *Utricularia subulata* y *Utricularia pusilla* están presentes en 14, 14 y 16 departamentos, respectivamente.

Tabla 1. Especies de la familia Lentibulariaceae presente en Colombia

Genero <i>Genlisea</i>	Genero <i>Pinguicula</i>
<i>Genlisea filiformis</i>	<i>Pinguicula antarctica</i>
<i>Genlisea repens</i>	<i>Pinguicula calyptrata</i>
<i>Genlisea anfractuosa</i>	<i>Pinguicula elongata</i>
<i>Genlisea pygmaea</i>	
Genero <i>Utricularia</i>	
<i>Utricularia alpina</i>	<i>Utricularia hispida</i>
<i>Utricularia amethystina</i>	<i>Utricularia hydrocarpa</i>
<i>Utricularia asplundii</i>	<i>Utricularia jamesoniana</i>
<i>Utricularia benjaminiana</i>	<i>Utricularia juncea</i>
<i>Utricularia breviscapa</i>	<i>Utricularia longiciliata</i>
<i>Utricularia calycifida</i>	<i>Utricularia neottioides</i>
<i>Utricularia chiribiquetensis</i>	<i>Utricularia nervosa</i>
<i>Utricularia cucullata</i>	<i>Utricularia obtusa</i>
<i>Utricularia endresii</i>	<i>Utricularia oliveriana</i>
<i>Utricularia fimbriata</i>	<i>Utricularia pubescens</i>
<i>Utricularia foliosa</i>	<i>Utricularia myriocista</i>
<i>Utricularia gibba</i>	<i>Utricularia pusilla</i>
<i>Utricularia schultesii</i>	<i>Utricularia simulans</i>
<i>Utricularia spruceana</i>	<i>Utricularia subulata</i>

<i>Utricularia tenuissima</i>	<i>Utricularia tricolor</i>
<i>Utricularia triloba</i>	<i>Utricularia peltata</i>



Figura 2. Análisis filogenético mediante el método de Máxima Verosimilitud. La historia evolutiva se infirió utilizando el método de máxima verosimilitud basado en el modelo general reversible en el tiempo (Nei y Kumar 2000).

En total 232 secuencias correspondiente al gen rps16 de las especies, y pertinentes a los géneros *Utricularia*, *Genlisea* y *Pinguicula*, fueron encontradas. A

través de las cuales se infirió la historia evolutiva utilizando el método de máxima verosimilitud, basado en el modelo general reversible en el tiempo.

Conclusiones:

El mayor número de especies de la familia Lentibulariaceae corresponde al género *Utricularia*. En total en 28 departamentos del territorio colombiano han sido registradas con especies de la familia Lentibulariaceae, con una abundancia significativa en los departamentos de Vichada, Vaupés y Guainía. La información existente en las bases de datos revisadas respecto a la familia Lentibulariaceae es muy escasa y generalizada. En la mayoría de los casos se hablan de especies que no han sido hasta el momento registradas en el país. Si bien es cierto, en este estudio en algunos departamentos no existen registros hasta el momento, esto no es indicativo de que haya presencia en ellos. Esto está dado debido la falta de estudios relacionados a la familia Lentibulariaceae en Colombia. Entender las relaciones filogenéticas de las especies registradas en este estudio junto a las especies cercanas, es importante ya que nos permitiría determinar las posibles especies presentes en el territorio colombiano. Por ende, poder expandir el conocimiento de las biogeográfico y evolutivo de estas especies en Colombia.

Palabras clave: Plantas carnívoras, *Utricularia*, *Genlisea*, *Pinguicula*.

In Colombia, very few studies related to the Lentibulariaceae family have been carried out, mainly due to the lack of interest and information related to these genera. Since there is robust molecular information on the phylogeny of Lentibulariaceae in the literature, and resorting only to the morphological approach for identification in this family can lead to erroneous characterization, it is necessary to implement alternative and complementary methods to traditional methods. The use of molecular markers is a viable alternative to carry out an identification and characterization of species of the genus *Pinguicula*, *Genlisea* and *Utricularia*, which make up the Lentibulariaceae family. Through this work, the species of the Lentibulariaceae family registered in Colombia will be determined and an analysis of their distribution in the Colombian territory will be made. A species distribution map was made. So far 36 species of the 360 species of the Lentibulariaceae family have been registered in Colombia. In total, in 28 departments of the Colombian territory, species of this family have been registered, with a significant abundance in the departments of Vichada, Vaupés and Guainía. The information in the databases reviewed regarding the Lentibulariaceae family in the country is very scarce, therefore, more studies are necessary for the correct characterization of the species of the family in the Colombian territory.

Objective:

- Determine the species of the Lentibulariaceae family registered in Colombia and analyze their distribution in the Colombian territory

Materials and Methods:

Taking into account the study population, corresponding to the Lentibulariaceae family (*Utricularia*, *Genlisea*, *Pinguicula*), PUBMED, GenBank, Google Academic databases and the catalog of carnivorous plants were used to collect data corresponding to the species of the family registered in Colombia. The search includes data such as species name, origin, description, habits, biogeographic regions, altitude range and department where they are distributed. This information will be organized in a table with the previously mentioned specifications, using the Excel v2010 program. On the other hand, using the GenBank of the NCBI (National Center for Biotechnology Information), the sequences corresponding to each species registered in Colombia of the Lentibulariaceae family were obtained, in order to perform a phylogenetic analysis. Taking into account the information collected through the databases, a distribution map of the species of the Lentibulariaceae family registered in Colombia will be made, using the Adobe Illustrator program, considering the genus and the region where it is distributed in the Colombian territory. The sequences found in the NCBI GenBank data search were analyzed using the BioEdit program, in which a basic editing of the sequences will be made for the construction of the phylogenetic tree. Subsequently, using the MEGA X program, an analysis of the phylogenetic relationships was carried out using the Maximum Likelihood method with a Bootstrap of 100 bootstraps, making use of the selected sequence (rps16).

Results:

In total 38 species have been registered which are distributed in 28 departments of the Colombian territory; Amazonas, Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Guainía, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Risaralda, Santander, Tolima, Valle, Vaupés, Vichada. Of these departments, we can highlight the diversity present in the departments of Vichada, Vaupés and Guainía (Figure 1). This comparison is given between the three genders belonging to the study family. Although it is true, in some departments there are no records so far, this is not an indication that there is a presence in them. This lack of records is mainly due to the lack of studies related to the species of this family.

Figure 1. Distribution map of the species of the Lentibulariaceae family in the Colombian territory

In total 32 species of the genus *Utricularia*, 4 species of the genus *Genlisea*, and 3 species of the genus *Pinguicula*, have been recorded in Colombia (Figure 2). Among which, the species *Utricularia foliosa*, *Utricularia subulata* and *Utricularia pusilla* are present in 14, 14 and 16 departments, respectively.

Table 1. Species of the Lentibulariaceae family present in Colombia

Genero <i>Genlisea</i>	Genero <i>Pinguicula</i>
<i>Genlisea filiformis</i>	<i>Pinguicula antarctica</i>
<i>Genlisea repens</i>	<i>Pinguicula calyptrata</i>
<i>Genlisea anfractuosa</i>	<i>Pinguicula elongata</i>
<i>Genlisea pygmaea</i>	
Genero <i>Utricularia</i>	
<i>Utricularia alpina</i>	<i>Utricularia hispida</i>
<i>Utricularia amethystina</i>	<i>Utricularia hydrocarpa</i>
<i>Utricularia asplundii</i>	<i>Utricularia jamesoniana</i>
<i>Utricularia benjaminiana</i>	<i>Utricularia juncea</i>
<i>Utricularia breviscapa</i>	<i>Utricularia longiciliata</i>
<i>Utricularia calycifida</i>	<i>Utricularia neottioides</i>
<i>Utricularia chiribiquetensis</i>	<i>Utricularia nervosa</i>
<i>Utricularia cucullata</i>	<i>Utricularia obtusa</i>
<i>Utricularia endresii</i>	<i>Utricularia oliveriana</i>
<i>Utricularia fimbriata</i>	<i>Utricularia pubescens</i>
<i>Utricularia foliosa</i>	<i>Utricularia myriocista</i>
<i>Utricularia gibba</i>	<i>Utricularia pusilla</i>
<i>Utricularia schultesii</i>	<i>Utricularia simulans</i>
<i>Utricularia spruceana</i>	<i>Utricularia subulata</i>
<i>Utricularia tenuissima</i>	<i>Utricularia tricolor</i>
<i>Utricularia triloba</i>	<i>Utricularia peltata</i>

Figure 2. Phylogenetic analysis using the Maximum Likelihood method. The evolutionary history was inferred using the maximum likelihood method based on the time reversible general model (Nei and Kumar 2000).

A total of 232 sequences corresponding to the *rps16* gene of the species, and pertinent to the genera *Utricularia*, *Genlisea* and *Pinguicula*, were found. Through which the evolutionary history was inferred using the maximum likelihood method, based on the general model reversible in time.

Conclusions:

The largest number of species in the Lentibulariaceae family corresponds to the genus *Utricularia*. In total, in 28 departments of the Colombian territory they have been registered with species of the Lentibulariaceae family, with a significant abundance in the departments of Vichada, Vaupés and Guainía. The information in the databases reviewed regarding the Lentibulariaceae family is very scarce and generalized. In most cases they speak of species that have not been registered in the country so far. Although it is true, in this study in some departments there are no records so far, this is not indicative of a presence in them. This is due to the lack of studies related to the Lentibulariaceae family in Colombia. Understanding the phylogenetic relationships of the species registered in this study together with the nearby species is important since it would allow us to determine the possible species present in the Colombian territory. Therefore, to expand the knowledge of the biogeography and evolution of these species in Colombia.

KeyWords:

Carnivorous plants, *Utricularia*, *Genlisea*, *Pinguicula*.

REFERENCIAS

1. Achno, B. A. J. A. N. P., & Owski, K. O. W. O. (2008). ALGAE COMMENSAL COMMUNITY IN GENLISEA TRAPS. 77(1), 77–86.
2. Adlassnig, W., Peroutka, M., Lambers, H., & Lichtscheidl, I. K. (2005). The Roots of Carnivorous Plants. *Plant and Soil*, 274(1–2), 127–140. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-2754-2>
3. Alcalá, R. E., & Domínguez, C. A. (2017). Biología de las plantas carnívoras: aspectos ecológicos y evolutivos. *Botanical Sciences*, 69(60), 59. <https://doi.org/10.17129/botsci.1519>
4. Álvaro Azofeifa-Delgado. (2006). REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA USO DE MARCADORES MOLECULARES EN PLANTAS; APLICACIONES EN FRUTALES DEL TRÓPICO 1. 17(2).
5. Biology, G., & Access, E. A. (2015). Genome-wide analysis of adaptive molecular evolution in the carnivorous plant. <https://doi.org/10.1093/gbe/evu288>

6. Caravieri, F. A., Ferreira, A. J., Ferreira, A., Clivati, D., de Miranda, V. F. O., & Araújo, W. L. (2014). Bacterial community associated with traps of the carnivorous plants *Utricularia hydrocarpa* and *Genlisea filiformis*. *Aquatic Botany*, 116, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2013.12.008>
7. Cook, C. D. K., & Taylor, P. (1991). The Genus *Utricularia*: A Taxonomic Monograph. *Kew Bulletin Additional Series XIV*. *Kew Bulletin*, 46(1), 183. <https://doi.org/10.2307/4110760>
8. Crespo, M. B., Martínez-azorín, M., Alonso-vargas, M. Á., Crespo, M. B., & Martínez-azorín, M. (2018). all Aspects of Plant Biology Morphological and molecular data support recognition of a new rupicolous species of *Pinguicula* (*Lentibulariaceae*) from the Iberian Peninsula of *Pinguicula* (*Lentibulariaceae*) from the Iberian Peninsula. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 3504(May), 1–11. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1461702>
9. Darwin C. 1875. *Insectivorous Plants*. John Murray, London.
10. Díaz, Y. C. A., Varani, A. M., Michael, T. P., & Miranda, V. F. O. (2017). Development of microsatellite markers for the carnivorous plant *Genlisea aurea* (*Lentibulariaceae*) using genomics data of NGS. *Molecular Biology Reports*, 0(0), 0. <https://doi.org/10.1007/s11033-017-4140-1>
11. Ellison, A. M., & Gotelli, N. J. (2009). Energetics and the evolution of carnivorous plants - Darwin's "most wonderful plants in the world." In *Journal of Experimental Botany* (Vol. 60, Issue 1). <https://doi.org/10.1093/jxb/ern179>
12. Em, G., Malpighia, A., Fernanda, M., Salla, S., Ruas, C. D. E. F., Maurício, P., & Valéria, R. E. (2002). USO DE MARCADORES MOLECULARES NA ANÁLISE DA VARIABILIDADE. 1, 15–22.
13. Fernández-Pérez, A. (1964). PLANTAS INSECTIVORAS, I: LENTIBULARIACEAS DE COLOMBIA Y PERU. *Caldasia*, 9(41), 5–79, 81–84.
14. Greilhuber, J., Borsch, T., Müller, K., Worberg, A., Porembski, S., & Barthlott, W. (2006). Smallest angiosperm genomes found in *Lentibulariaceae*, with chromosomes of bacterial size. *Plant Biology*, 8(6), 770–777. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924101>
15. Hatcher, C. R., Ryves, D. B., & Millett, J. (2020). The function of secondary metabolites in plant carnivory. *Annals of Botany*, 125(3), 399–411. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz191>
16. Hrdina, A., & Romportl, D. (2017). Evaluating Global Biodiversity Hotspots-Very Rich and even More Endangered. *Journal of Landscape Ecology*(Czech Republic), 10(1), 108–115. <https://doi.org/10.1515/jlecol-2017-0013>

17. Idrees, M., & Irshad, M. (2015). Molecular Markers in Plants for Analysis of Genetic Diversity: A Review Molecular Markers in Plants for Analysis of Genetic Diversity: A Review. March.
18. Ignal, A. V., & Ilan, D. M. (2002). A review on SNP and other types of molecular markers and their use in animal genetics. 34, 275–305. <https://doi.org/10.1051/gse>
19. Lloyd, F. E. (1976). The Carnivorous Plants.
20. Lustofin, K., Świątek, P., Miranda, V. F. O., & Płachno, B. J. (2020). Flower nectar trichome structure of carnivorous plants from the genus butterworts *Pinguicula* L. (Lentibulariaceae). *Protoplasma*, 257(1), 245–259. <https://doi.org/10.1007/s00709-019-01433-8>
21. Marris, E. (2010). Conservation: Biodiversity as a bonus prize. *Nature*, 468(7326), 895. <https://doi.org/10.1038/468895a>
22. Matías, E., Guzmán, M., & Inguicula, P. L. (2005). Embriología de las estructuras reproductoras masculinas del género *Pinguicula* L. (Lentibulariaceae).
23. McPherson, S. (2010). Carnivorous Plants and Their Habitats: Volume One.
24. Müller, K., Borsch, T., Legendre, L., Porembski, S., Theisen, I., & Barthlott, W. (2004). Evolution of carnivory in lentibulariaceae and the lamiales. *Plant Biology*, 6(4), 477–490. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817909>
25. Orsch, T. H. B., Arthlott, W. I. B., Teiger, J. U. S., Archant, A. D. A. M. M., & Egendre, L. A. L. (2005). Phylogenetic analysis of *Pinguicula* (Lentibulariaceae): chloroplast DNA sequences and morphology support several geographically distinct radiations. 92(10), 1723–1736.
26. Płachno, B. J., Adamec, L., Lichtscheidl, I. K., Peroutka, M., Adlassnig, W., & Vrba, J. (2006). Fluorescence Labelling of Phosphatase Activity in Digestive Glands of Carnivorous Plants. *Plant Biology*, 8(6), 813–820. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924177>
27. Płachno, Bartosz J., Łukaszek, M., Wołowski, K., Adamec, L., & Stolarczyk, P. (2012). Aging of *Utricularia* traps and variability of microorganisms associated with that microhabitat. *Aquatic Botany*, 97(1), 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.11.003>
28. Płachno, Bartosz Jan, Koziaradzka-Kiszkurno, M., & Świątek, P. (2007). Functional ultrastructure of *Genlisea* (Lentibulariaceae) digestive hairs. *Annals of Botany*, 100(2), 195–203. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm109>
29. Profile, S. E. E. (2014). MOLECULAR CHARACTERIZATION OF SOME CLOSELY RELATED SPECIES OF *UTRICULARIA* L. USING INTER-SSR MARKERS. December 2003.
30. Silva, Saura R., Alvarenga, D. O., Aranguren, Y., Penha, H. A., Fernandes, C. C., Pinheiro, D. G., Oliveira, M. T., Michael, T. P., Miranda, V. F. O., &

- Varani, A. M. (2017). The mitochondrial genome of the terrestrial carnivorous plant *Utricularia reniformis* (Lentibulariaceae): Structure, comparative analysis and evolutionary landmarks. *PLoS ONE*, 12(7), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180484>
31. Silva, Saura R., Pinheiro, D. G., Penha, H. A., Płachno, B. J., Michael, T. P., Meer, E. J., Miranda, V. F. O., & Varani, A. M. (2019). Intraspecific variation within the *Utricularia amethystina* species morphotypes based on chloroplast genomes. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(24), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijms20246130>
32. Silva, Saura Rodrigues, Płachno, B. J., Medeiros Carvalho, S. G., & Oliveira Miranda, V. F. (2020). *Genlisea hawkingii* (Lentibulariaceae), a new species from Serra da Canastra, Minas Gerais, Brazil. *PLoS ONE*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226337>
33. Sirová, D., Borovec, J., Černá, B., Rejmánková, E., Adamec, L., & Vrba, J. (2009). Microbial community development in the traps of aquatic *Utricularia* species. *Aquatic Botany*, 90(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.07.007>
34. Vu, G. T. H. (2015). Metatranscriptome analysis reveals host-microbiome interactions in traps of carnivorous *Genlisea*. 6(July), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00526>
35. Young, J., Watt, A., Nowicki, P., Alard, D., Clitherow, J., Henle, K., Johnson, R., Laczko, E., McCracken, D., Matouch, S., Niemela, J., & Richards, C. (2005). Towards sustainable land use: Identifying and managing the conflicts between human activities and biodiversity conservation in Europe. *Biodiversity and Conservation*, 14(7), 1641–1661. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-0536-z>