



**Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L.,
Ciego de Ávila, Cuba**

**Chemical elements in the dry mass of *Pistia stratiotes* L.,
Ciego de Avila, Cuba**

Leslie Hernández Fernández¹

<https://orcid.org/0000-0002-1939-9790>

José Carlos Lorenzo Feijoo¹

<https://orcid.org/0000-0003-3610-1789>

Yanier Acosta Fernández¹

<https://orcid.org/0000-0001-7017-0556>

Julia Martínez Rodríguez¹

<https://orcid.org/0000-0002-2272-9789>

Roberto González de Zayas²

<https://orcid.org/0000-0001-8035-8624>

¹Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba

²Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas, Ciego de Ávila, Cuba

coraleslh@gmail.com lorenzojosecarlos68@gmail.com yacfdez@gmail.com
jmartinezzr40@gmail.com
roberto.gz710803@gmail.com

Recibido: 2025/02/11 **Aceptado:** 2025/06/10 **Publicado:** 2025/08/22

Resumen

Introducción: *Pistia stratiotes* L. es una planta acuática invasora. En Cuba, se emplea como planta ornamental. Sin embargo, en otras regiones, es usada para compostaje, pues mejora el crecimiento de los cultivos y permite obtener beneficios ambientales. **Objetivo:** determinar la concentración de elementos químicos en la masa seca de la planta acuática invasora *P. stratiotes* para avalar su posible uso como abono orgánico o sustrato mezclado, en cultivos de pequeñas extensiones. **Método:** para el análisis de la mayoría de los elementos químicos, tanto en el agua de la laguna Vista Alegre,

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>



como en la masa seca de *P. stratiotes*, se empleó espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente. Se determinó el factor de bioconcentración y de translocación. **Resultados:** los elementos de mayor concentración, en el agua de la laguna, fueron el Na, Ca, K. Los elementos de mayor valor de bioconcentración, en la masa seca de *P. stratiotes*, fueron en S, P y K. En las hojas de *P. stratiotes* los elementos de mayor concentración fueron $Ca > K > N$ y en las raíces; $N > Ca > Na$. La concentración de metales pesados, está por debajo de los límites máximos permisibles establecidos para abonos orgánicos y sustratos de cultivos. Los elementos con mayor factor de translocación fueron el B, Ca, K, Pb, Sr y Zn. **Conclusión:** *P. stratiotes* demostró potencial fitorremediador. La masa seca de *P. stratiotes*, procedente de la laguna Vista Alegre, contiene macronutrientes y micronutrientes, por lo que pudiera utilizarse como abono orgánico o sustrato mezclado para cultivos de pequeñas extensiones.

Palabras clave: abono orgánico; macronutrientes; metales pesados; micronutrientes; sustrato mezclado

Abstract

Introduction: *Pistia stratiotes* L. is an invasive aquatic plant. In Cuba, it is used like ornamental plant. However, it is used in other regions for composting, as it improves crop growth and provides environmental benefits. **Objective:** to determine the concentration of chemical elements in the dry mass of the invasive aquatic plant *P. stratiotes* to support its possible use as organic fertilizer or mixed substrate in small-scale crops. **Method:** for the analysis of most of the chemical elements, both in the water of the Vista Alegre lagoon and in the dry mass of *P. stratiotes*, inductively coupled plasma optical emission spectrometry was used. The bioconcentration and translocation factors were determined. **Results:** the elements with the highest concentration in the lagoon water were Na, Ca, K. The highest bioconcentration values in the dry mass of *P. stratiotes* were S, P and K. In the leaves of *P. stratiotes*, the elements with the highest concentration was: $Ca > K > N$ and in the roots; $N > Ca > Na$. The concentration of heavy metals is below the maximum permissible limits established for organic fertilizers and crop substrates. The elements with the highest translocation factor were B, Ca, K, Pb, Sr and Zn. **Conclusion:** *P. stratiotes* has demonstrated phytoremediation potential. The dry mass of *P.*

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>



stratiotes, from the Vista Alegre lagoon, contains macronutrients and micronutrients, so it can be used as organic fertilizer or mixed substrate for small-scale crops.

Keywords: heavy metals; macronutrients; micronutrients; mixed substrate; organic fertilizer

Introducción

Pistia stratiotes L. es una planta acuática invasora para Cuba (Oviedo y González, 2015) y en el mundo (Ružičková *et al.*, 2019). Es nativa de América Tropical, pero tiene una amplia distribución mundial (Henry Silva *et al.*, 2008). Pertenece a la familia Araceae y tiene una flotabilidad libre perenne. Presenta variaciones morfológicas altamente influenciadas por las condiciones ambientales donde se desarrolla y por la densidad de sus poblaciones (Yesmeen *et al.*, 2018).

Dentro de los efectos negativos que ocasiona *P. stratiotes* está la pérdida de la biodiversidad, alteración y modificación del hábitat, transformación de la calidad del agua, disminución de la superficie de aguas libres, bloqueo de canales e impide el paso de la luz al interior del estanque (Trisilawati *et al.*, 2020). A pesar de ello, también brinda beneficios como la oxigenación del agua, cuando no hay un crecimiento excesivo que cubra todo el espejo de agua, fija el dióxido de carbono (CO₂), recicla y absorbe nutrientes, regula los efectos de la temperatura, la luz y el transporte de sedimentos, y contribuye a mantener aguas transparentes, reduciendo la contaminación (Trisilawati *et al.*, 2020).

Para Cuba, se tienen pocas referencias sobre *P. stratiotes*. González (2009) expuso que es utilizada como ornamento en acuarios y fuentes. Hoy día, en Ciego de Ávila, *P. stratiotes* está identificada en lagunas artificiales de agua dulce (Hernández Fernández *et al.*, 2023). No se emplea con ningún fin, y si bien no afecta directamente al hombre, su proliferación excesiva en la laguna Vista Alegre sí debe afectar a la flora y fauna que habita en ella. También, incide negativamente sobre las aves acuáticas migratorias, las cuales hacían uso de la laguna cuando aún no estaba cubierta por *P. stratiotes* (observación personal).

Varios estudios demuestran que *P. stratiotes* se emplea como material base para el compostaje, pues mejora el crecimiento de los cultivos y permite obtener beneficio

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>

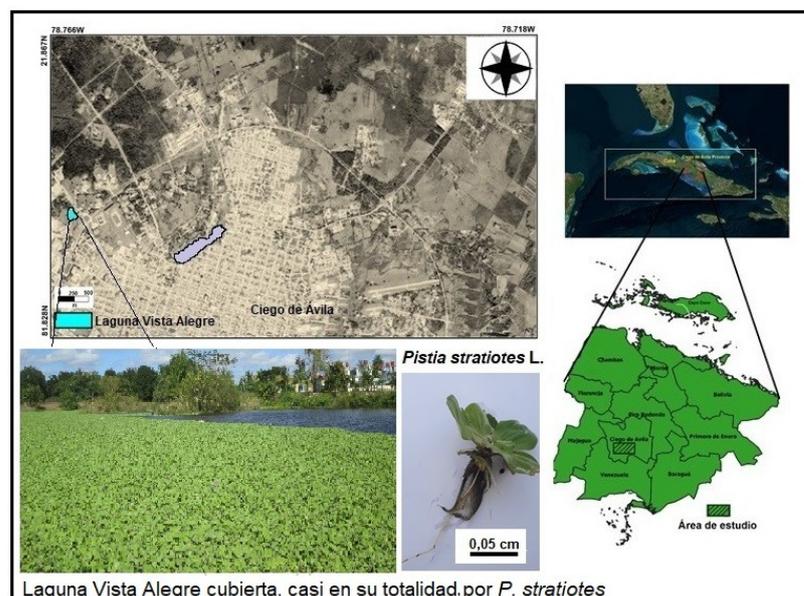
s ambientales (Rattanawong *et al.*, 2022; Lestari *et al.*, 2022; Dissanayaka *et al.*, 2023; Prabawardani *et al.*, 2024). No obstante, el empleo de su masa seca para producir abonos orgánicos, depende de su ciclo de crecimiento, de regulaciones locales, de la disponibilidad de tecnología para la obtención de la masa seca y de su composición química. Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, en este trabajo se propone como objetivo, determinar la concentración de elementos químicos en la masa seca de la planta acuática invasora *P. stratiotes* para avalar su posible uso como abono orgánico o su trato mezclado, en cultivos de pequeñas extensiones.

Materiales y Métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en el municipio de Ciego de Ávila, provincia de igual nombre. Localizada en la región central de Cuba, entre las provincias de Sancti Spíritus y Camagüey, como se observa en la figura 1.

Figura 1

Área de estudio. Laguna artificial de agua dulce Vista Alegre en Ciego de Ávila, Cuba, (21°51'9"N-78°46'39"W)



Características morfológicas de *P. stratiotes*. En la época poco lluviosa, específicamente en enero de 2022, se extrajeron 45 ejemplares de la planta acuática invasora *P. stratiotes* de la laguna artificial de agua dulce Vista Alegre, representada en la figura 1. Según Cabrera Sánchez (comunicación personal), se desconoce el origen de l



a laguna Vista Alegre. Se le llamó así por estar ubicada en el reparto Vista Alegre de la ciudad de Ciego de Ávila. A cada ejemplar de *P. stratiotes*, se le determinó el número de hijos. A la planta principal se le midió la raíz más larga (cm) (con una regla). Se contó el número de hojas. Se tomaron tres hojas, de mediana edad, y a cada una se le midió el largo (cm), desde la base del peciolo hasta el ápice. También, se le midió el ancho (cm), por el haz, de borde a borde, por el centro de la hoja (con una regla).

Determinación de la concentración de elementos químicos en la laguna de agua dulce Vista Alegre y factor de bioconcentración (FBC) en *P. stratiotes*.

En el agua de la laguna Vista Alegre se determinó la concentración de 25 elementos químicos (mg mL^{-1}) (Al, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sr, Tl, Zn). Para ello se tomaron cinco muestras de agua (1 L), a 1 m de profundidad. Se tomaron 2 mL de cada muestra y se le agregó 1,5 mL de ácido nítrico. Pasados 10 min, se le agregó 11,5 mL de agua ultrapura (en total 15 mL). Las soluciones se filtraron (tamaño de orificio $0,45 \mu\text{m}$) y se almacenaron en viales a 4°C antes del análisis final. Las muestras se analizaron mediante Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) (iCAP 6000 ICP Spectrometer, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA).

El factor de bioconcentración (FBC), es la relación entre la acumulación del elemento químico en el agua y en la biomasa de la planta (Ali *et al.*, 2013; Yadav *et al.*, 2018). El FBC de las plantas estudiadas se calculó usando como base su masa seca (MS) mediante la ecuación 1, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

*Ecuación para determinar el factor de bioconcentración (FBC) en *P. stratiotes**

$$BCF = \frac{C_{\text{planta}}}{C_{\text{agua}}} \quad (1)$$

Nota. Leyenda: FBC: factor de bioconcentración. C_{planta} : concentración del elemento químico en la planta (mg g^{-1}). C_{agua} : concentración del elemento químico en el agua de la laguna (mg mL^{-1}).

Determinación de la concentración de elementos químicos en hojas y raíces de *P. stratiotes* y factor de translocación (FT).

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>



Se determinó la concentración (mg g^{-1}) de 26 elementos químicos (Al, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sr, Tl, Zn) en muestras de MS (5 g), tanto de hojas, como de raíces de las plantas de *P. stratiotes*. Las muestras de material vegetal se midieron químicamente tres veces (total = nueve muestras). Se secaron ($60\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante) y luego se molieron hasta obtener un polvo fino (molinillo MM 400, *Retsch GmbH, Haan*). A excepción del N, se incineraron 100 mg del polvo molido durante 8 h en un horno de mufla a $480\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M104, *Thermo Fisher Scientific Corporation, Waltham, Massachusetts*).

Después de enfriar a temperatura ambiente, se añadieron a las muestras 1,5 mL de ácido nítrico acuoso al 66 % (v:v); pasado 10 min, se añadieron 13,5 mL de agua ultrapura. Luego, las soluciones se filtraron (tamaño de orificio $0,45\text{ }\mu\text{m}$) y se almacenaron en viales a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ antes del análisis final. Las muestras se analizaron mediante ICP-OES (iCAP 6000 ICP *Spectrometer, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA*). El nitrógeno (N) total se determinó, para las muestras de material vegetal, mediante la modificación con ácido salicílico-tiosulfato del método Kjeldahl e incluyó $\text{NO}_3\text{-N}$ y $\text{NO}_2\text{-N}$ (Dhaliwal *et al.*, 2014). Las muestras se digirieron en 6,5 mL de una mezcla de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido salicílico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$) durante 2 h para convertir el $\text{NO}_3\text{-N}$ en compuestos nitrosos. Luego se usó tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) para convertir nitroso en compuestos amino, después de lo cual la muestra se digirió a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ en presencia de una mezcla de catalizadores [sulfato de potasio (K_2SO_4) que contenía 1 % de selenio (Se)] durante 4 h. A continuación, la muestra digerida se destiló con solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 40 %, recogiendo el destilado en un recipiente que contenía 5 mL de solución indicadora de ácido bórico (H_3BO_3) (4 %). Las muestras se titularon frente a H_2SO_4 .

Se hace un análisis del Pb, Cu, Zn y Cd (mg g^{-1}), por estar identificados entre los metales pesados más peligrosos (Prieto Méndez *et al.*, 2009; Muthusaravanan *et al.*, 2018). Del Zn, Cu y Mn (mg g^{-1}), por ser micronutrientes, que en pequeñas cantidades, se emplea en funciones específicas por las plantas (Latimer, 2015). Se analizó la concentración de N, P, K, Ca, Mg y S (mg g^{-1}) como macronutrientes (Latimer, 2015). Estos elementos se analizan de forma general, considerando que al utilizar la MS de

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>



P. stratiotes, como fertilizante o sustrato mezclado, es difícil separar las hojas de las raíces.

El factor de translocación (FT) es el cociente entre la concentración del metal en las hojas y la raíz de la planta (Bello *et al.*, 2018). El FT de las plantas estudiadas se calculó usando como base su MS, mediante la ecuación 2, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Ecuación para determinar el factor de translocación (FT) en *P. stratiotes*

$$TF = \frac{C_{hojas}}{C_{raíz}} \quad (2)$$

Nota. Leyenda: FT: factor de translocación. C_{hojas} : concentración del elemento químico en hojas (mg g^{-1}). $C_{raíz}$: concentración del elemento químico en raíz (mg g^{-1}).

Procesamiento estadístico. Para el procesamiento estadístico se utilizó el *Statistical Package for Social Sciences* (Version 21 para Windows, SPSS Inc.). Se comprobó el ajuste a la distribución normal de los datos de cada tratamiento (*Kolmogorov-Smirnov*) y la homogeneidad de las varianzas (*Levene*). Las variables se evaluaron mediante pruebas paramétricas de análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Cuando las diferencias resultaron significativas ($p \leq 0,05$), para la prueba de ANOVA, las medias de los tratamientos se analizaron mediante el procedimiento de diferencia significativa de *Tukey*.

Resultados y Discusión

Características morfológicas de *P. stratiotes*. Las características morfológicas determinadas en las plantas de *P. stratiotes*, con crecimiento en la laguna artificial de agua dulce Vista Alegre, son el resultado de las condiciones ambientales donde se desarrolla (Yesmeen *et al.*, 2018; Ružičková *et al.*, 2019). Estas plantas se caracterizaron por tener un número de hijos promedio de $1,15 \pm 0,65$. El largo promedio de la raíz mayor fue de $14,5 \pm 2,27$ cm. Menor que el obtenido en Bangladesh y en la República de Eslovaquia (25,0 y 50,0 cm respectivamente) (Ružičková *et al.*, 2019). El número de hojas promedio fue de $8,9 \pm 0,83$. El largo de hojas promedio fue de $13,9 \pm 1,48$ cm. Este resultado se correspondió con el parámetro dado por Jacobs y Pickard (1981) para este carácter (3,0-15,0 cm). Sin

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>



embargo, está por debajo al valor registrado en la República de Eslovaquia (20,0 cm) (Ružičková *et al.*, 2019). El ancho de las hojas promedio fue de $9,6 \pm 0,72$ cm, mayor que el parámetro dado por Jacobs y Pickard (1981) para este caracter (2,0-8,0 cm).

Concentración de elementos químicos en la laguna de agua dulce Vista Alegre y del factor de bioconcentración (FBC) en *P. stratiotes*. De los 25 elementos químicos estudiados en el agua de la laguna Vista Alegre, solo ocho presentaron concentraciones cuantificables. El elemento de mayor concentración fue el Na. El orden de los elementos de mayor concentración fue $Na > Ca > K > Mg > Cu = P = S > Zn$. Los valores más altos de FBC en *P. stratiotes* fueron en S, P y K (Tabla 1).

Tabla 1

*Elementos químicos cuantificables en la laguna artificial de agua dulce Vista Alegre (promedio \pm SE). Factor de bioconcentración (FBC) en *P. stratiotes*.*

Laguna artificial de agua dulce Vista Alegre		
Elementos químicos	Concentración en el agua de la laguna (mg L ⁻¹)	FBC <i>Pistia stratiotes</i> L.
Ca	0,045 \pm 0,00	980,2
Cu	0,001 \pm 0,00	26,0
K	0,01 \pm 0,00	2250,0
Mg	0,003 \pm 0,00	623,3
Na	0,13 \pm 0,00	140,1
P	0,001 \pm 0,00	4960,0
S	0,001 \pm 0,00	12460,0
Zn	0,0006 \pm 0,00	58,3

Nota. Leyenda: FBC: Factor de bioconcentración. Cuando el FBC es mayor que uno, la planta concentra los elementos químicos desde el agua (Ali *et al.*, 2013, Yadav *et al.*, 2018).

Los elementos químicos de mayor concentración en el agua de la laguna Vista Alegre (Na, Ca, K) mostraron un FBC mayor que uno, lo que indica que *P. stratiotes* tiene la capacidad de bioacumular estos elementos, en su biomasa (Ali *et al.*, 2013). Ello es una evidencia de sus propiedades fitoacumuladoras (Muthusaravanan *et al.*, 2020).

El FBC para el Cu y el Zn mostró valores mayores a uno, lo que indica que estas plantas pueden absorber algunos metales pesados desde el agua. También las bajas concentraciones (en niveles detectables) de algunos metales pesados como el Ni, Cd, Pb, en la masa seca de *P. stratiotes* (Tabla 2), son evidencia de la presencia de estos



elementos en el agua de la laguna. Ello demostró el potencial fitorremediador de *P. stratiotes* (Mufarrege *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2011).

Estos resultados evidenciaron que, para estimar adecuadamente la fracción del metal biodisponible en el medio acuático, es necesario hacer su determinación en los organismos que habitan en dicho ecosistema. Los organismos, como las plantas, reflejan las condiciones ambientales imperantes en el ecosistema acuático (Honmura, 2000).

Determinación de la concentración de elementos químicos en hojas y raíces de *P. stratiotes* y factor de translocación (FT). De los 26 elementos químicos estudiados, tanto en hojas, como en raíces de *P. stratiotes*, 24 fueron cuantificables. No se cuantificaron el Berilio (Be) y el Talio (Tl). En las hojas de *P. stratiotes* el orden de los elementos de mayor concentración fue; Ca>K>N>Na>P>S>Al>Mg>Fe y en las raíces; N>Ca>Na>K>S>Fe>Al>P>Mg>Mn (Tabla 2). Los elementos con FT mayor que uno, fueron el B, Ca, K, Pb, Sr y Zn (Tabla 2).

Mufarrege *et al.* (2010) y Lu *et al.* (2011), en estudio sobre la absorción y distribución de metales en *P. stratiotes*, detectaron mayor concentración de Al, Co, Cr y Fe, en las raíces de esta planta, que en sus hojas. Similares resultados al obtenido en este estudio, donde el Cr, aquí se determinó en iguales concentraciones tanto en hojas, como en raíces ($0,01 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$) (Tabla 2). Ello es una muestra que estos elementos no tienen traslocación desde las raíces hacia las hojas en *P. stratiotes*, aunque el Cr no se retiene solo en la raíz, como plantearon Maine *et al.* (2004). La concentración del Pb no coincide con la obtenida por Lu *et al.* (2011). Estos autores detectaron mayor concentración de Pb en las raíces (entre $0,0060$ y $0,0069 \text{ mg g}^{-1}$) que en las hojas ($0,00093 \text{ mg g}^{-1}$) de *P. stratiotes*. Sin embargo, en este estudio, a pesar que las concentraciones fueron muy bajas, alcanzaron mayor valor en las hojas ($0,001 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$) que en las raíces ($0,0005 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$).

Tabla 2

Elementos químicos cuantificados en P. stratiotes (mg g⁻¹ MS, promedios ± SE). Factor de Translocación (FT)

	<i>Pistia stratiotes</i> L.	(FT)
--	-----------------------------	------



Elementos químicos	Hojas	Raíces	
Al	1,63 ± 0,08 b	6,11 ± 0,04 a	0,27
B	0,09 ± 0,00 a	0,07 ± 0,00 b	1,29
Ba	0,13 ± 0,00 b	0,21 ± 0,00 a	0,62
Bi	0,00 ± 0,00 b	0,01 ± 0,00 a	0,43
Ca	63,11 ± 0,47 a	25,13 ± 0,04 b	2,51
Cd	0,0000 ± 0,00 b	0,0001 ± 0,00 a	0,00
Co	0,00 ± 0,00 b	0,01 ± 0,00 a	0,01
Cr	0,01 ± 0,00 a	0,01 ± 0,00 a	1,00
Cu	0,02 ± 0,00 b	0,03 ± 0,00 a	0,67
Fe	1,16 ± 0,04 b	6,40 ± 0,05 a	0,18
Ga	0,40 ± 0,00 b	0,68 ± 0,00 a	0,59
K	23,52 ± 0,07 a	21,48 ± 0,07 b	1,09
Li	0,00 ± 0,00 b	0,01 ± 0,00 a	0,67
Mg	1,56 ± 0,00 b	2,19 ± 0,00 a	0,71
Mn	0,99 ± 0,01 b	1,61 ± 0,01 a	0,61
N	21,30 ± 0,60 b	28,5 ± 0,06 a	0,75
Na	13,30 ± 0,36 b	23,13 ± 0,01 a	0,58
Ni	0,00 ± 0,00 b	0,01 ± 0,00 a	0,40
P	4,84 ± 0,08 b	5,08 ± 0,02 a	0,95
Pb	0,001±0,00 a	0,0005±0,00 b	2,00
S	3,80 ± 0,00 b	21,12 ± 0,03 a	0,18
Se	0,000 ± 0,00	0,001 ± 0,00	0,00
Sr	0,21 ± 0,00 a	0,10 ± 0,00 b	2,10
Zn	0,04 ± 0,00 a	0,03 ± 0,00 b	1,33

Nota. Leyenda: Letras desiguales tienen diferencias estadísticamente significativas (ANOVA de un factor, Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 9$). Cuando el FT es mayor que uno, la planta transloca los elementos químicos desde las raíces hacia las hojas (Bello *et al.*, 2018).

El Pb mostró traslocación desde las raíces hacia las hojas, en esta especie. Según Lu *et al.* (2011), el Co y el Cd, no son esenciales y sí tóxicos para las plantas, razón por la que solo son detectados en las raíces. En este estudio, se detectó Co, en bajas concentraciones en las hojas de *P. stratiotes*, y no se determinó Cd. Para *P. stratiotes*, las concentraciones de Ni, en hojas y raíces, fueron similares a las obtenidas por Mufarrege *et al.* (2010) (0,001 y 0,01 mg g⁻¹ respectivamente). Este elemento tampoco tuvo traslocación desde las raíces hacia las hojas.

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>



De acuerdo con la Regulación UE (2019), un abono orgánico y un sustrato de cultivo deben tener un límite máximo permisible para el Pb no mayor a $0,12 \text{ mg g}^{-1}$, para el Cu $0,3\text{-}0,2 \text{ mg g}^{-1}$, el Zn $0,8\text{-}0,5 \text{ mg g}^{-1}$ y el Cd $0,0015 \text{ mg g}^{-1}$. Muñiz Ugarte (2022) consideró, para Cuba, que el Pb debía tener un límite máximo permisible de $0,15$ (abono orgánico) y $0,3 \text{ mg g}^{-1}$ (sustrato) y Rodríguez Alfaro *et al.* (2022), sugirieron valores por debajo de $0,14 \text{ mg g}^{-1}$ (para abonos orgánicos). Muñiz Ugarte (2022) propuso, para Cuba, que el Cd no debía superar $0,003 \text{ mg g}^{-1}$ (abono orgánico) y $0,008 \text{ mg g}^{-1}$ (sustrato). Los elementos químicos (Pb, Cu, Zn y Cd) presentes en la MS de la planta acuática invasora *P. stratiotes*, procedente de la laguna artificial de agua dulce Vista Alegre, tienen concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles para abonos orgánicos y sustratos (Regulación UE 2019; Muñiz Ugarte, 2022; Rodríguez Alfaro *et al.*, 2022).

La MS obtenida de hojas y raíces de *P. stratiotes* tienen menor concentración de N, P, K, Mg y Ca, que la expuesta por Wamba *et al.*, (2012) para esta especie (N: $127,16 \text{ mg g}^{-1}$, P: $87,62 \text{ mg g}^{-1}$, K: $210,0 \text{ mg g}^{-1}$, Mg: $23,95 \text{ mg g}^{-1}$, Ca: $101,59 \text{ mg g}^{-1}$). Es importante determinar la concentración de estos elementos químicos en cada momento en que se pretenda usar la MS de *P. stratiotes* como abono orgánico o sustrato mezclado. Estas concentraciones pueden variar en dependencia de condiciones ambientales del ecosistema donde se desarrolla la planta o de la época del año (lluviosa y poco lluviosa).

Conclusiones

Este estudio permitió caracterizar la masa seca de la planta acuática invasora *P. stratiotes*, especie que demostró su potencial fitorremediador en la laguna artificial de agua dulce Vista Alegre. La masa seca de *P. stratiotes*, procedente de dicha laguna, puede considerarse un abono orgánico, pues contiene macronutrientes y micronutrientes. La concentración de metales pesados (Pb, Cu, Zn y Cd), está por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por instituciones nacionales y organizaciones internacionales. Este estudio sienta las bases para corroborar la efectividad de la masa seca de *P. stratiotes*, como abono orgánico y sustrato mezclado, en cultivos de pequeñas extensiones.

e8810

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>



Referencias Bibliográficas

- Ali, H., Khan, E. y Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. *Chemosphere*, 91, 869-881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
- Bello, A. O., Tawabini, B. S., Khalil, A. B., Boland, C. R. y Saleh, T. A. (2018). Phytoremediation of cadmium-, lead-and nickel-contaminated water by *Phragmites australis* in hydroponic systems. *Ecological engineering*, 120, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.035>
- Dhaliwal, G., Gupta, N., Kukal S. y Meetpal-Singh. (2014). Standardization of automated Vario EL III CHNS analyzer for total carbon and nitrogen determination in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45 (10),1316-1324. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.875197>
- Dissanayaka, D. M. N. S., Udumann, S. S., Dissanayake, D. K. R. P. L., Nuwarapaksha T. D. y Atapattu A. J. (2023). January. Review on Aquatic Weeds as Potential Source for Compost Production to Meet Sustainable Plant Nutrient Management Needs. *In Waste*, 1(1), 264-280. <https://doi.org/10.3390/waste1010017>
- González, S. G. M. (2009). La colección de plantas acuáticas del Jardín Botánico Nacional de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 30, 15-20.
- Henry Silva, G. G., Camargo, A. F. y Pezzato, M. M. (2008). Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. *Hydrobiologia*, 610,153-160. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9430-0>
- Hernández Fernández, L., Méndez, I. E., Vázquez, J. G., de Zayas, R. G. y Feijoo, J. C. L. (2023). Aquatic plants in the freshwater artificial lagoons in Ciego de Avila, Cuba. *Intropica*, 18, 37-49. <https://doi.org/10.21676/23897864.4753>
- Honmura, T. (2000). Studies on the ecology and the utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.). *The United Grad. Sc. Agric. Sci. Kagoshima Univ. PhD thesis.*, 1-151.



- Jacobs, S. W. y Pickard, J. (1981). Plants of New South Wales: a census of the cycads, conifers and angiosperms. *National Herbarium of New South Wales Royal Botanic Gardens*, 120 pp.
- Latimer, J. G. (2015). The Basics of Fertilizer Calculations for Greenhouse Crops. VCE Publ., 430 pp.
- Lestari, M. W., Sholihah, A. y Sugianto, A. (2022). *Pistia stratiotes* utilization to improve the straw compost quality. *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 78-87. <https://doi.org/10.12911/22998993/151764>
- Lu, Q., He, Z. L., Graetz, D. A., Stoffella, P. J. y Yang, X. (2011). Uptake and distribution of metals by water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 18(6), 978-986. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0453-0>
- Maine, M. A., Suñé, N. L. y Lager, S. C. (2004). Chromium bioaccumulation: comparison of the capacity of two floating aquatic macrophytes. *Water Research*, 38(6), 1494-1501. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.12.025>
- Mufarrege, M. M., Hadad, H. R. y Maine, M. A. (2010). Response of *Pistia stratiotes* to heavy metals (Cr, Ni, and Zn) and phosphorous. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 58, 53-61.
- Muñiz Ugarte, O. M. (2022). Contenido de metales pesados como criterio de calidad de suelos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(3), 4-9.
- Muthusaravanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Vasudha Priyadharshini, S., Paramasivan, T., Dhakal, N. y Naushad, M. (2020). Research updates on heavy metal phytoremediation: enhancements, efficient post-harvesting strategies and economic opportunities. *Green Materials for Wastewater Treatment*, 191-222. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17724-9_9
- Muthusaravanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J. V. y Al-Duaij, O. K. (2018). Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environmental Chemistry Letters*, 16, 1339-1359. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>



- Oviedo, R. y González Oliva, L. (2015). Lista nacional de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba–2015. *Bissea*, 9, 1-88.
- Prabawardani, S., Taberima, S., Fatoni, S., Mawikere, N.L., Fenetiruma, O.A. y Lyons, G. (2024). The use of *Pistia stratiotes* compost as an ameliorant for chili growth and yields in the reclamation fresh tailing area of Timika, Papua. *Journal of Degraded & Mining Lands Management*, 11(2), 5329-5338. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.112.5329>
- Prieto Méndez, J., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R. y García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Rattanawong, Y., Kungskulniti, N., Charoenca, N., Benjawan, L. y Englande, A. J. (2022). Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.) as Base Material for Composting. *Environment Asia*, 15(1), 70-80. <https://doi.org/10.14456/ea.2022.7>
- Regulación UE. 2019/1009. (2019). Del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019. 114 pp.
- Rodríguez Alfaro, M., Muñiz Ugarte, O., Araújo do Nascimento, C. W., Montero-Álvarez, A., Calero Martín, B. y Martínez Rodríguez, F. (2022). Rangos permisibles de Cadmio y Plomo en abonos orgánicos utilizados en la producción de alimentos. *Cultivos Tropicales*, 43(1), 12 pp.
- Ružičková, J., Lehotská, B., Takáčová, A. y Semerád, M. (2019). Morphometry of alien species *Pistia stratiotes* L. in natural conditions of the Slovak Republic. *Biologia*, 75(1), 1-10. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00345-5>
- Trisilawati, O., Rizal, M. y Pribadi, E. (2020). Organic cultivation of medicinal crops in the efforts to support the sustainable availability of jamu raw materials. Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 77 pp. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012077>
- Wamba, O., Taffouo, V., Youmbi, E., Ngwene, B. y Amougou, A. (2012). Effects of organic and inorganic nutrient sources on the growth, total chlorophyll and yield of three bambara groundnut landraces in the coastal region of Cameroon. *Journal of Agronomy*, 11(2), 31-42.



Yadav, K. K., Gupta, N., Kumar, A., Reece, L. M., Singh, N., Rezaia, S. y Khan, S. A. (2018). Mechanistic understanding and holistic approach of phytoremediation: A review on application and future prospects. *Ecological Engineering*, 120, 274-298. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.039>

Yesmeen, R., Zakir, H., Alam, M. y Mallick, S. (2018). Heavy metal and major ionic contamination level in effluents, surface and groundwater of an urban industrialised city: A case study of Rangpur city, Bangladesh. *Asian Journal of Chemical Sciences*, 5(1), 1-16. <https://doi.org/10.9734/AJOCS/2018/45061>

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflictos de intereses.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de los contenidos y no realice modificación de la misma.

Cite este artículo como:

Hernández Fernández, L., Lorenzo Feijoo, J.C., Acosta Fernández, Y., Martínez Rodríguez, J. y González de Zayas, R. (2025). Elementos químicos en masa seca de *Pistia stratiotes* L., Ciego de Ávila, Cuba. *Universidad & ciencia*, 14(2), e8810.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8810>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16887744>