



## Scientia Agropecuaria

Web page: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias  
Agropecuarias

Universidad Nacional de  
Trujillo



### RESEARCH ARTICLE

## Transplanting colonies of *Cladophora crispata* susceptible to die to increase the available biomass: Strategy for sustainability and food security in Lake Titicaca

Trasplante de colonias de *Cladophora crispata* susceptibles de morir para el incremento de la biomasa disponible: Estrategia para la sostenibilidad y seguridad alimentaria en el lago Titicaca

Ángel Canales-Gutiérrez<sup>1\*</sup> ; Ivon Rocio Gutierrez-Flores<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano, Av. Floral N° 1153, Puno. Peru.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Av. Miraflores s/n, Tacna. Peru.

\* Corresponding author: [acanales@unap.edu.pe](mailto:acanales@unap.edu.pe) (A. Canales-Gutiérrez).

Received: 12 October 2020. Accepted: 31 March 2021. Published: 28 April 2021.

#### Abstract

The algae *Cladophora crispata* "Llaska" is an important food species for populations that live around of Lake Titicaca. However, its biomass is affected for level decreasing of Lake Titicaca. Therefore, the aims were to determine the fresh Llaska biomass in the rainy and dry season on three communities around the lake and to assess the level success of Llaska colonies transplanted to increase the available biomass. The biomass assessment was using a 0.25 cm side metal quadrant. For transplanting Llaska colonies susceptible to die were used, which were distributed in rows at 10 m from the lake shore. The highest biomass was found in the rainy season, particularly in March ( $785.28 \pm 89.98$  g/m<sup>2</sup>). The biomass was similar between the three study areas, although it was high in Llachon community. Transplant of Llaska colonies was successful, since both the colonies height and diameter increased during the assessment time. In particular, Llaska height had the greatest response during the evaluation time. Therefore, with the transplantation of dying colonies we could increase the biomass available to food purposes.

**Keywords:** biomass increased; fresh biomass; Llaska colonies; transplant; weather seasons.

#### Resumen

El alga *Cladophora crispata* "Llaska" es una especie alimenticia importante para las poblaciones que viven en la zona circunlacustre del lago Titicaca. Sin embargo, su biomasa se ve afectada por la disminución del nivel de lago en la época seca. Por ello, los objetivos fueron determinar la biomasa fresca de la Llaska en época lluviosa y seca en tres comunidades del área circunlacustre del lago; y, evaluar el nivel de éxito del trasplante de colonias de la Llaska para el aumento de su biomasa disponible. Para la determinación de la biomasa se utilizó un cuadrante metálico de 0,25 cm de lado. Para el trasplante se utilizaron colonias de Llaska susceptibles de morir, las cuales fueron distribuidas en hileras, a una distancia no mayor a 10 m con respecto a la orilla del lago. En la época lluviosa se encontró una mayor biomasa, particularmente en marzo ( $785,28 \pm 89,98$  g/m<sup>2</sup>). La biomasa fue similar entre las tres zonas de estudio, aunque en la comunidad de Llachón fue donde se encontró una mayor biomasa. El trasplante de las colonias de Llaska fue exitoso, ya que tanto la altura como el diámetro de las colonias incrementaron durante el tiempo de evaluación. Particularmente, la altura fue quien tuvo una mayor respuesta al tiempo de evaluación. Entonces, con el trasplante de colonias susceptibles de morir se podría aumentar su biomasa disponible para fines alimenticios.

**Palabras clave:** aumento de biomasa; biomasa fresca; colonias de Llaska; estaciones climáticas; trasplante.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.019>

#### Cite this article:

Canales-Gutiérrez, A., & Gutierrez-Flores, I. R. (2021). Trasplante de colonias de *Cladophora crispata* susceptibles de morir para el incremento de la biomasa disponible: Estrategia para la sostenibilidad y seguridad alimentaria en el lago Titicaca. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 169-174.

## 1. Introducción

Las especies del género *Cladophora* han sido reconocidas por sus diversos usos, como en la alimentación (Dine & Win, 2011), agricultura (Messyasz et al., 2015; Kassim et al., 2020), industria farmacéutica (Munir et al., 2019; Korzeniowska, 2020), medicina (Athbi et al., 2014; Reda, 2017; Al-Malki, 2020), para la producción de biocombustibles (Michalak & Messyasz, 2021) y para el tratamiento de aguas contaminadas (Yalcin et al., 2008; Ross et al., 2018; Topal et al., 2020). Por ejemplo, el uso de algas en la fitorremediación de aguas contaminadas es una técnica cada vez más utilizada por la capacidad de remoción de N y P (Peralta et al., 2019) y metales pesados (Celekli et al., 2016; Celekli et al., 2017; Quiroga et al., 2021). Además, más recientemente se ha visto su potencial uso en la eliminación de microplásticos (Peller et al., 2021), un problema cada vez más notable en los ecosistemas acuáticos. Esta diversidad de usos, ha hecho que muchas de las especies de este género sean estudiadas para aprovechar sus propiedades. Particularmente, el uso alimenticio de las algas se viene dando en diferentes partes del mundo (Velasco et al., 2013), debido a su contenido de minerales, vitaminas y proteínas.

Una de las especies del género *Cladophora* que se aprovecha con fines alimenticios es *Cladophora crispata* (Llaska) (Acleto, 1978), especie que se desarrolla sobre rocas a poca profundidad (Bonifazi et al., 2017) y de tipo arenisca (Canales et al., 2008). Esta alga prefiere hábitats con alta disponibilidad de oxígeno disuelto, intensidad de luz, turbulencia del agua, pH y en aguas duras (Whitton, 1970), factores que influyen en la biomasa de algas (Ojeda et al., 2019). En el Perú, a esta especie se le puede encontrar en zonas oligotróficas y con altos niveles de transparencia a orillas del lago Titicaca (Puno), un ecosistema con una alta diversidad de flora y de fauna. Las poblaciones asentadas en la zona circunlacustre del lago, históricamente han utilizado a la Llaska como principal ingrediente en diversos platos típicos (Canales et al., 2008), debido a su alto valor nutricional. Por ejemplo, utilizando harina de Llaska en la elaboración de galletas se logra un incremento proteico de hasta 7,4% (Aguilar, 2008), pudiendo ser utilizada para disminuir la desnutrición crónica, que en Puno representa el 15% (INEI, 2020).

La determinación de la biomasa de una especie es un atributo ecosistémico de importancia que debe ser monitoreado (Schmidt, 1999), más aún si la especie es objeto de aprovechamiento. Esta determinación debe realizarse bajo diferentes condiciones ambientales (Marino et al., 2011; Schmidt, 1999); de forma que, se pueda plantear estrategias de manejo sostenible. Muchas veces, se distinguen dos estaciones climáticas que están en función a las precipitaciones, la estación lluviosa y seca (Apaza et al., 2019). Tanto la diversidad, como la biomasa de especies cambian según estas estaciones (Canales & Taquila, 2008). Sin embargo, son limitados los estudios cuantitativos de biomasa de la Llaska en diferentes estaciones climáticas; y más aún, sobre la aplicación de técnicas encaminados al aumento de su biomasa.

Existen diversas estrategias para aumentar la biomasa de algas, por ejemplo, manipulando factores nutricionales (Karemore et al., 2013), factores ambientales (Chu, 2017) o mediante la producción de colonias juveniles a nivel de laboratorio (Gutiérrez et al., 2016). No obstante, para la aplicación de estas estrategias se necesita conocimiento, instalación y entrenamiento sofisticado, que dificultaría su aplicación por parte de las comunidades rurales. En esta investigación, se propone el trasplante de colonias juveniles de *C. crispata* susceptibles de morir debido a la disminución del nivel del lago Titicaca. Particularmente, las acciones de trasplante pueden ser muy útil en la época seca, que es donde se acentúa la disminución del lago (Chura, 2012). De este modo, las poblaciones rurales tendrían una mayor disponibilidad de biomasa de esta especie. Los objetivos de la investigación fueron: a) Evaluar la biomasa fresca ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de la Llaska en época lluviosa y seca en tres comunidades del área circunlacustre del lago, y b) Evaluar el nivel de éxito del trasplante de colonias de la Llaska para el aumento de la biomasa disponible.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Lugar de estudio

La investigación se realizó en las comunidades de San Juan de Hilata (en adelante Hilata), Ccotos y Llachón de la península de Capachica, Puno, Perú (Figura 1).

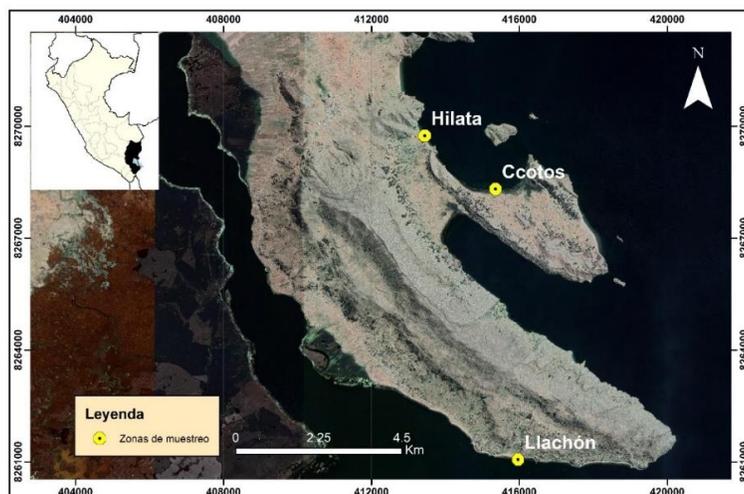
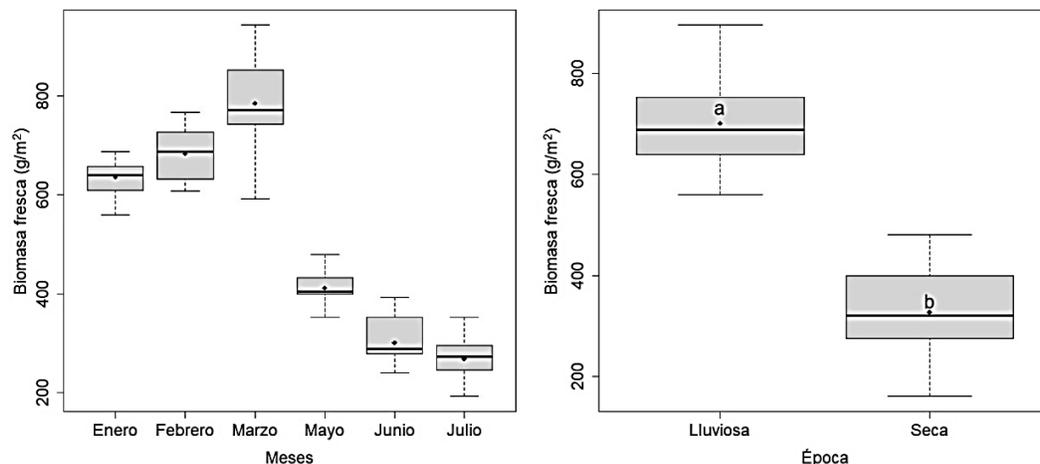


Figura 1. Ubicación de las zonas de muestreo de la biomasa de la Llaska, Puno.



**Figura 2.** Biomasa ( $g/m^2$ ) fresca de Laska según época lluviosa (enero, febrero y marzo) y seca (mayo, junio y julio) en la península de Capachica, lago Titicaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las épocas de evaluación ( $p < 0,05$ ). En el boxplot se muestra a la mediana en líneas negras y a la media en puntos negros.

### 2.2 Diseño de muestreo y evaluación de biomasa fresca ( $g/m^2$ )

Los muestreos de biomasa ( $g/m^2$ ) se realizaron en las tres comunidades (Hilata, Ccotos y Llachón). En cada comunidad se realizaron seis muestreos, tres de los cuales en la época lluviosa (enero, febrero y marzo) y los otros tres en la época seca (mayo, junio y julio). Cada muestreo consistió en la evaluación de cinco sustratos (repeticiones) aleatoriamente distribuidos a lo largo de las zonas de evaluación. Todos los registros se realizaron a 10 m de distancia con respecto a la orilla del lago, en el que la profundidad no superaba los 1,20 m. En cada sustrato se posicionó un cuadrante metálico de  $0,25 m^2$  a partir del cual se extrajo la biomasa de Laska para posteriormente extraer el exceso de agua y pesar la biomasa fresca. Los resultados se extrapolaron a gramos por metro cuadrado.

### 2.3 Trasplante de colonias de Laska

El experimento de trasplante se realizó únicamente con colonias de Laska de la comunidad Hilata. Para ello, se trasplantaron colonias juveniles de Laska que se encontraban desarrollándose a 3 m de distancia de la orilla, las mismas que tenían un alto riesgo de morir por la falta de agua debido a la insuficiencia de traslado de agua por el oleaje del lago. Estas colonias fueron trasladadas a 10 m de distancia con respecto a la orilla del lago. Se trasplantaron 50 colonias distribuidas en cinco hileras distanciadas por 10 m, ubicadas de manera perpendicular con respecto a la orilla del lago. En cada hilera se trasplantó 10 colonias distanciadas cada 0,1 m. La evaluación de la altura y diámetro de las colonias se hizo en los días 1 (día de trasplante), 5, 10 y 15. Las colonias trasladadas tenían una altura entre 0,90 a 3,20 cm y un diámetro entre 3,50 a 8,20 cm, las mismas que se encontraban desarrollándose sobre piedras areniscas con diámetros entre 5 a 10 cm.

### 2.4 Análisis estadístico

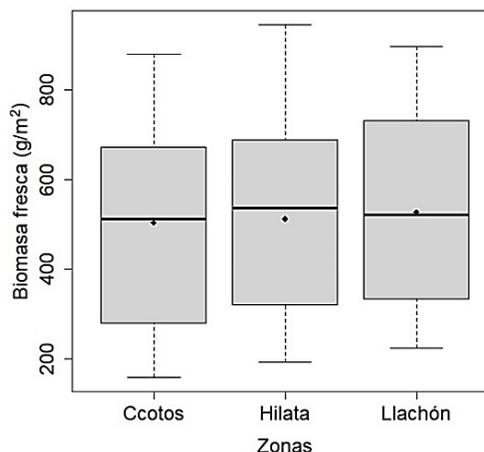
Se aplicó un ANDEVA simple para determinar diferencias de la biomasa fresca ( $g/m^2$ ) de la Laska con respecto a la época y zonas de estudio, previa verificación del cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro - Wilks) y homogeneidad de varianzas (Bartlett). Para

determinar el éxito de trasplante, se aplicó una prueba de regresión de la altura y diámetro de colonias con respecto a los días de evaluación. Los análisis se realizaron en el programa R versión 4.0.4.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Biomasa fresca de la Laska

Respecto al hábitat en el que se desarrolla, la temperatura del agua fue  $15,55 \pm 1,35 \text{ }^\circ\text{C}$  y el pH fue  $7,12 \pm 0,25$ . Por otra parte, se encontró una mayor biomasa fresca de Laska en la época lluviosa que con respecto a la época seca ( $F_{1,88} = 454,26$ ;  $p < 0,0001$ ). En la época lluviosa, en marzo fue donde se registró una mayor biomasa ( $785,28 g/m^2$ ), mientras que en la época seca en mayo se registró la mayor biomasa ( $411,41 g/m^2$ ) (Figura 2).



**Figura 3.** Biomasa ( $g/m^2$ ) de Laska en las tres comunidades de evaluación de la península de Capachica, lago Titicaca. En el boxplot se muestra a la mediana en líneas negras y a la media en puntos negros.

Fue en la época lluviosa donde se registró la mayor biomasa fresca del alga, similar a lo reportado por **Canales & Taquila (2008)**. Esto está en concordancia con varios estudios que concluyen que las precipitaciones afectan positivamente la productividad, debido al incremento de nutrientes u oxígeno disuelto. Además, la biomasa de esta

especie está positivamente relacionado con la altura de las olas (Poccohuanca, 2018), desarrollándose en zonas con olas de 0,4 a 1 m de altura (Canales et al., 2008), el mismo que es frecuente en la época lluviosa. Así mismo, la disminución de la temperatura en la época seca, que corresponde al tiempo de las heladas en la región de Puno, también pudo haber influido en la menor biomasa (Whitton, 1970).

No se encontró diferencias significativas de la biomasa fresca de Laska ( $g/m^2$ ) entre las tres comunidades en estudio ( $F_{2,87} = 0,10$ ;  $p = 0,9081$ ) (Figura 3).

La biomasa fresca calculada fue  $526,99 \pm 208,89 g/m^2$ , la misma que no difirió entre las tres zonas de estudio (Llachón, Ccotos e Hilata). Esta biomasa está muy por debajo a lo reportado para otras especies como *Cladophora glomerata* ( $5896 g/m^2$ ) (Messyasz et al., 2015). Esta diferencia puede deberse a la condición oligotrófica en la que se encuentra desarrollando *C. crispata*, ya que, la productividad de estas algas está limitado por la intensidad de luz y disponibilidad de nutrientes (Schnurr & Allen, 2015). Las zonas en las que se hicieron la evaluación forman parte del lago Mayor del lago Titicaca, el mismo que se caracteriza por ser oligotrófico (Lazzaro, 1985; IMARPE & PELT, 2015). La temperatura y pH del agua registrados durante el tiempo de evaluación fueron similares a los registrados en otros estudios (IMARPE & PELT, 2015; Poccohuanca, 2018). La Laska se encontró desarrollando a profundidades no mayores de 1,20 m (observación directa), debido a que las especies de este género prefieren aguas superficiales (0-3 m) (Higgins et al., 2005) con alta intensidad de luz (Whitton, 1970) y alto nivel de transparencia (Ojeda et al., 2019).

### 3.2 Trasplante de colonias de Laska para el aumento de la biomasa

Se encontró una correlación positiva alta entre la altura (cm) y el diámetro (cm) de las colonias de Laska trasplantadas ( $r_p = 0,76$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figura 4). Además, tanto la altura como el diámetro de las colonias de Laska se relacionaron positivamente con los días de evaluación ( $\log(\text{altura}) = 0,59 + 0,03 (\text{días})$ ,  $R^2 = 0,25$ ,  $p < 0,0001$ ;  $\log(\text{diámetro}) = 1,75 + 0,008 (\text{días})$ ,  $R^2 = 0,05$ ;  $p = 0,0006$ ,

siendo ésta última relación menor que la primera (Figura 5). Durante el experimento, no se registraron colonias muertas.

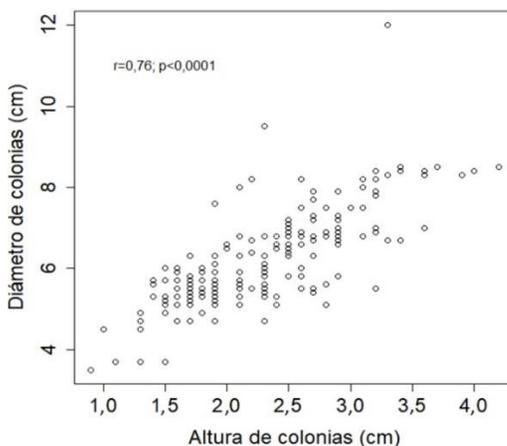


Figura 4. Correlación entre diámetro y altura de colonias trasplantadas de Laska en la comunidad Hilata.

Durante el tiempo de evaluación, además de no evidenciarse muerte de las colonias trasplantadas, tanto la altura como el diámetro de las colonias incrementaron. Este resultado es similar a otros estudios en el que también utilizaron la técnica del trasplante (Gutiérrez et al., 2016), con la diferencia de que en nuestro estudio se utilizaron colonias juveniles propensas a morir por la disminución del nivel del lago; mientras que, en los otros estudios las colonias fueron producidas en laboratorio, incrementando el costo. De las variables evaluadas, la altura tuvo una mayor respuesta que el diámetro, probablemente debido al pequeño sustrato rocoso (10 cm de diámetro) que se utilizó. Las especies del género *Cladophora* prefieren un sustrato rocoso calcáreo o tipo arenisca (Whitton, 1970); de modo que, alcanzado el tamaño máximo posible en el sustrato proporcionado, las colonias ya no pudieron crecer. Con este experimento, se evidencia la posibilidad de colonizar zonas que tienen las condiciones del hábitat de *C. crispata*.

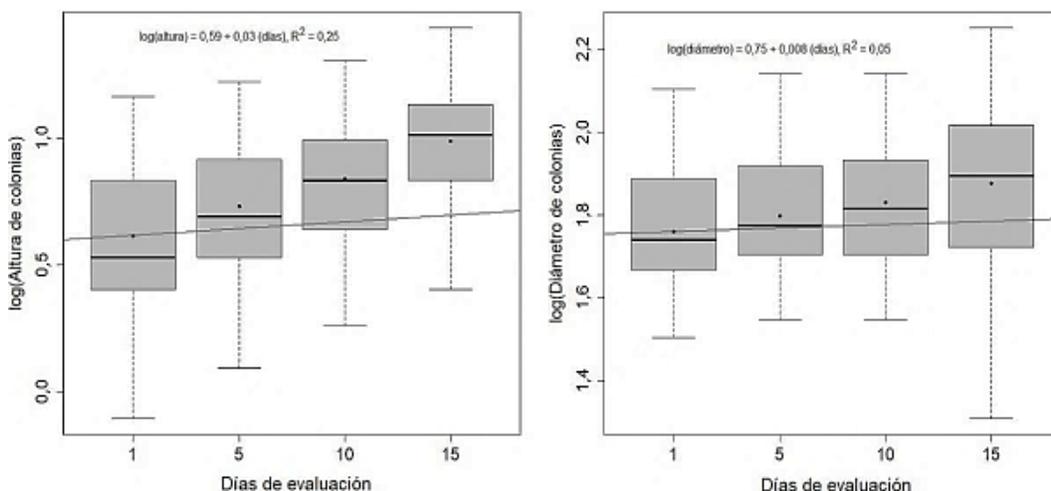


Figura 5. Efecto del tiempo de evaluación en la altura y diámetro de colonias trasplantadas de Laska en la comunidad Hilata, lago Titicaca. En el boxplot se muestra a la mediana en líneas negras y a la media en puntos negros. La línea representa la tendencia de regresión.

El incremento de la biomasa de esta especie tiene una importancia alimenticia en la zona; ya que, las familias rurales de la península de Capachica preparan diversos platos a base de esta alga (Canales et al., 2008). Varios estudios muestran el valor alimenticio, biotecnológico y medicinal de las algas del género *Cladophora* (Dine & Win, 2011; Munir et al., 2019), debido a su alto contenido de carbohidratos (Athbi et al., 2012), antioxidantes (Al-Malki, 2020), aminoácidos (Messyasz et al., 2015) y antiparasitarios (Athbi et al., 2014). Dada la importancia alimenticia en la zona de estudio, la cosecha de la Laska tendría que ser de las colonias con mayor biomasa (tamaño), ya que estos tienen una mayor concentración de nutrientes como el fósforo (Millner et al., 1982). Además, se le debe proporcionar el sustrato rocoso adecuado para su establecimiento. A partir de estos resultados, el trasplante de colonias susceptibles de morir podría ser aplicado por las comunidades rurales, debido a su sencillez y bajo nivel de sofisticación. Por otra parte, la técnica de trasplante utilizado en la Laska podría ser utilizado para propagar en ambientes con problemas de contaminación (Ross et al., 2018; Topal et al., 2020). Esto debido a que se ha encontrado que esta especie es capaz de bioacumular metales pesados como Cd y Hg (Sternberg & Dorn, 2002; Quiroga et al., 2021) y tiene el potencial de remoción de microplásticos (Peller et al., 2021). Así mismo, el trasplante de colonias de Laska, puede ser una estrategia para la protección y conservación de esta especie, debido a que es susceptible a los eventos del cambio climático (Achá et al., 2021) debido a la disminución del nivel del lago Titicaca.

#### 4. Conclusiones

El alga *Cladophora crispata* "Laska", es una especie alimenticia importante para las poblaciones que viven en la zona circunlacustre del lago Titicaca. La disponibilidad de biomasa cambió según la época de evaluación, encontrándose mayor biomasa en la época lluviosa. La técnica de trasplante utilizada fue exitosa, ya que tanto la altura como el diámetro aumentaron durante el tiempo de evaluación. Sin embargo, mayores tiempos de evaluación y sustrato son necesarios. Con el trasplante de colonias susceptibles de morir, se podría aumentar la biomasa disponible, no sólo con fines alimenticios; sino también, con fines de fitorremediación de aguas o conservación de la especie en zonas afectadas por el cambio climático.

#### Agradecimientos

A los integrantes de las comunidades de Hilata, Ccotos y Llachón, por las facilidades para ingresar a los lugares donde se desarrolla esta especie de alga.

#### ORCID

Á. Canales-Gutiérrez  <https://orcid.org/0000-0002-3096-1705>

I. R. Gutierrez-Flores  <https://orcid.org/0000-0003-1697-9295>

#### Referencias bibliográficas

Achá, D., Guédron, S., Amouroux, D., Point, D., Lazzaro, X., et al. (2018). Algal Bloom Exacerbates Hydrogen Sulfide and Methylmercury Contamination in the Emblematic High-Altitude Lake Titicaca. *Geosciences*, 8, 438.

- Acleto, O. C. (1978). Algas continentales del Perú 1: Bibliografía y lista de géneros y especies. 6ta Edición. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural "Javier Prado", Departamento de Botánica. Lima, Perú. 147 pp.
- Aguilar, T. S. L. (2008). Elaboración de galletas y néctares ecológicos enriquecidos con harina de *Cladophora crispata* (llaska) en la península de Capachica - Puno. Tesis de maestría. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Perú. 150 pp.
- Al-Malki, A. L. (2020). In vitro cytotoxicity and pro-apoptotic activity of phycocyanin nanoparticles from *Ulva lactuca* (*Chlorophyta*) algae. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(3), 894–898.
- Apaza, J., Alanoca, V., Ticona, C., Calderon, A., & Maquera, Y. (2019). Educación y alimentación en las comunidades aymaras de Puno. Comunicación: *Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 10(1), 36-46.
- Athbi, A. M., Ali, D. S., & Abaas, A. N. (2012). The quantity determination of total carbohydrates and monosaccharides from some green algae (*Chlorophyta*). *Marsch Bull*, 7(1), 27–38.
- Athbi, A. M., Al-Mayah, H. S., & Khalaf, A. K. (2014). Antiparasitic activity of the microalgae *Cladophora crispata* against the Protozoocolices of hydatid cysts compared with albendazole drug. *African Journal of Biotechnology*, 13(30), 3068-3080.
- Bonifazi, A., Ventura, D., Gravina, M. F., Lasinio, G., Blluscio, A., & Ardizzone, G. D. (2017). Unusual algal turfs associated with the rhodophyta *Phyllophora crispata*: Benthic assemblages along a depth gradient in the Central Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 185, 77–93.
- Canales, A., & Taquila, R. (2008). Biomasa de *Cladophora crispata* (alga llaska) en época seca y lluviosa en cinco comunidades de la península de Capachica, Puno. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado - UNA Puno*, 4, 11-20.
- Canales, A., Taquila, R., & Pacheco, M. (2008). Conservación y manejo de la alga Laska. 1ra Edición. Editorial Altiplano E.I.R.L. Puno, Perú. 361 pp.
- Celekli, A., Arslanargun, H., Soysal, C., Gültekin, E., & Bozkurt, H. (2016). Biochemical responses of filamentous algae in different aquatic ecosystems in South East Turkey and associated water quality parameters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133, 403–412.
- Celekli, A., Kapi, E., Soysal, C., Arslanargun, H., Bozkurt, H. (2017). Evaluating biochemical response of filamentous algae integrated with different water bodies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 142, 171-180.
- Chu, W. L. (2017). Strategies to enhance production of microalgal biomass and lipids for biofuel feedstock. *European Journal of Phycology*, 52(4), 419-437.
- Chura, R. (2012). Fluctuaciones en el nivel de agua del Lago Titicaca y precipitación en relación con dos pesquerías de importancia comercial en el sector peruano del Lago (1981- 2010). Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. Chile. 104 pp.
- Dine, M. W., & Win, S. (2011). Morphological and nutritional values of green alga *Cladophora* from Kachin State. *Universities Research Journal*, 4(1), 99-111.
- Gutiérrez, A., Varela, D., Zúñiga, A., Predes, J., Villarreal, A., et al. (2016). Desarrollo de tecnologías de cultivo y repoblamiento de *Durvillaea antarctica*, "cochayuyo": implicancias para la diversificación de la acuicultura y manejo de poblaciones naturales. *Macroalgas*, 24, 88-92.
- Higgins, S. N., Hecky, R. E., & Guildford, S. J. (2005). Modeling the growth, biomass, and tissue phosphorus concentration of *Cladophora glomerata* in eastern Lake Erie: Model description and field testing. *Journal of Great Lakes Research*, 31(4), 439-455.
- IMARPE - Instituto del Mar del Perú, & PELT - Proyecto Especial Lago Titicaca. (2015). Informe Técnico: Crucero de evaluación de recursos pesqueros y condiciones limnológicas del lago Titicaca. Perú. 66 pp. Disponible en: <https://www.imarpe.gob.pe>
- INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). Tasa de desnutrición crónica de niños/as menores de 5 años, según departamento, 2009 - 2018. Perú. 1 pp. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/>
- Karemore, A., Pal, R., & Sen, R. (2013). Strategic enhancement of algal biomass and lipid in *Chlorococcum infusionum* as bioenergy feedstock. *Algal Research*, 2(2), 113-121.
- Kassim, A., Ali, H., & Fadhil, A. (2020). Inhibition of tomato yellow leaf Curl Virus (TYLCV) by extract of algae *Cladophora crispata*. *Plant Archives*, 20(1), 260-264.
- Korzeniowska, K., Bogusława, L., & Wiecezorek, P.P. 2020. Isolation and determination of phenolic compounds from freshwater *Cladophora glomerata*. *Algal Research*, 48, 101912.
- Lazzaro, X. (1985). Poblaciones, biomasa y producciones fitoplanctónicas del lago Titicaca. *Ecología en Bolivia*, 7, 23-63.
- Marino, N. A. C., Guariento, R. D., Dib, V., Azevedo, F. D., & Farjalla, V. F. (2011). Habitat size determine algae biomass in tank-bromeliads. *Hydrobiologia*, 678, 191-199.
- Messyasz, B., Leska, B., Fabrowska, J., Pkosz, M., Roj, E., et al. (2015). Biomass

- of freshwater *Cladophora* as a raw material for agriculture and the cosmetic industry. *Open Chemistry*, 13, 1108-1118.
- Michalak, I., & Messyasz, B. (2021). Concise review of *Cladophora* spp.: macroalgae of commercial interest. *J Appl Phycol*, 33, 133–166.
- Millner, G. C., Sweeney, R. A., & Frederick, V. R. (1982). Biomass and distribution of *Cladophora glomerata* in relation to some physical – chemical variables at two sites in Lake Erie. *Journal of Great Lake Research*, 8(1), 35–41.
- Munir, M., Qureshi, R., Bibi, M., & Khan, A.M. (2019). Pharmaceutical aptitude of *Cladophora*: A comprehensive review. *Algal Research*, 39, 1-10.
- Ojeda, J., Marambio, J., Rosenfeld, S., Contador, T. M., Rozzi, R., & Mansilla, A. (2019). Seasonal changes of macroalgae assemblages on the rocky shores of the Cape Horn Biosphere Reserve, Sub-Antarctic Channels, Chile. *Aquatic Botany*, 157, 33–41.
- Peller, J., Nevers, M. B., Byappanahalli, M., Nelson, C., Babu, B.G., et al. (2021). Sequestration of microfibers and other microplastics by green algae, *Cladophora*, in the US Great Lakes. *Environmental Pollution*, 276(1), 116695.
- Peralta, E., Jerez, C. G., & Figueroa, F.L. (2019). Centrate grown *Chlorella fusca* (*Chlorophyta*): Potential for biomass production and centrate bioremediation. *Algal Research*, 39, 101458.
- Poccohuanca, R. O. (2018). Producción de *Cladophora crispata* "llaska" en hábitats de zonas litorales de Ccotos y Escallani - Capachica - Puno. Tesis doctoral. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Perú. 96 pp.
- Quiroga, R., Guedrón, S., & Achad, D. (2021). High methylmercury uptake by green algae in Lake Titicaca: Potential implications for remediation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207(1), 111256.
- Reda, U. A. (2017). Assessment of the antibacterial activity of macroalgae *Cladophora crispata* extract against extended spectrum beta-lactamase producing *Escherichia coli* isolated from diarrheic children. *University of Thi-Qar Journal Of Science (UTSci)*, 6(3), 3-11.
- Ross, M. E., Davis, K., McColl, R., Stanley, M. S., Day, J. S., & Semião, A. (2018). Nitrogen uptake by the macro-algae *Cladophora coelothrix* and *Cladophora parriaudii*: Influence on growth, nitrogen preference and biochemical composition. *Algal Research*, 30, 1-10.
- Schmidt, I. (1999). The importance of phytoplankton biomass as an ecosystem parameter in shallow bays of the Baltic. I. *Relationships between biomass and system characteristics*. *Limnologia*, 29(3), 301-307.
- Schnurr, P. J., & Allen, D. G. (2015). Factors affecting algae biofilm growth and lipid production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 418–429.
- SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2013). Estudio de caracterización climática de la precipitación pluvial y temperatura del aire para las cuencas de los ríos Coata e Ilave. 45 pp. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe>
- Sternberg, S., & Dorn, R. 2002. Cadmium removal using *Cladophora* in batch, semi-batch and flow reactors. *Bioresource Technology*, 81(3), 249-255.
- Topal, M., Arslan, E. I., & Obek, E. (2020). Remediation of pollutants with economical importance from mining waters: Usage of *Cladophora fracta*. *Environmental Technology & Innovation*, 19, 100876.
- Velasco, O., Echavarría, S., Sifuentes, A., & Casas, M. (2013). Uso del alga marina *Sargassum* spp. adicionada a la harina de trigo para preparar galletas alimenticias para consumo humano. *Bioagro*, 25(3), 189-194.
- Whitton, B. A. (1970). Biology of *Cladophora* in freshwaters. *Water Research*, 4(7), 457-476.
- Yalcin, E., Cavusoglu, K., Maraş, M., & Byıkoğlu, M. (2008). Biosorption of lead (II) and copper (II) metal ions on *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (*Chlorophyta*) algae: Effect of algal surface modification. *Acta Chimica Slovenica*, 55(1), 228-232.