

# 04

## LA MACROALGA ROJA GRACILARIA CAUDATA COMO FUENTE ENDÓGENA DE CLORURO DE POTASIO, EN LA BAHÍA DE CIENFUEGOS, CUBA

### THE RED ALGA GRACILARIA CAUDATA AS AN ENDOGENOUS SOURCE OF POTASSIUM CHLORIDE, IN THE CIENFUEGOS BAY, CUBA

María Elena Castellanos González<sup>1</sup>

E-mail: [elena@gestion.ceac.cu](mailto:elena@gestion.ceac.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5140-6957>

Ángel R. Moreira González<sup>1</sup>

Ángel R. León Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Ambientales. Cienfuegos. Cuba.

#### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Castellanos González, M. E., Moreira González, A. R., & León Pérez, A. R. (2019). La Macroalga Roja Gracilaria caudata como fuente endógena de cloruro de potasio, en la Bahía de Cienfuegos, Cuba. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(1), 33-38. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

#### RESUMEN

El objetivo general de esta investigación fue desarrollar un procedimiento para la obtención de cloruro de potasio contenido en la macroalga roja marina Gracilaria caudata, de la bahía de Cienfuegos, Cuba. Para ello, fue necesario definir el proceso de secado de esta especie y valorar la calidad y rendimiento de la sal de potasio obtenida, teniendo en cuenta su variabilidad según las estaciones climatológicas. Se seleccionó el secado de las macroalgas a la sombra, el cual estuvo acompañado de un estudio cinético de expulsión de la sal. Se comprobó que desde las 32 a 48 horas de expuestas las macroalgas a la sombra, el rendimiento de la sal se estabilizó. Se analizó la variación estacional del contenido de la sal y del elemento Potasio en la macroalga estudiada. Con el procedimiento propuesto se alcanzó un rendimiento de un 7% de la sal con una pureza de un 92%. Las condiciones ambientales, vinculadas con la humedad atmosférica durante el secado de las macroalgas procedentes de un mismo lugar natural y la salinidad del ecosistema, determinaron el contenido de cloruro de potasio.

#### Palabras clave:

Bahía de Cienfuegos, estacionalidad, Gracilaria caudata, Cloruro de Potasio, macroalgas marinas.

#### ABSTRACT

The objective of the present research was the chemical characterization of potassium chloride (KCl) and its yield from the red marine macroalgae Gracilaria caudata from Cienfuegos Bay, Cuba. The seasonal variation of the content of KCl and Potassium (K) was analyzed in the macroalgae. The properties of the obtained salt were in agreement with those of the KCl. It was determined that from 32 to 48 hours the yield of expulsion of the KCl was stabilized placing the macroalgae in the shade. The salt obtained in the groups of samples processed after purification reached a yield of 7% and a purity of 92%. It was observed that the environmental conditions determine the content of KCl. Maximum values of yield were observed in March of 2007 with 16, 88% and lowest values of 0, 106% in November of 2006.

#### Keywords:

Cienfuegos Bay, seasonally, Gracilaria caudata, Potassium Chloride, marine macroalgae.

## INTRODUCCIÓN

Los compuestos de Potasio (K) están muy difundidos en la naturaleza, y sobre todo abundan mucho en las rocas constituidas por silicatos complejos de Sodio (Na) y Potasio (K), que al desintegrarse, pasan a formar parte de compuestos solubles que llegan hasta el mar a través de los arrastres terrígenos (Nichols, 2009).

La evaporación del agua de los mares interiores durante las pretéritas edades geológicas ha dado origen a los grandes depósitos de sales sódicas y potásicas del mundo. Existen depósitos salinos en diversos lugares de la tierra como son los yacimientos de Stassfurt (Alemania), así como los de Suria y Cardona en España que suministran cloruro de potasio (KCl) y varias sales dobles y mixtas de Potasio y Magnesio. En Norteamérica se reportan las salmueras naturales de Trona en California donde se extraen al año más de 50 000 toneladas en forma de Óxido de Potasio. Los depósitos de minerales en Nuevo México se encuentran a 325-500 m de profundidad y aportan KCl con una pureza de 98 % por lixiviación de la mezcla del mineral en agua caliente. La obtención de esta sal por recristalización es muy eficaz ya que es menos soluble de los haluros de este elemento (Emerson & Hedges, 2008).

El KCl precipita en forma de cristales cúbicos y blancos, los cuales se utilizan en la preparación de medicamentos: sales de rehidratación, sueros salinos, tabletas para la hipertensión, y muy especialmente tiene gran utilidad como fertilizante agrícola (Beckett & Van Staden, 1989).

La Enciclopedia del Mar reporta que las algas marinas particularmente las macroalgas pardas (feofíceas) son recolectadas para usarse directamente como abono o fertilizante agrícola, sabidas sus propiedades salinas ricas en K y Calcio (Salvat, 1980). Se adicionan reportes donde se informa que las macroalgas rojas del orden Gracilariales contienen alrededor de un 6% de su peso seco de cloruro de potasio (KCl). También se notifica que las cenizas obtenidas al quemar el *Fucus gigante* (macroalga marina de las costas de California) contienen un 6% de KCl del peso seco de esta alga (Jayasankar & Polywal, 2000).

La utilización de las macroalgas marinas para estos fines por su elevado contenido de sales en forma de cloruros y/o sulfatos, desde tiempos remotos, fundamenta que, en la literatura revisada sobre este tema sea común, las consideraciones positivas acerca del valor de estos vegetales acuáticos como abono orgánico, por ser fuente de Yodo, K y otros minerales (Salvat, 1980).

Los minerales como uno de los componentes en el peso seco de las macroalgas, frecuentemente, se encuentran asociados a los polímeros coloidales presentes en estos vegetales (Sautier, 1987; Bird, et al., 1988; Chopin, et al., 1989; Chopin & Floc'h, 1992), cuya gama de elementos representan un complemento importante para la nutrición. La concentración de las sales minerales varía en el transcurso del año, siendo mínima en verano y máxima

en el período de primavera (Safronova, 1991).

Hasta el momento no han sido detectadas fuentes naturales de KCl en Cuba y todo el producto que se ha consumido es importado. De ahí la importancia de investigar sobre las potencialidades de las macroalgas marinas como fuente natural de esta sustancia química en las zonas costeras cubanas. Estas macroalgas tienen la propiedad de exudar la sal cuando son secadas lentamente, preferiblemente a la sombra y al aire, llegándose a cubrir de esta sal (Dhargalkar & Pereira, 2005).

Estudios en la bahía de Cienfuegos, Cuba han evidenciado que las macroalgas son muy diversas y abundantes (Araujo, 1991; Moreira, et al., 2003, 2006, 2010, 2013; Castellanos, et al., 2005, 2008, 2012), lo cual motivó a la realización del presente trabajo cuyo objetivo general fue proponer una metodología de obtención de la sal KCl contenida en la macroalga roja *Gracilaria caudata* J. Agardh abundante en este ecosistema. Para ello, fue necesario definir el proceso de secado de esta especie y valorar la calidad y rendimiento de la misma, teniendo en cuenta su variabilidad según las estaciones climatológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta de macroalgas marinas se realizó en el placer natural "Los Prácticos", de la Ensenada de Marsillán, bahía de Cienfuegos (Figura 1), en el período 2006-2007. Se utilizó la macroalga roja *Gracilaria caudata* para la obtención de KCl (Figura 2). La identificación de la especie de macroalga se realizó según Taylor (1960); y Littler & Littler (2000).



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en la bahía de Cienfuegos, Cuba.

Se desarrolló una metodología de obtención de la sal de cloruro de potasio (KCl), cuyo rendimiento fue promediado a partir de seis réplicas de muestras de 500 g de macroalgas de un mismo placer natural. Para su definición se evaluaron dos métodos de secado del alga como materia prima de este proceso: secado a la sombra y secado al sol. En ambos casos se realizó un estudio

cinético del fenómeno de expulsión de la sal en un período de tiempo entre 8 y 72 horas. La sal bruta obtenida fue sometida a un proceso de purificación. La pureza de la misma se determinó por el método de Fotometría de Llama. Además, se evaluaron otras propiedades de la sal como cloruros, solubilidad de 56,7 g purificado en 100 ml de agua a 100°C, disolución a temperatura ambiente, reacción ante la solubilidad de carragenina, color, olor, sabor y pH., según las técnicas descritas por Perry (1976).

Posteriormente se aplicó la metodología de obtención de KCl a tres grupos de 500 g de la macroalga estudiada y procedentes del mismo lugar, pero colectadas en diferentes meses (Octubre del 2006a Septiembre 2007) con el objetivo de observar la variación estacional del rendimiento del ión potasio (K) en la sal obtenida, utilizando el método de Absorción Atómica. Con el objetivo de comparar el contenido de K entre los períodos seco y lluvioso se realizó una prueba t de Student.



Figura 2. Macroalga roja Gracilaria caudata, de la bahía de Cienfuegos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología de obtención de KCl en la macroalga Gracilariacaudata (secadas a la sombra) fue aplicada a muestras colectadas en diferentes lugares y meses. La forma de obtención de KCl por secado a la sombra (9,8%) presentó un mayor rendimiento que la forma de secado al sol (1,75%). De forma general, los valores medios del rendimiento de la sal oscilaron entre el 6 y el 16%. Los resultados indican que la pureza de las muestras se encontraba entre 73-75%. Se observó que a partir de las 32 a 48 horas el rendimiento de expulsión de la sal se estabilizó, considerándose este último el tiempo máximo para la extracción de la sal (Tabla 1). Las propiedades químico-físicas de la sal obtenida confirman que se está en presencia de la sal de KCl (Tabla 2) (Perry, 1976).

La sal de KCl alcanzó un valor promedio de rendimiento elevado, con una pureza muy estable (Tabla 3). Es de notar, que el período donde se realizó la extracción (Marzo) es un mes típico del período seco, condición ambiental que contribuye a que el medio marino tenga una elevada salinidad, esperándose un contenido de

sales minerales en la macroalga proporcional al del medio, y por tanto elevada (Seisdedo & Muñoz, 2005). Estudios anteriores realizados en el mismo lugar y mes (Marzo), pero en diferentes años, han evidenciado que las condiciones ambientales determinan el contenido de KCl. Por otra parte, el porcentaje de K en Gracilaria caudata mostró tener una variación notable en cuanto a su contenido (Tabla 4) (García, 1993; Vega & Herrera, 1994; Becerra & Díaz, 1998).

Tabla 1. Cinética de expulsión de KCl por Gracilaria caudata, de la bahía de Cienfuegos: Rendimientos de los grupos de muestras en porcentaje del peso de la macroalga seca.

TIEMPO (HORAS)	GRUPO 1 %	GRUPO 2 %
8	6,92	5,17
24	14,68	6,10
32	17,12	8,43
48	17,36	8,19
56	15,43	11,66
72	19,43	11,45

Tabla 2. Propiedades químico- físicas de KCl obtenido de Gracilariacaudata, de la bahía de Cienfuegos.

Propiedades	Comportamiento
Pureza Fotometría Llama. por de	92%
Cloruros	44%
Solubilidad de 56,7 g purificado en 100 ml de agua a 100°C	Total
Disolución a temperatura ambiente	Endotérmica
Reacción ante la solución de Carragenina	Precipita la Carragenina tipo Kappa
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Sabor	Salado
pH	6

Tabla 3. Rendimiento y pureza de KCl de Gracilariacaudata, de la bahía de Cienfuegos.

Peso Húmedo	Peso Seco	Rendimiento (%)		Pureza (%)	
		Promedio	DS	Promedio	DS
Macroalga (g)	Macroalga (g)				
500	50	7	2,5	92	0,73

DS= Desviación estándar

La variación estacional del ión K en Gracilaria caudata durante el período de Octubre del 2006 a Mayo de 2007 mostró un comportamiento muy variable, donde se observaron valores máximos en Marzo de 2007 con un 16,88% y valores mínimos de 0,106% en Noviembre de 2006. Los mayores valores de contenido de K en los meses de Julio y Agosto en comparación con los meses de Noviembre y Diciembre pudiera explicarse al corrimiento de la estación lluviosa y el impacto de agua dulce provocado por el fuerte período lluvioso en Octubre de 2006 en la bahía de Cienfuegos (Tabla 5) (Barcia & León, 2013).

Los bajos valores de contenido de K en Noviembre y Diciembre de 2006 contribuyeron a que el valor medio de la época de seca no resultara muy superior al de lluvia. Las diferencias observadas en las medias de ambas épocas no tienen significación al considerar la elevada desviación estándar para cada grupo de análisis ( $p=0.06$ ). Este resultado es atípico porque en estudios anteriores se demostró estadísticamente que el ecosistema bahía de Cienfuegos presenta una marcada estacionalidad en diferentes indicadores y sobre todo el indicador salinidad que es el que tiene relación directa con el contenido de K en la macroalga (Tabla 5) (Lara & Castellanos, 1994; Seisdedo & Muñoz, 2005).

Tabla 4. Contenido de K en Gracilaria caudata, de la bahía de Cienfuegos, en años anteriores (1993, 1994 y 1998).

Año	Contenido (%)	Referencias
1993	0,643	García (1993)
1994	16,88	Vega y Herrera (1994)
1998	7,05	Becerra y Díaz (1998)

Tabla 5. Variación estacional del contenido de K en Gracilariacaudata, de la bahía de Cienfuegos.

Mes/Año	Contenido (%)
Octubre 2006	2,141
Noviembre	0,106
Diciembre	0,347
Febrero 2007	1,950
Marzo	16,88
Abril	7,488

Mayo	7,33
Junio	1,122
Julio	0,860
Agosto	0,861
Septiembre 2007	1,746

Al igual que el contenido de K, los valores de KCl exudados por la macroalga presentaron los valores máximos en el mes de Marzo de 2007, seguido por el mes de Abril, correspondientes al período seco. El mes de Noviembre presentó un valor bajo, a pesar de estar incluido dentro de los meses del período seco (Tabla 6), pero por ser un mes que se encuentra en la frontera con la época de lluvia, en la mayoría de los casos recibe los impactos de las altas precipitaciones de Octubre asociadas en su mayoría a períodos de tormentas y ciclones tropicales (Moreira, et al., 2010). Estos resultados confirman que el contenido de minerales en las macroalgas depende de las condiciones ambientales y estacionales (García, 1993; Vega & Herrera, 1994; Becerra & Díaz, 1998; Castellanos, et al., 2008).

Tabla 6. Comportamiento del KCl de Gracilaria caudata, de la bahía de Cienfuegos, en el período de Marzo-Octubre de 2007.

Meses	Cantidad de KCl % en 100 g de macroalga (g)			Promedio (%) de KCl exudado
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Marzo	14,0	14,1	14,0	14,0
Abril	13,5	14,0	14,0	13,8
Mayo	2,5	2,7	2,7	2,6
Julio	1,5	1,9	1,8	1,7
Agosto	1,2	2,7	2,0	2,0
Septiembre	1,8	1,8	1,8	1,8
Octubre	2,5	2,5	2,5	2,5

## CONCLUSIONES

Las propiedades físico-químicas evaluadas de la sal obtenida, a partir de la macroalga Gracilaria caudata, de la bahía de Cienfuegos, se corresponden con las de cloruro de potasio (KCl).

Se encontró que a partir de las 32 a 48 horas el rendimiento de expulsión de KCl se estabilizó colocando las macroalgas a la sombra.

La sal de KCl obtenida en los grupos de muestras procesadas después de un proceso de depuración alcanzó un rendimiento de un 7% y una pureza de un 92%.

Las condiciones ambientales determinaron el contenido de KCl. El contenido de KCl en la macroalga durante el período de Noviembre de 2006 a Octubre de 2007 fue

muy variable, se observaron valores máximos en Marzo de 2007 con un 16,88% y valores mínimos de 0,106% en Noviembre de 2006.

Se confirmó que el contenido de KCl en macroalgas colectadas en el mismo lugar y mes (Marzo), pero en diferentes años, presenta una variación notable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, M. (1991). Prospección de algas del género *Gracilaria* en la bahía de Cienfuegos y algunos resultados de su cultivo in situ. VI Fórum de ciencia y técnica. Cienfuegos. Cienfuegos: CDICT.
- Barcia, S., & León, O. (2013). Determinación de la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia de Cienfuegos. Revista Cubana de Meteorología, 19(1), 114-124. Recuperado de <http://www.met.inf.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2013/n1/1.pdf>
- Becerra, S., Díaz, M. (1998). Caracterización bromatológica de las macroalgas de la bahía de Cienfuegos. Trabajo de Diploma. Santa Clara: Universidad Central de Las Villas.
- Beckett, R. P., & Van Staden, J. (1989). The effect of seaweed concentrate on the growth and yield of potassium stressed wheat. Plant and Soil, 116(1), 29-36. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02327254>
- Bird, K. T. (1988). Agar production and quality from *Gracilaria* sp. strain G-16: effects of environmental factors. Botánica Marina, 31(1), 31-39. Recuperado de <https://www.degruyter.com/1988.1988/botm.1988.31.1.33.x>
- Castellanos, M. E., Moreira González, A. R., & León, A. R. (2012). Caracterización fitoquímica de las macroalgas marinas *Gracilaria caudata*, *Ulva lactuca* y *Ulva flexuosa* subsp. *flexuosa* de la bahía de Cienfuegos, Cuba. ALGAS, Boletín de la Sociedad Española de Ficología, 46, 4-8. Recuperado de <http://www.sefalgas.org/imagenes/pdf/boletines/ALGAS46.pdf>
- Castellanos, M., et al. (2005). Concentración de arsénico en macroalgas de la bahía de Cienfuegos, Cuba. Revista de Investigaciones Marinas, 26, 20-26. Recuperado de <https://www.rim.uh.cu/index.php/RIM/article/download/129/127>
- Castellanos, M., Sosa, L., Moreira González, A., & León, A. (2008). Variación espacial y temporal de la bioconcentración de arsénico en macroalgas de la bahía de Cienfuegos. Revista de Investigaciones Marinas, 29, 197-203. Recuperado de <http://www.rim.uh.cu/index.php/RIM/issue/view/14>
- Chopin, T., & Floc'h, J. (1992). Eco-Physiological and biochemical study of two of the most constraining forms of *Chondrus crispus* (Rhodophyta, Gigartinales). Marine Ecology Progress Series, 81, 185-195. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/24827317>
- Chopin, T., Hourmant, A., Floc'h, J., & Penot, M. (1989). Seasonal variations of growth in the red alga *Chondrus crispus* on the Atlantic French coasts. II. Relations with phosphorylated fractions. Can. J. Bot., 68, 512-517. Recuperado de [http://www.academia.edu/25513726/Seasonal\\_variations\\_of\\_growth\\_in\\_the\\_red\\_alga\\_Chondrus\\_crispus\\_on\\_the\\_Atlantic\\_French\\_coasts.\\_II.\\_Relations\\_with\\_phosphorus\\_concentration\\_in\\_seawater\\_and\\_internal\\_phosphorylated\\_fractions](http://www.academia.edu/25513726/Seasonal_variations_of_growth_in_the_red_alga_Chondrus_crispus_on_the_Atlantic_French_coasts._II._Relations_with_phosphorus_concentration_in_seawater_and_internal_phosphorylated_fractions)
- Dhargalkar, V. K., & Pereira, N. (2005). Seaweed: promising plant of the millennium. Science and Culture, 71(3-4), 60-66.
- Emerson, S. R., & Hedges, J. I. (2008). Chemical Oceanography and the Marine Carbon Cycle. Cambridge: Cambridge University Press.
- García, Y. (1993)- Caracterización cuantitativa de los constituyentes de las algas *Gracilaria cylindrica*, *Ulva lactuca* y *Enteromorpha salina* con vistas a su posterior uso farmacéutico y alimenticio. Trabajo de Diploma. Santa Clara: Universidad Central de Las Villas, Cuba, 41 pp.
- Jayasankar, R., & Polywal, K. (2000). Seasonal variation in the essential micro-nutrients of *Gracilaria* spp. of Tamil Nadu coast. Indian Journal of Fisheries, 47(4), 349-354. Recuperado de <http://eprints.cmfri.org.in/145/>
- Lara, M., & Castellanos, M. E. (1994). Variación estacional de algunos indicadores hidroquímicos en la bahía de Cienfuegos. Tercer Congreso de Ciencias del Mar, La Habana.
- Littler, D. S., & Littler, M. M. (2000). Caribbean Reef Plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. Washington, D. C: OffShore Graphics.
- Moreira González, A.R., Gómez, M., Suárez, A., León, A., & Castellanos, M. (2003). Variación de la composición y abundancia de macroalgas en la bahía de Cienfuegos, Cuba. Revista de Investigaciones Marinas, 24(2), 83-94. Recuperado de [http://www.academia.edu/7541137/VARIACION\\_DE\\_LA\\_COMPOSICION\\_Y\\_ABUNDANCIA\\_DE\\_MACROALGAS\\_EN\\_LA\\_BAHIA\\_DE\\_CIENFUEGOS\\_CUBA](http://www.academia.edu/7541137/VARIACION_DE_LA_COMPOSICION_Y_ABUNDANCIA_DE_MACROALGAS_EN_LA_BAHIA_DE_CIENFUEGOS_CUBA).
- Moreira, A., Barcia, S., Cabrales, Y., Suárez, A. M., & Fujii, M. T. (2010). El impacto del huracán Dennis sobre el macrofitobentos de la bahía de Cienfuegos, Cuba. Revista de Investigaciones Marinas, 30, 175-185.
- Moreira, A., Fujii, M. T., & Suárez, A. M. (2013). Nuevos registros de rodofitas marinas para Cuba. Revista de Investigaciones Marinas, 33, 7-12.

- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy*. New York: Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Perry, J. H. (1976). *Chemical Engineer Handbook*. Ed. Revoluc. La Habana: Inst. Cubano del Libro.
- Safronova, T. M. (1991). *Materias primas y materiales de la producción pesquera*. Mosch: Agropromizdat.
- Salvat, J. (1980). *Enciclopedia "El Mar"* Salvat. Tomo II. Barcelona: *Salvat*, S.A.
- Sautier, C. (1987). Les Algues en Alimentation Humaine. *Cab. Nutr. Diet.*, 22(62), 469–472.
- Seisdedo, M., & Muñoz, A. (2005). Efecto de las precipitaciones en la calidad de las aguas de la bahía de Cienfuegos. *Revista Cubana de Meteorología*, 12 (2), 64-67. Recuperado de <http://www.rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/296/0>
- Taylor, W. R. (1960). *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical coasts of the Americas*. Michigan: University of Michigan Press.
- Vega, L., & Herrera, S. (1994). Evaluación del alga *Gracilariacylindrica* como suplemento nutricional. Trabajo de Diploma. Santa Clara: Universidad Central de Las Villas.