

Artículo original

Bioestimulantes promueven la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) en medio salino

Geydi Pérez-Domínguez^{1*} 

Indira López-Padrón¹ 

Lisbel Martínez-González¹ 

Yanelis Reyes-Guerrero¹ 

Miriam de la C. Núñez-Vázquez¹ 

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

* Autor para correspondencia: geydi@inca.edu.cu

RESUMEN

El arroz es uno de los cereales más importantes y alimenta a más del 50 % de la población mundial. Su producción se ve afectada por diferentes factores, entre ellos, la salinización de los suelos. Por este motivo, se hace necesario utilizar estrategias que reduzcan el daño que provoca la salinidad en el establecimiento, crecimiento y desarrollo de estas plantas, siendo una de ellas el empleo de productos bioactivos amigables con el medio ambiente. El objetivo del presente trabajo fue determinar si el tratamiento a las semillas de arroz cultivar INCA LP-7 con Pectimorf® o con un extracto acuoso de *Sargassum fluitans*, es capaz de estimular la germinación de las mismas en medio salino. Para dar cumplimiento a este objetivo se ejecutaron dos experimentos; en el primero se sumergieron las semillas, durante 24 horas, en soluciones de diferentes concentraciones de Pectimorf® (10, 20 y 40 mg L⁻¹) y en el segundo, en diferentes concentraciones del extracto de sargazo (0,5 %, 1 %, 1,5 %, 3,5 % y 5 %). En ambos experimentos se pusieron a germinar las semillas por siete días y se evaluó la dinámica de germinación, así como el porcentaje final de germinación, la masa seca de las plántulas y el índice de vigor. Los resultados demostraron que la aplicación de 10 y 40 mg L⁻¹ de Pectimorf® estimularon significativamente el porcentaje final de germinación y el índice de vigor en medio salino, mientras que el extracto de sargazo incrementó, tanto la masa seca, como el índice de vigor en todas las concentraciones estudiadas.

Palabras clave: *Oryza sativa*, oligogalacturónido, *Sargassum fluitans*, semillas, salinidad

Recibido: 05/11/2020

Aceptado: 18/03/2021

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae. Es uno de los cereales de mayor producción a nivel mundial y constituye una de las bases de la alimentación humana ^(1,2). Sus rendimientos futuros se ponen en peligro debido a su alta sensibilidad a la sal, que se prevé que aumentará con el cambio climático global ⁽³⁾. Es un cultivo sensible a la sal y ante condiciones de estrés salino se manifiesta una afectación en la germinación de las semillas ^(4,5).

La salinidad puede afectar la germinación de las semillas de dos formas: primeramente crea un estrés osmótico y posteriormente se evidencia la toxicidad de los iones de sodio y cloruro ^(6,7). Las semillas son particularmente vulnerables a la salinidad porque, en esta etapa, aún no han desarrollado los mecanismos fisiológicos para tolerar el aumento de las concentraciones de sales en el medio ⁽⁷⁾.

Una de las estrategias que pudiera utilizarse para contrarrestar el efecto de la salinidad, además de la utilización de cultivares tolerantes, es la aplicación de diferentes productos ecológicamente inocuos como pueden ser los bioestimulantes y los reguladores del crecimiento ⁽⁸⁾.

El grupo de Productos Bioactivos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas ha desarrollado una mezcla de oligogalacturónidos denominada comercialmente como Pectimorf[®]. Este producto puede activar mecanismos de defensa y disminuir o atenuar el estrés ambiental en las plantas ^(9,10); además, también estimula el enraizamiento, crecimiento y diferenciación celular de diferentes especies vegetales.

El uso de las algas marinas como bioestimulantes es un sector en crecimiento en varias partes del mundo. Una de las razones que hacen a las algas marinas buenas candidatas para la producción de bioestimulantes vegetales es la presencia de una extensa gama de sustancias bioactivas que pueden favorecer el crecimiento vegetal, entre ellas: fitohormonas, macro y micronutrientes, aminoácidos y vitaminas. Además de estos compuestos, las algas poseen otros metabolitos únicos como los polisacáridos sulfatados y algunos polifenoles que, según otras investigaciones mejoran la resistencia al estrés ⁽¹¹⁾.

Dentro de todas las algas marinas los extractos de algas pardas y en especial, los extractos de sargazos han cobrado especial importancia, siendo utilizados como biofertilizantes o estimulantes naturales del crecimiento de las plantas. Varios trabajos anteriores han constatado los efectos estimuladores de estos extractos en la germinación de semillas ^(12,13).

Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar si el tratamiento a las semillas de arroz cultivar INCA LP-7 con Pectimorf[®] o con un extracto acuoso de *Sargassum fluitans* es capaz de estimular la germinación de las mismas en medio salino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento al objetivo de este trabajo se ejecutaron dos experimentos en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ubicado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

En ambos experimentos se utilizaron semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar INCA LP-7, las cuales fueron embebidas durante 24 horas en diferentes concentraciones de los bioestimulantes. Una vez culminada la imbibición, las semillas se colocaron en placas Petri (20 semillas por placa y cuatro placas por tratamiento) y se dividieron en dos grupos. A un grupo se le adicionaron 15 mL de agua destilada, mientras que al segundo se le adicionó igual cantidad de solución de NaCl 100 mmol L⁻¹. Las placas se colocaron en la oscuridad en una cámara de crecimiento a 28-30 °C durante siete días. El número de semillas germinadas se contabilizó en cada placa a las 24, 48, 72, 96 y 168 horas, las semillas se consideraron germinadas cuando su radícula emergió. Al final del experimento, o sea, a los siete días, se tomaron cinco muestras de cinco plántulas por tratamiento para determinar la masa seca de las plántulas, para ello las plántulas se colocaron en una estufa a 70 °C hasta masa constante. Con los datos obtenidos se calcularon los siguientes indicadores: índice y tasa de germinación, porcentaje final de germinación, así como índice de vigor, para lo cual se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Índice de germinación

$$(GI) = \Sigma (Gt/Tt)$$

donde:

Gt es el número de semillas germinadas en el día.

t y Tt es el número de días desde el comienzo de la prueba de germinación.

Tasa de germinación

$$(GR) = \Sigma Ni / \Sigma Ti Ni$$

donde:

Ni es el número de semillas recién germinadas en el momento Ti.

Porcentaje final de germinación

$$(G \%) = (Gf/N) 100$$

donde:

Gf es el número total de semillas germinadas al final de la prueba.

N es el número total de semillas utilizadas en la prueba.

Índice de vigor

$$(VI) = SDW G \%$$

donde:

SDW es la masa seca de la plántula al final de la prueba

G % es el porcentaje final de germinación ⁽¹⁴⁾.

En el primer experimento, se utilizaron varias concentraciones (10, 20 y 40 mg L⁻¹) de la mezcla de oligogalacturónidos, conocida como Pectimorf[®] (Pm), obtenida en el INCA. En el segundo, se utilizaron diferentes concentraciones (0,5, 1,0, 1,5, 3,5 %) de un extracto acuoso de sargazo, el cual fue obtenido a partir de sargazo fresco recogido en la costa de la playa Santa Fe, al oeste de la provincia La Habana, de acuerdo a la siguiente metodología: lavado primero del sargazo con agua de mar y luego, varias veces con agua corriente hasta eliminar toda la sal y arena. Posteriormente, el sargazo lavado se colocó en un recipiente y se cubrió completamente con agua corriente y se dejó en reposo por tres meses, con agitación dos veces por semana ⁽¹⁵⁾. La especie de sargazo utilizada fue *Sargassum fluitans*. Al final del período, el líquido se filtró para eliminar los restos y este fue considerado un extracto al 100 %.

Los datos obtenidos, en ambos experimentos, se procesaron mediante el cálculo de las medias, la desviación estándar y los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La influencia del Pectimorf[®] en la germinación de semillas de arroz cv. INCA LP-7 se muestra en la Tabla 1. Como se puede apreciar, las concentraciones utilizadas, de forma general, no ejercieron influencia significativa en los indicadores evaluados cuando el medio de germinación fue agua destilada; sin embargo, en medio salino (100 mmol L⁻¹ de NaCl) la concentración de 40 mg L⁻¹ de Pm (Pectimorf) resultó la mejor, ya que influyó significativamente en el índice de germinación y en el porcentaje final de germinación, lo que repercutió en el índice de vigor de las plántulas. No obstante, la concentración de 10 mg L⁻¹ favoreció también el porcentaje final de germinación y el índice de vigor de las plántulas. Estos resultados preliminares demostraron la factibilidad del uso del Pectimorf[®] para favorecer la germinación de las semillas de este cultivar en medio salino, aspecto que debe confirmarse posteriormente.

Tabla 1. Influencia del Pectimorf® en la germinación de semillas de arroz cv. INCA LP-7

| Concentraciones de Pectimorf | Medio de germinación | Índice de germinación (GI) | Porcentaje final de germinación (G %) | Tasa de germinación (GR) | Índice de vigor (VI) |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Control | Agua destilada | 20,8 ± 3,1 | 88,7 ± 10,9 | 1,3 ± 0,7 | 391,7 ± 57,0 |
| 10 mg L ⁻¹ | | 20,1 ± 1,7 | 77,5 ± 6,3 | 1,8 ± 0,2 | 384,1 ± 50,5 |
| 20 mg L ⁻¹ | | 22,2 ± 3,3 | 85,0 ± 4,0 | 1,6 ± 0,4 | 421,3 ± 19,3 |
| 40 mg L ⁻¹ | | 23,4 ± 2,6 | 88,8 ± 7,3 | 1,6 ± 0,5 | 493,2 ± 45,7 |
| 0 (Control) | NaCl | 16,5 ± 0,9 | 73,8 ± 2,4 | 0,9 ± 0,1 | 246,6 ± 25,3 |
| 10 mg L ⁻¹ | 100 mmol L ⁻¹ | 19,2 ± 3,3 | 90,0 ± 8,0* | 1,0 ± 0,1 | 303,6 ± 26,4* |
| 20 mg L ⁻¹ | | 15,6 ± 2,0 | 70,0 ± 10,6 | 1,2 ± 0,6 | 259,0 ± 39,4 |
| 40 mg L ⁻¹ | | 19,5 ± 1,1* | 85,0 ± 4,0* | 1,1 ± 0,5 | 333,2 ± 37,0* |

*Representa los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$

Medias ± intervalos de confianza

Las respuestas de las plantas de arroz al estrés salino son complejas y dependen de la duración y el tipo de estrés salino, la etapa de desarrollo del arroz, la duración del día y otros factores. Generalmente, se clasifica como cultivo sensible a la sal, pero la extensión de su sensibilidad varía durante las diferentes fases de crecimiento. Se considera que es menos sensible durante la germinación y el ahijamiento activo, mientras que muestra una mayor sensibilidad durante el inicio de las fases vegetativa y reproductiva ⁽⁴⁾.

Diversos estudios en el cultivo del arroz han demostrado que la salinidad actúa principalmente retrasando el proceso de germinación y no afecta el porcentaje final de germinación de las semillas ⁽¹⁶⁾. Sin embargo, otras investigaciones revelaron que el estrés salino (NaCl 0-300 mM) reduce el porcentaje, el índice y la velocidad de germinación, el porcentaje de energía de germinación y el tiempo medio de germinación ⁽¹⁷⁾. Estos resultados podrían deberse a las altas concentraciones de sal utilizadas en el estudio.

En la Figura 1 se muestra la influencia del Pm y la afectación que la salinidad provoca en la masa seca de plántulas de arroz cv. INCA LP-7. Se puede observar que el tratamiento a las semillas con 40 mg L⁻¹ incrementó significativamente la masa seca cuando las semillas fueron germinadas en agua. Por otra parte, ninguno de los tratamientos empleados estimuló la masa seca de las plántulas cuando estas germinaron en condiciones salinas.

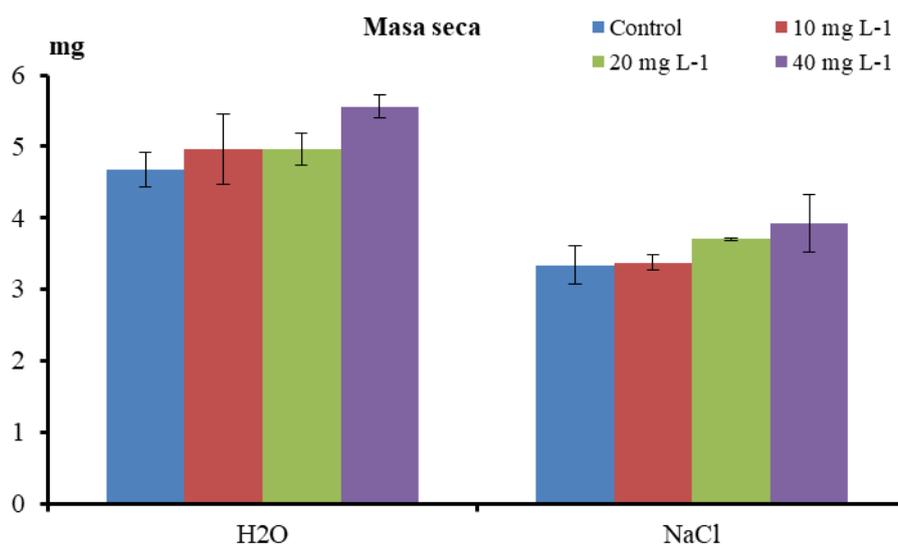


Figura 1. Efecto de diferentes concentraciones de Pectimorf® en la masa seca de plántulas de arroz cv. INCA LP-7 germinadas durante siete días, tanto en agua como en 100 mM de NaCl

Diversas investigaciones se han ejecutado para determinar la influencia de los bioestimulantes en la protección de las plantas contra diferentes tipos de estrés. Por ejemplo, semillas de arroz cultivar INCA LP-5 fueron tratadas durante 24 horas, con diferentes concentraciones de quitosana (0, 100 y 500 mg L⁻¹). Las semillas germinadas se transfirieron a potes, a los que se les adicionó solución nutritiva Hoagland diluida, suplementada o no con NaCl 100 mmol L⁻¹ y se colocaron en un cuarto de crecimiento con condiciones controladas, once días después el tratamiento a las semillas con la concentración de 100 mg L⁻¹ de quitosana estimuló la longitud y la masa seca de la parte aérea de las plántulas crecidas en medio salino ⁽¹⁸⁾.

Por otra parte, se ha informado que la aspersion foliar con 24-epibrasinólida (2 μmol L⁻¹) estimuló la longitud y la masa seca de plántulas de arroz en condiciones salinas ⁽¹⁹⁾.

Diferentes concentraciones (0, 10 y 20 mg L⁻¹) de Pm fueron aplicadas tanto por tratamiento a las semillas de arroz cv. INCA LP-7, durante 24 horas, como por adición a la solución nutritiva Hoagland suplementada con NaCl 100 mmol L⁻¹, una vez germinadas las semillas. El tratamiento salino por trece días solo disminuyó significativamente la longitud de las raíces y del vástago de las plántulas, siendo revertida total y parcialmente dicha inhibición, respectivamente por el tratamiento a las semillas con 20 mg L⁻¹ ⁽⁸⁾.

Se debe tener en cuenta, que la respuesta del cultivo a los bioestimulantes tanto en condiciones normales como en condiciones de estrés, depende de varios factores, entre los que se encuentra, la intensidad, la duración y el momento de implantación del estrés, así como la sensibilidad del genotipo a dicho estrés. Así, en este trabajo las semillas germinaron en medio salino durante siete días; sin embargo, en los trabajos anteriores las semillas germinaron en agua y después de 48 horas se sometieron al estrés salino. Además, se utilizaron diferentes cultivares como por ejemplo, el cv. J-104 que es sensible a la salinidad y el cv. Ginés que es considerado tolerante a la sal, al igual que el cv. INCA LP-7, que fue el utilizado en este trabajo. El comportamiento de los cultivares es diferente según su tolerancia a la sal. Todo esto pudiera explicar la no respuesta encontrada en el presente trabajo al

tratamiento a las semillas con Pm en la masa seca ocurriendo lo contrario en los otros trabajos donde se observó una estimulación de las plántulas en medio salino.

El efecto del Pectimorf en la estimulación del porcentaje final de germinación pudiera deberse a su efecto hormonal. En publicaciones anteriores se discute el efecto hormonal de las mezclas de oligogalacturónidos, principalmente su posible efecto auxínico ⁽⁹⁾. En particular, el Pectimorf se ha utilizado como sustituto de reguladores de crecimiento tradicionales en el cultivo *in vitro* ⁽²⁰⁻²²⁾. No obstante, se hace necesario profundizar en los mecanismos por los cuales este bioestimulante realiza su acción antiestrés.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la influencia del extracto acuoso de *Sargassum fluitans* en la germinación de semillas de arroz cv. INCA LP-7. Cuando el medio de germinación fue agua destilada la concentración de 1,5 % mostró diferencias significativas con respecto al tratamiento control en el porcentaje final de germinación, mientras que el índice de vigor aumentó con las tres concentraciones más altas del extracto. Las semillas germinadas en NaCl 100 mmol L⁻¹ incrementaron el índice de vigor con todas las concentraciones de sargazo utilizadas y solo la concentración de 1 % estimuló significativamente el índice de germinación.

Tabla 2. Influencia de un extracto acuoso de *Sargassum fluitans* en la germinación de semillas de arroz cv. INCA LP-7

| Concentraciones de extractos de <i>Sargassum</i> | Medio de germinación | Índice de germinación (GI) | Porcentaje final de germinación (G %) | Tasa de germinación (GR) | Índice de vigor (VI) |
|--|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 0 (Control) | Agua destilada | 27,4 ± 1,8 | 91,3 ± 2,4 | 1,6 ± 0,2 | 444,0 ± 11,2 |
| 0,5 % | | 27,4 ± 3,6 | 92,5 ± 9,4 | 1,6 ± 0,2 | 483,0 ± 67,8 |
| 1 % | | 28,4 ± 2,7 | 96,3 ± 4,7 | 1,9 ± 0,2 | 434,7 ± 50,4 |
| 1,5 % | | 26,5 ± 2,0 | 95,0 ± 0,0* | 1,9 ± 0,1 | 574,8 ± 27,0* |
| 3,5 % | | 27,1 ± 2,0 | 95,0 ± 4,0 | 1,9 ± 0,1 | 523,4 ± 40,0* |
| 5 % | | 24,7 ± 1,0 | 93,8 ± 2,4 | 1,7 ± 0,2 | 523,9 ± 29,7* |
| 0 (Control) | NaCl | 18,5 ± 0,3 | 91,3 ± 4,7 | 1,1 ± 0,2 | 215,8 ± 30,8 |
| 0,5 % | 100 mmol L ⁻¹ | 17,8 ± 2,6 | 86,3 ± 6,2 | 1,1 ± 0,1 | 291,0 ± 17,9* |
| 1 % | | 21,6 ± 0,6* | 92,5 ± 2,8 | 0,9 ± 0,1 | 320,3 ± 41,6* |
| 1,5 % | | 20,6 ± 1,8 | 93,8 ± 6,52 | 0,9 ± 0,1 | 315,3 ± 48,1* |
| 3,5 % | | 19,4 ± 2,7 | 95,0 ± 6,9 | 1,1 ± 0,2 | 309,0 ± 54,2* |
| 5 % | | 19,8 ± 2,5 | 92,5 ± 2,8 | 1,3 ± 0,3 | 295,5 ± 9,0* |

*Representa los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$

Medias ± intervalos de confianza

La Figura 2 muestra el efecto de diferentes concentraciones de un extracto acuoso de *Sargassum fluitans* en la masa seca de plántulas a los siete días de haber colocado las semillas tanto en agua como en 100 mM de NaCl, para su germinación. En la misma, se aprecia que las concentraciones más altas incrementaron significativamente la masa seca cuando las plántulas crecieron en agua destilada y en medio salino, todas las concentraciones de *Sargassum fluitans* empleadas superaron al tratamiento control, lo que demostró la efectividad de este extracto para estimular la masa seca y por ende, el índice de vigor de las plántulas bajo estas condiciones.

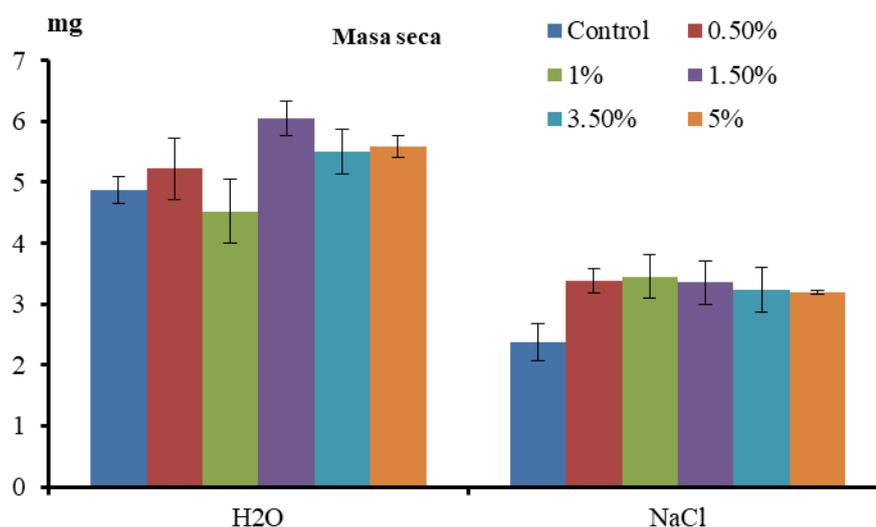


Figura 2. Efecto de diferentes concentraciones de un extracto acuoso de *Sargassum fluitans* en la masa seca de plántulas de arroz cv. INCA LP-7 germinadas durante siete días tanto en agua como en 100 mM de NaCl

En estudios anteriores, se ha observado la eficiencia del extracto líquido de *Sargassum tenerrimum* en la germinación, crecimiento, rendimiento y calidad de semillas de *Solanum lycopersicum*, aplicado a la planta en tres formas diferentes, como tratamiento del suelo, aspersión foliar y tratamiento de semillas con diferentes concentraciones que oscilan entre 0,2 % y 1 % ⁽²³⁾.

La aplicación de extractos líquidos de *Sargassum wightii* ha aumentado el porcentaje de germinación de semillas y el crecimiento de *Triticum aestivum* ⁽¹³⁾. En otra investigación realizada se demostró que los extractos acuosos al 1 % de *S. wightii* promovieron el crecimiento y el rendimiento de las plantas de *Capsicum annum* ⁽¹³⁾. Semillas de *Vigna mungo* L. tratadas con extractos de algas *Turbinaria conoides* al 1,5 % y *Sargassum wightii* al 1,0 %, durante tres horas, mejoraron significativamente la germinación de las semillas, la velocidad de germinación, la producción de materia seca y el índice de vigor ⁽²⁴⁾.

En cuanto al estrés salino, se ha demostrado que extractos de *Sargassum vulgare* al 0,2 % y 0,5 % incrementaron la germinación y el crecimiento de plántulas de trigo duro (*Triticum durum* L.) sometidas a concentraciones de NaCl de 2 y 4 g L⁻¹. Mientras que concentraciones superiores de estos extractos 25 y 50 % tuvieron efectos inhibitorios ⁽²⁵⁾.

Igualmente, extractos de *Sargassum vulgare* estimularon la germinación y el crecimiento de plantas de dos cultivares en tomate crecidas en medio salino ⁽²⁶⁾.

De forma similar, extractos de algas pardas (*Sargassum muticum*) y rojas (*Jania rubens*) a la concentración de 1 % disminuyeron los efectos adversos del estrés salino en el crecimiento de plantas de garbanzo (*Cicer arietinum*). Estos resultados estuvieron asociados a un aumento de los pigmentos fotosintéticos, una disminución de los iones Na⁺, aumento de los iones K⁺ y a una disminución del estrés oxidativo ⁽²⁷⁾.

Los efectos mostrados por los extractos de sargazo pudieran deberse a la gran cantidad de compuestos activos que poseen estas algas como: fitohormonas, minerales, aminoácidos y vitaminas. Aunque es de suponer que a las concentraciones utilizadas en este trabajo, el efecto predominante sea el hormonal. En las algas pardas como el sargazo, se ha descrito la presencia de hormonas, como auxinas y citoquininas, además de otros compuestos que pueden tener acción hormonal como poliaminas, betaínas y esteroides ⁽²⁸⁾.

CONCLUSIONES

- Al analizar los resultados obtenidos en ambos experimentos, se puede concluir que el tratamiento de las semillas de arroz cv. INCA LP-7 con Pectimorf[®] 10 y 40 mg L⁻¹, durante 24 horas, fue capaz de revertir la reducción que la salinidad provocó en el porcentaje final de germinación de las semillas y de incrementar significativamente el vigor de las plántulas a los siete días. Por otra parte, el tratamiento con extracto acuoso de *Sargassum fluitans* no estimuló el porcentaje final de germinación en medio salino; sin embargo, todas las concentraciones empleadas incrementaron significativamente la masa seca y el índice de vigor de las plántulas.
- Estos resultados son prometedores y, por ende, se hace necesaria su confirmación posterior, así como determinar los efectos que estos tratamientos ejercen en el crecimiento y rendimiento de las plantas, con vistas a poder recomendarlos, en un futuro, para su uso en áreas arroceras afectadas por la salinidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. John A, Fielding M. Rice production constraints and ‘new’ challenges for South Asian smallholders: insights into de facto research priorities. *Agriculture & Food Security* [Internet]. 2014;3(1):1–16. Available from: <https://agricultureandfoodsecurity.biomedcentral.com/articles/10.1186/2048-7010-3-18>
2. Onyango AO. Exploring options for improving rice production to reduce hunger and poverty in Kenya. *World Environment* [Internet]. 2014;4(4):172–9. Available from: <http://article.sapub.org/10.5923.j.env.20140404.03.html>
3. Radanielson AM, Angeles O, Li T, Ismail AM, Gaydon DS. Describing the physiological responses of different rice genotypes to salt stress using sigmoid and piecewise linear functions. *Field Crops Research* [Internet]. 2018;220:46–56. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429017307578>
4. Ghaffari A, Gharechahi J, Nakhoda B, Salekdeh GH. Physiology and proteome responses of two contrasting rice mutants and their wild type parent under salt stress conditions at the vegetative stage. *Journal of Plant Physiology* [Internet]. 2014;171(1):31–44. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429017307578>
5. Nath M, Yadav S, Sahoo RK, Passricha N, Tuteja R, Tuteja N. PDH45 transgenic rice maintain cell viability through lower accumulation of Na⁺, ROS and calcium homeostasis in roots under salinity stress.

- Journal of plant physiology [Internet]. 2016;191:1–11. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161715002631>
6. Masondo NA, Kulkarni MG, Finnie JF, Van Staden J. Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratotherca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. *Ecotoxicology and environmental safety* [Internet]. 2018;147:43–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651317305134>
 7. Hussain S, ZHANG J, Zhong C, ZHU L, CAO X, YU S, et al. Effects of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: A review. *Journal of integrative agriculture* [Internet]. 2017;16(11):2357–74. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311916616088>
 8. Núñez-Vázquez M, Martínez-González L, Reyes-Guerrero Y. Oligogalacturónidos estimulan el crecimiento de plántulas de arroz cultivadas en medio salino. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2018;39(2):96–100. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362018000200013&script=sci_arttext&tlng=en
 9. Falcón Rodríguez AB, Costales Mené D, González-Peña Fundora D, Nápoles García MC. Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2015;36:111–29. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500010
 10. Acosta DL, Menéndez DC, Rodríguez AF. Los oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2018;39(2):127–34. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362018000200020&script=sci_arttext&tlng=pt
 11. González-Giro Z, Batista-Corbal PL. Evaluación de la fitotoxicidad de un extracto acuoso del alga *Padina gymnospora* (Kützinger) sobre semillas de *Lactuca sativa* L. *Biología Vegetal* [Internet]. 2018;18(3). Available from: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/592>
 12. Mahmoud SH, Salama DM, El-Tanahy AM, Abd El-Samad EH. Utilization of seaweed (*Sargassum vulgare*) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences* [Internet]. 2019;64(2):167–75. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178319300272>
 13. Fatimah S, Aliman H, Daud N. Phytochemical screening of *Sargassum* sp and *in vitro* seed germination test. *Indonesian Journal of Science and Technology* [Internet]. 2019;4(1):48–54. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/953b/0ebe37e581af32a1df44b0e0a26812dc862b.pdf>
 14. Moeinzadeh A, Sharif-Zadeh F, Ahmadzadeh M, Tajabadi Fh. Bioprimering of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed with *Pseudomonas fluorescens* for Improvement of Seed Invigoration and Seedling Growth. *Australian Journal of Crop Science* [Internet]. 2010;4(7):564–70. Available from: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.536835516534021>
 15. La Huertina De Toni - ¿Tienes una semilla? Siembrala [Internet]. [cited 15/12/2021]. Available from: <https://www.lahuertinadetoni.es/>

16. Fogliatto S, Serra F, Patrucco L, Milan M, Vidotto F. Effect of different water salinity levels on the germination of imazamox-resistant and sensitive weedy rice and cultivated rice. *Agronomy* [Internet]. 2019;9(10):658. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/10/658>
17. Rahman A, Nahar K, Al Mahmud J, Hasanuzzaman M, Hossain MS, Fujita M. Salt stress tolerance in rice: Emerging role of exogenous phytoprotectants. *Advances in international rice research* [Internet]. 2017;139–74. Available from: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0PiODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA139&dq=Salt+stress+tolerance+in+rice:+emerging+role+of+exogenous+phytoprotectants&ots=tqUevxK4Fc&sig=GXWjIks1369BxRklcb0pLoAB2KM#v=onepage&q=Salt%20stress%20tolerance%20in%20rice%3A%20emerging%20role%20of%20exogenous%20phytoprotectants&f=false>
18. Martínez González L, Reyes Guerrero Y, Falcón Rodríguez A, Núñez Vázquez M. Efecto del tratamiento a las semillas con quitosana en el crecimiento de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar INCA LP-5 en medio salino. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2015;36(1):143–50. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000100020
19. Reyes Y, Martínez L, González MC, Deyholos M, Núñez M. Efecto de la 24-epibrasinólida en el crecimiento y la fotosíntesis de plantas jóvenes de arroz tratadas con NaCl. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2017;38(3):44–54. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n3/ctr06317.pdf>
20. Suárez Guerra L, Hernández Espinosa MM. Efecto del Pectimorf® en el cultivo de ápices de plantas *in vitro* de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), clones CMC-40 y Señorita. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2015;36(4):55–62. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362015000400007&script=sci_arttext&tlng=en
21. García MB, Avalos DMR, Acosta JMZ, Batista RD. Efecto de Pectimorf® en el enraizamiento *in vitro* de plantas de ‘FHIA-18’ (Musa AAAB). *Bioteología Vegetal* [Internet]. 2015;15(4). Available from: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/500>
22. Pino AS, García YB, Trujillo MM, Torres JL, Pérez MB, Sánchez YG, et al. Efecto del Pectimorf® como biorregulador del crecimiento en la micropropagación del cultivar ‘INIVIT MX-2008’ (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). *Agricultura Tropical* [Internet]. 2017;3(1). Available from: [http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=viewFile&path\[\]=66&path\[\]=AT03012017_6BV-020](http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=viewFile&path[]=66&path[]=AT03012017_6BV-020)
23. Sasikala M, Indumathi E, Radhika S, Sasireka R. Effect of seaweed extract (*Sargassum tenerrimum*) on seed germination and growth of tomato plant. *International Journal of ChemTech Research* [Internet]. 2016;9(09):285–93. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Sasireka-Rajendran-3/publication/310614544_Effect_of_seaweed_extract_Sargassum_tenerrimum_on_seed_germination_and_growth_of_tomato_plant_Solanum_lycopersicum/links/5c0f76fe92851c39ebe46f77/Effect-of-

seaweed-extract-Sargassum-tenerrimum-on-seed-germination-and-growth-of-tomato-plant-Solanum-lycopersicum.pdf

24. Nguyen Q, Sundareswaran S. Effect of seed priming with seaweed extracts on Seed quality parameters in Blackgram (*Vigna mungo* L.) Cv. CO 6 [Internet]. Chemi Journal. Available from: <https://www.chemijournal.com/archives/?year=2019&vol=7&issue=3&ArticleId=5612&si=false>
25. Latique S, Elouaer MA, Chernane H, Hannachi C, Elkaoua M. Effect of seaweed liquid extract of *Sargassum vulgare* on growth of durum wheat seedlings (*Triticum durum* L) under salt stress. International Journal of Innovation and Applied Studies [Internet]. 2014;7(4):1430. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.8148&rep=rep1&type=pdf>
26. Aymen EM, Salma L, Halima C, Cherif H, Mimoun E. Effect of seaweed extract of *Sargassum vulgare* on germination behavior of two tomatoes cultivars (*Solanum lycopersicum* L) under salt stress. Octa Journal of Environmental Research [Internet]. 2014;2(3). Available from: http://sciencebeingjournal.com/sites/default/files/02-0203_0.pdf
27. Latef AAHA, Srivastava AK, Saber H, Alwaleed EA, Tran L-SP. *Sargassum muticum* and *Jania rubens* regulate amino acid metabolism to improve growth and alleviate salinity in chickpea. Scientific reports [Internet]. 2017;7(1):1–12. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-07692-w>
28. Battacharyya D, Babgohari MZ, Rathor P, Prithiviraj B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae [Internet]. 2015;196:39–48. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381530176X>