**EFECTO DEL ESTRÉS SALINO EN EL CULTIVO DE *ORYZA SATIVA L*: ARTÍCULO DE REVISIÓN**

**EFFECT OF SALT STRESS ON *ORYZA SATIVA L* CULTIVATION: REVIEW ARTICLE**

**AUTORES**

Liuder Isidoro Rodríguez Coca1. Ing. Agrónomo. Profesor Instructor. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí” .Cuba. . (<https://orcid.org/0000-0002-4404-5601>)

Marcos Tulio García González2. Doctor en Ciencias. Profesor Titular. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí” Cuba. . (<https://orcid.org/0000-0002-1115-9311>)

Janet Jiménez Hernández3.Doctor en Ciencias. Profesor Titular. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí”. Cuba. (<https://orcid.org/0000-0003-1631-6539>)

Marcia María Rodríguez Jáuregui. Lic. Farmacia. Profesor instructor. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí”. Cuba. (<https://orcid.org/0000-0002-4709-5460>)

Correo: liuder@uniss.edu.cu

**Resumen**

El presente trabajo se realizó con el objetivo de documentar los efectos de la salinidad en la fisiología el cultivo del arroz. Se realizó una revisión sistemática artículos científicos publicados en prestigiosas revistas, así como tesis de doctorales procedentes de varias universidades. Se analizaron disímiles estudios realizados a nivel mundial sobre este tema. La afectación de salinidad en los suelos es debido una excesiva acumulación de sales solubles. Sin embargo, NaCl es considerada la causa primaria de salinización de los suelos, porque es abundante en la mayoría de los mismos y por su alta solubilidad; el mismo puede afectar perjudicialmente los procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares de los cultivos agrícolas. En el mundo se realizan numerosos experimentos con el objetivo de mitigar este estrés, siendo el uso de bioproducto agrícolas una alternativa que gana importancia en la actualidad.

**Palabras clave:**

SALINIDAD, FISIOLOGÍA, ARROZ.

**Abstract**

The present work was carried out with the aim of documenting the effects of salinity in physiology rice cultivation. A systematic review was performed scientific articles published in prestigious magazines, as well as doctoral theses from several universities. Dismembered studies were analyzed worldwide on this topic. The affectation of salinity in soil is due to an excessive accumulation of soluble salts. However, NaCl is considered the primary cause of salinization of soils, because it is abundant in most of them and for its high solubility; It can harm the physiological, biochemical and molecular processes of agricultural crops harmful harmful. In the world, numerous experiments are carried out with the aim of mitigating this stress, being the use of agricultural bioproduct an alternative that is important at present.

**Keywords:** SALINITY, PHYSIOLOGY, RICE

**INTRODUCCIÓN**

El arroz es el segundo cereal más cultivado y la fuente primaria de alimentación millones de personas. Su consumo aumentó con el paso de los años a medida que crece la población. Desafortunadamente, la productividad de este cultivo no incrementa al ritmo requerido para satisfacer la demanda, debido a la decreciente fertilidad el suelo, el pobre manejo de los recursos del mismo, el incremento de la incidencia de patógenos y la acumulación de sustancias fitotóxicas ([Mishra *et al.,* 2015](#_ENREF_14)).

La afectación de salinidad en los suelos es por una excesiva acumulación de sales solubles. Sin embargo, NaCl es considerada la cusa primaria de salinización de los suelos, porque es abundante en la mayoría de los suelos y por su alta solubilidad ([Shavrukov *et al.,* 2012](#_ENREF_26)).

La salinidad es un factor abiótico que afecta severamente la calidad de las suelos agrícolas y limita las cosechas en la productividad mundial [Muchate *et al.* (2016](#_ENREF_15)). El exceso en las concentraciones de sal en el suelo y el déficit del recurso agua en la productividad agrícola, induce que campos fértiles se conviertan en marginales, incitando su abandono. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que la salinidad afecta más del 6% del área de la superficie agrícola; la mayoría de dicha superficie no está bajo el cultivo pero, una proporción sustancial del suelo de cultivo el cual constituye 45 millones de hectáreas con riego y 32 millones de hectáreas de agricultura de suelo seco se encuentra afectada ([Munns y Tester, 2008](#_ENREF_16)).

El estrés salino puede afectar perjudicialmente los procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares, incluso las relaciones de agua, transpiración, la fotosíntesis, la homeostasis celular, las actividades hormonales y enzimáticas, y los modelos de expresión de gen en las plantas ([Yang y Guo, 2018](#_ENREF_29)).

En este trabajo se hace una revisión de los principales efectos que tiene la salinidad sódica en el cultivo del arroz.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

**Diseño y Estrategia de búsqueda**

Se realizó una revisión sistemática de artículos científicos publicados en acreditadas revistas nacionales e internacionales de gran reconocimiento internacional, también se consultaron tesis doctorales procedentes de diversas universidades en el mundo.

Se llevó a cabo una búsqueda en bases de datos internacionales, tales como: Springer, ResearchGate, Sciencedirect, Oxford Academic, Google Scholar y regionales tales como: Scielo y Cultivos Tropicales. Se analizaron publicaciones de artículos científicos, en el contexto internacional y nacional. Se investigaron las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el fin de rescatar otros estudios potencialmente incluibles para la revisión.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de las plantas**.

El estrés salino influye directamente en la reducción del masa fresca y seca de las raíces, tallos y hojas ([Chartzoulakis y Klapaki, 2000](#_ENREF_4)). La misma afecta casi todas las etapas de crecimiento y desarrollo de las plantas, en la germinación, en la fase vegetativa y la fase reproductiva. El impacto negativo de dicho estrés es más visible en la fase reproductiva. Los principales efectos negativos en esta fase están la muerte de algunos tejidos, el aborto de la floración, y la senescencia del embrión fecundado. Según [Seckin *et al.* (2009](#_ENREF_25)) puede afectar la actividad enzimática; la síntesis de proteínas, ADN, ARN y la mitosis ([Javid *et al.,* 2011](#_ENREF_9)).

**Efecto del estrés salino en la acumulación y participación de materia seca.**

Elevadas concentraciones de sales en el suelo, especialmente cloruros y sulfatos de sodio, afectan el crecimiento de las plantas modificando sus características morfológicas, anatómicas y respuestas fisiológicas. Un efecto primario del estrés salino es la reducción del crecimiento foliar, similar a los efectos que ocurren bajo estrés hídrico. Adicionalmente, en especies herbáceas, la ramificación se ve reducida por efecto de la salinidad y este parámetro es muy importante al momento de determinar la totalidad de materia seca acumulada en una especie en cultivo. La partición y acumulación de biomasa en estados vegetativos tempranos está cercanamente relacionado al número de brotes y el número de hojas**.**

La acumulación de materia seca está linealmente correlacionada con la salinidad. Esto puede ser varios factores, como por ejemplo: al efecto osmótico, debido a que las altas concentraciones de sales disminuyen el potencial osmótico, causando una mayor retención de agua (haciendo que esté disponible en una menor cantidad hacia la planta); al efecto tóxico, caracterizado por la acumulación de iones específicos en la planta. El exceso de Na+ y Cl- en el protoplasma afecta la fotofosforilación, la cadena respiratoria, la asimilación de nitrógeno y el metabolismo de proteínas. Estos iones comienzan a inhibir la mayoría de las enzimas involucradas en estos procesos a concentraciones a partir de los 100 mM (Céccoli, 2013)

**Efecto de la sales en la absorción de agua y nutrientes**

Las sales de los suelos presenta en las plantas dos grandes efectos: el estrés osmótico y la toxicidad iónica, ambas afectan la mayor parte de los procesos de las plantas ([Yadav *et al.,* 2011](#_ENREF_28)).

Esta provoca que en las células de la planta disminuya la turgencia lo que induce el cierre de los estomas con el objetivo de conservar agua. El cierre estomático puede llevar a una menor fijación de carbono en las hojas y provoca la producción de Especies Reactivas de Oxigeno (EROs), como súper óxidos, peróxido de hidrógeno y oxígeno singlete. Los EROs trastornan los procesos celulares mediante el daño a los lípidos, proteínas y ácido nucleico ([Parida *et al.,* 2004](#_ENREF_21)).

Los iones de sodio en las raíces afectan la nutrición de las plantas, inhibiendo la absorción de potasio y con ello la actividad enzimática de las células. El potasio es un nutriente importante en la planta, ya que regula más de 50 enzimas ([Kader y Lindberg, 2010](#_ENREF_11)).

**Efecto del estrés salino en la expansión foliar y mecanismos celulares involucrados.**

Según Céccoli (2013), los mecanismos celulares que intervienen en el control de la expansión foliar han sido estudiados intensivamente. El crecimiento en expansión depende de: 1) la capacidad de captar agua por parte del tejido (asociada a su capacidad de generar diferencias de potencial hídrico con la fuente de agua, y a permitir el ingreso de la misma), y 2) las propiedades reológicas de sus paredes. En las limitantes mecánicas e hidráulicas al crecimiento foliar en salinidad destaca el rol del suministro de solutos a la zona en expansión en cereales para el mantenimiento del crecimiento y sugiere limitaciones por destino, más que por fuente, a la expansión foliar.

La partición de los asimilados se modifica bajo condiciones salinas, y su expresión morfológica es la modificación de las relaciones alométricas en la planta. La competencia de los órganos destino para la captación de carbono bajo salinidad, afecta la distribución de la materia seca y, consecuentemente, el rendimiento En las etapas iniciales de su desarrollo, las láminas foliares también son órganos destino (sumideros de carbohidratos).

**Efecto de la salinidad en algunas hormonas**

## Ácido abscísico (ABA)

Según [Joshi *et al.* (2019](#_ENREF_10)), esta hormona se libera de las raíces y es trasladada a las hojas bajo estrés por sequía y salinidad, por lo que la señalización de ABA juega un papel clave en respuesta a estos estreses. El estrés salino inicia una rápida expresión del ABA, el incremento de los niveles de la misma permite la tolerancia de la planta a este y disminuye la disponibilidad de agua mediante el cierre de los estomas y la acumulación de osmoprotectores y proteínas para el ajuste osmótico ([Xiong *et al.,* 2002](#_ENREF_27)). Dicha hormona se relaciona con las especies reactivas de oxígeno, como el peróxido de hidrogeno (H2O2), lo que propicia el cierre estomático al aumentar la concentración del ABA en las células guardianes ([Park *et al.,* 2018](#_ENREF_22)).

**Auxinas**

En condiciones de estrés, en las plantas disminuye la concentración de las sustancias estimuladoras y aumentan las inhibidoras, como consecuencia de lo cual la relación estimuladoras/inhibidoras disminuye bruscamente, y como es conocido, las sustancias estimuladoras del tipo de las auxinas actúan sobre los mecanismos de la división celular y las del tipo giberélico sobre el alargamiento o la diferenciación, por lo que se deduce que las variaciones en una sustancia reguladora del crecimiento conlleva a afectar las fases del crecimiento (división y diferenciación celular) en condiciones de estrés (González, 2013).

Si bien la auxina tiene un papel bien definido en la regulación de las respuestas gravitrópicas (crecimiento de la raíz en la dirección del vector de gravedad), solo más recientemente se ha implicado a la auxina en la regulación de las respuestas halotrópicas o el crecimiento direccional de las raíces lejos de áreas de alta salinidad. En el gravitropismo, las acumulaciones laterales de auxina ocurren en el lado de la raíz más cercano al estímulo gravitacional, lo que resulta en un crecimiento direccional hacia el vector de gravedad; en contraste, el halotropismo resulta en acumulaciones laterales de auxina en el lado de la raíz más alejado del estímulo salino, lo que resulta en un crecimiento direccional lejos del área de mayor salinidad ([Blakeslee *et al.,* 2019](#_ENREF_3)).

 **Citoquininas**

Las citoquininas juegan un papel crucial en diferentes fases del desarrollo de la planta, en el crecimiento de brotes y raíces, dominancia apical y respuestas a estreses bióticos y abióticos. La sobreexpresión del gen IPT, que codifica la isopentenil transferasa (implicada en la biosíntesis de citoquininas) y la baja regulación del gen CKX, que codifica la citoquinina oxidasa (implicada en la degradación de las citoquininas), mejora el rendimiento en los cultivos, lo que sugiere claramente que la citoquinina afecta el rendimiento de grano ([Nutan *et al.,* 2019](#_ENREF_19)), el cual puede ser afectado en el cultivo del *O.* *sativa*  por la salinidad.

La citoquinina en el arroz es esencial para el control de todo el ciclo de vida, incluido el desarrollo de las raíces, la actividad del meristemo de los brotes, la ramificación vegetativa y reproductiva, el número de espiguillas por panícula y la producción de granos ([Zhou *et al.,* 2019](#_ENREF_30)).

**Giberelinas (GAs)**

La hormona vegetal giberelina (GA) regula varios procesos de desarrollo, incluida la germinación de semillas, elongación de células y brotes, expansión de hojas, transición a la floración, crecimiento de flores y desarrollo de frutos ([Illouz-Eliaz *et al.,* 2019](#_ENREF_8)).

La GA actúa como antagonista del ABA. La misma mejora la germinación de las semillas bajo estrés salino a través de diferentes mecanismos, mediante la inducción de la síntesis de algunas enzimas y estimulando la actividad H + - ATPasa a través del tonoplasto. En condiciones de baja salinidad, GA3 reduce la resistencia estomática de las hojas, acelera la transpiración y aumenta la eficiencia en el uso del agua, mejorando así la tolerancia a las sales en las plantas. El tratamiento con GA puede aumentar el crecimiento y el rendimiento del cultivo en condiciones salinas. El efecto positivo de GA3 está relacionado con múltiples efectos como la disminución de la actividad de la ribonucleasa y el aumento de los azúcares reductores, la actividad de los antioxidantes enzimáticos y la síntesis de proteínas ([Atia *et al.,* 2018](#_ENREF_1)).

**Etileno**

El estrés por alta salinidad causa un desequilibrio hormonal, especialmente una alta biosíntesis de etileno, que afecta gravemente el crecimiento y el rendimiento de las plantas de cultivo. La sensibilidad al estrés por etileno depende de la especie del cultivo, la etapa de crecimiento, la concentración de etileno y la duración de la exposición. En las plantas de arroz, la alta producción de etileno es perjudicial para el crecimiento y el desarrollo de las espiguillas, especialmente para las espiguillas inferiores. La acumulación de etileno inducida por estrés salino es causada por la alta producción de ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) la que dificulta el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz ([Hussain *et al.,* 2020](#_ENREF_7)).

**Efecto de la salinidad de los suelos en algunos procesos fisiológicos en el arroz**

**Relación de agua.**

Durante un período de estrés, las plantas necesitan mantener bajo su potencial hídrico interno para mantener la presión de turgencia de sus células y absorber agua del suelo para continuar su crecimiento. Para hacer esto, la planta necesita proporcionar agentes reguladores osmóticos ya sea de una solución de suelo o por sí mismo sintetizando estos materiales. Para mantener el equilibrio iónico en las vacuolas, las plantas acumulan compuestos de bajo peso molecular en el citoplasma, que se denominan solutos compatibles El motivo es que no interfieren con las reacciones bioquímicas normales de la célula Ion potasio (K +) el cual es uno de los osmolitos compatibles más importantes.

**Estabilidad de la membrana.**

Como resultado de la alta acumulación de Na+ en el interior de las células, en las plantas ocurre una desestabilización de la membrana lo que lleva a una afectación de los orgánulos como las vacuolas, las mitocondrias, los cloroplastos, entre otros. En la mayoría de los estudios, la estabilidad de la membrana celular mostró una correlación positiva con el potencial osmótico, la concentración de K +, el ajuste osmótico y / o el contenido relativo de agua: los parámetros que se ven igualmente afectados por el estrés salino. Por lo general, se considera como una de las principales causas del aumento de la permeabilidad de la membrana celular de las plantas que crecen bajo estrés salino ([Farooq y Azam, 2006](#_ENREF_5)).

 **Anatomía de la hoja.**

Según [Nassar *et al*. (2020](#_ENREF_17)), las diferentes concentraciones de sales disminuye significativamente las características anatómicas de las hojas, tales como espesor de la hoja y del tejido del mesófilo. También modifica los caracteres histológicos del haz los cuáles son, largo, ancho, espesor del tejido del floema y el diámetro del vaso del metaxilema.

**Fotosíntesis.**

La fotosíntesis es una garantía importante para el crecimiento y desarrollo normales de las plantas bajo estrés. El estrés salino-alcalino podría afectar la síntesis de clorofila y la capacidad fotosintética de las plantas, resultando en una disminución de la actividad del centro de reacción PSII, transferencia de electrones bloqueada, asimilación limitada de carbono e incluso peroxidación o disociación de la membrana tilacoide ([Huihui *et al.,* 2020](#_ENREF_6)).

 El estrés por sales en los suelos provoca una reducción en las concentraciones de pigmentos fotosintéticos debido a la reducción del potencial hídrico. El NaCl previene la absorción de N, que es un elemento importante requerido por las plantas y juega un papel muy vital en la composición de la estructura de la clorofila, el NaCl también impide la absorción de Mg, que juega un papel importante en la biosíntesis de la clorofila, además de disuadir las actividades específicas de las enzimas que se necesitan en la producción de pigmentos fotosintéticos, de los pigmentos fotosintéticos de las plantas, y también dificulta la biosíntesis de la clorofila al someter a sus precursores y reduce la absorción de nutrientes minerales como el magnesio. Las limitaciones de difusión del CO2 utilizado en el proceso de fotosíntesis también se ven obstaculizadas por la salinidad del suelo ([Okon, 2019](#_ENREF_20)).

**Mecanismos de tolerancia a la salinidad**

Según Céccoli (2013) por lo general, el Na+ comienza a inhibir la mayoría de las enzimas a una concentración por encima de los 100 mM. Incluso el K+ puede inhibir enzimas a concentraciones de 100-200 mM. Los mecanismos de tolerancia, son, de dos tipos principalmente: los que minimizan la entrada de sal dentro de la planta, y aquellos que minimizan la concentración de sal dentro del citoplasma.

Bajo transporte de sal hacia las hojas (el mecanismo conocido como “exclusión de sal”): la exclusión de salinidad funciona para reducir la tasa a la que la misma se acumula en los órganos transpirantes. Las plantas transpiran 30-70 veces más agua que la que usan para la expansión celular, pero este valor, obviamente depende ampliamente de las condiciones ambientales prevalentes. Los mecanismos por los cuales la sal es excluida de las hojas son los siguientes:

1. Carga en el xilema: existe evidencia de una carga preferencial de K+ más que Na+ por las células de la estela que está bajo control genético.

2. Remoción de la sal desde el xilema en la parte superior de las raíces, el tallo, pecíolo o vainas de las hojas: en muchas especies, el Na+ es retenido en la parte superior del sistema de raíces o en la parte inferior del sistema de retoños, indicando un intercambio de Na+ por K+ por las células que revisten al flujo transpiratorio

3. Compartimentación intracelular: La compartimentación en vacuolas permitiría, a genotipos “incluyentes foliares de Na+”, presentar bajo daño por toxicidad de este ion, mecanismo comúnmente denominado tolerancia tisular al Na+.

Crecer o sobrevivir en suelos salinos supone algunos costos para los cultivos: el costo de excluir las sales, la compartimentación intracelular, y la excreción de éstas a través de las glándulas de sales. Este costo, es relativamente pequeño en relación al costo necesitado para sintetizar solutos orgánicos para realizar el ajuste osmótico. El número de moles de ATP necesarios para usar un mol de NaCl como un osmótico es de aproximadamente 4 en las células radicales, y de 7 en las foliares, donde el número requerido para sintetizar un compuesto orgánico está en un orden de magnitud mucho mayor.

La expresión génica varía con el tiempo luego de haberse aplicado el “shock” salino. Después de que plantas de arroz fueran expuestas repentinamente a 150 mM de NaCl, los genes expresados en raíces a los 15 minutos fueron diferentes de aquellos expresados 1 semana después (Kawasaki *et al*., 2001). Parecería que muchos genes que se inducen tempranamente luego de que la sal es aplicada, están relacionados con aquellos de estrés hídrico más que los específicos del estrés salino.

Los procesos que adaptan a la planta específicamente al suelo salino involucran la regulación de la absorción y compartimentación de la sal para retrasar lo más posible el tiempo de ocurrencia del “umbral de concentración iónica” a partir del cual los iones alcanzan niveles tóxicos en las hojas que se encuentran activamente fotosintetizando (Céccoli, 2013) .

**Algunas investigaciones sobre estrés salino en el cultivo del O. sativa.**

Diversas investigaciones se han realizado sobre el efecto de la salinidad en diversos cultivos de interés agrícolas, por ejemplo [Porcel *et al*. (2016](#_ENREF_23)) aplicó micorrizas arbusculares (*Claroideoglomus etunicatum*) en el cultivo O. sativa L. cv Puntal en diferentes concentraciones de salinidad obtuvo mayor biomasa seca en el retoño en todos los niveles de salinidad, aumentó la colonización de las micorrizas arbusculares en 36 a 43 % en las plantas sujetas a 75 y 150 mM NaCl y redujo el impacto negativo de la salinidad en el crecimiento del cultivo. [Bhambure *et al.* (2018](#_ENREF_2)), con la aplicación de *Pseudomonas multiresinivorans*, *Microbacterium esteraromaticum*, y *Bacillus subtilis* individualmente, en consorcio, en consorcio con estiércol e individualmente con estiércol en la variedad de arroz CSR 27. También [Reyes Guerrero *et al.* (2017](#_ENREF_24)) con la aplicación de Biobras -16 en la variedad J – 104 fue capaz de proteger a las plántulas, estimulando de forma significativa la longitud de la parte aérea, estimuló la longitud de la parte aérea, 14 días después de la recuperación. En los tratamientos con NaCl, no se afectó ninguno de los indicadores del crecimiento evaluados, con la aplicación del bioproducto, mostró un efecto protector en la longitud de las raíces y estimuló el crecimiento incrementando de las actividades de las enzimas antioxidantes catalasa y peroxidasa al finalizar el período de estrés. Además Hernández *et al.* (2021), evaluaron el efecto de la inoculación de Rizobios rizosféricos sobre el crecimiento y rendimiento del arroz en condiciones controladas, de invernadero y de campo mediante la aplicación en diferentes concentraciones de salinidad, reveló el potencial de esta bacteria para usar múltiples fuentes de carbono como nutrientes para tolerar las condiciones de acidez, basicidad y salinidad y promover el crecimiento del cultivo. Otro autor Zambrano (2021), mediante la aplicación de sustancias húmicas en dos cultivares de *O. sativa* en tres concentraciones diferentes de NaCl, donde la aplicación de la sustancias húmicas en las semillas obtuvo un efecto significativo sobre los parámetros germinativos con respecto al control. Redujo los efectos del estrés por salinidad en el vigor de las plántulas germinadas al reducir el número de plántulas anormales en semillas sometidas a 75 mM de NaCl y 150 mM de NaCl en un 4% y 16% cuando aplicadas en dosis de 10 mg C L-1 . En el caso de la variedad FL-1480 el efecto protector se manifestó únicamente a niveles de salinidad de 75 mM de NaCl en un 4% en dosis de 10 mg C L-1.

**CONCLUSIONES**

1. El estrés salino afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que afecta directamente una gran cantidad de procesos y etapas fisiológicos como son, la producción de materia seca, la floración y el llenado el grano, lo cual afecta directamente la productividad y el rendimiento del cultivo.

2. Se están realizando varias investigaciones con el objetivo de propiciar al cultivo del arroz tolerancia al estrés salino mediante diferentes métodos siendo el uso de bioproductos agrícolas uno de los de mayor interés en la actualidad.

**Bibliografía**

Atia,A., Z. Barhoumi, A. Debez, S. Hkiri, et al.(2018). Plant hormones: potent targets for engineering salinity tolerance in plants. In *Salinity Responses and Tolerance in Plants, Volume 1.* Springer, p. 159-184.

Bhambure, A. B., G. R. Mahajan and S. Kerkar.(2018). Salt tolerant bacterial inoculants as promoters of rice growth and microbial activity in coastal saline soil. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 88(4), 1531-1538.

Blakeslee, J. J., T. Spatola Rossi and V. Kriechbaumer. (2019). Auxin biosynthesis: spatial regulation and adaptation to stress. Journal of Experimental Botany, 70(19), 5041-5049.

Céccoli, G. (2013). Análisis de variabilidad intraespecífica para mecanismos de tolerancia a la salinidad y la respuesta de la expansión foliar ante este estrés en girasol (Helianthus annuus L.).

Chartzoulakis, K. and G. Klapaki. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia horticulturae, 86(3), 247-260.

Farooq, S. and F. (2006). Azam The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. Journal of plant physiology, 163(6), 629-637.

González, L. M. (2013). Reseña bibliográfica apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas bajo estrés de salinidad. *Cultivos Tropicales*, *23*(4), 47-57.

Hernández-Forte, I., Pérez-Pérez, R., Nápoles-García, M. C., Maqueira-López, L. A., & Rojan-Herrera, O. (2021). Rhizospheric rhizobia with potential as biofertilizers from Cuban rice cultivars. Agronomía Colombiana, 39(1).

Huihui, Z., L. Xin, C. Yan-Hui, W. Yue, et al. (2020). A study on the effects of salinity and pH on PSII function in mulberry seedling leaves under saline–alkali mixed stress. Trees, 1-14.

Hussain, S., J. Huang, C. Zhu, L. Zhu, et al. (2020). Pyridoxal 5′-phosphate enhances the growth and morpho-physiological characteristics of rice cultivars by mitigating the ethylene accumulation under salinity stress. Plant Physiology and Biochemistry, 154, 782-795.

Illouz-Eliaz, N., U. Ramon, H. Shohat, S. Blum, et al. (2019). Multiple Gibberellin Receptors Contribute to Phenotypic Stability under Changing Environments. The Plant Cell, 31(7), 1506-1519.

Javid, M. G., A. Sorooshzadeh, F. Moradi, S. A. M. Modarres Sanavy, et al. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Australian Journal of Crop Science, 5(6), 726-734.

Joshi, R., K. K. Sahoo, A. K. Singh, K. Anwar, et al. (2019). Enhancing trehalose biosynthesis improves yield potential in marker-free transgenic rice under drought, saline, and sodic conditions. Journal of Experimental Botany, 71(2), 653-668.

Kader, M. A. and S. Lindberg. (2010). Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress. Plant signaling & behavior, 5(3), 233-238.

Kawasaki S., Borchert C., Deyholos M., Wang H., Brazille S., Kawai K., Galbraith D. and Bohnert H. J. (2001). Gene expression profiles during the initial phase of salt stress in rice. *Pl. Cell* 13: 889-905.

Mishra, A. K., K. A. Mottaleb, A. R. Khanal and S. Mohanty. (2015). Abiotic stress and its impact on production efficiency: The case of rice farming in Bangladesh. Agriculture, Ecosystems & Environment, 199, 146-153.

Muchate, N. S., G. C. Nikalje, N. S. Rajurkar, P. Suprasanna, et al. (2016). Plant salt stress: adaptive responses, tolerance mechanism and bioengineering for salt tolerance. The Botanical Review, 82(4), 371-406.

Munns, R. and M. Tester. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 59, 651-681.

Nassar, R., H. A. Kamel, A. E. Ghoniem, J. J. Alarcón, et al. (2020). Physiological and anatomical mechanisms in wheat to cope with salt Stress induced by seawater. Plants, 9(2), 237.

Nutan, K. K., R. S. Rathore, A. K. Tripathi, M. Mishra, et al. (2019). Integrating the dynamics of yield traits in rice in response to environmental changes. Journal of Experimental Botany, 71(2), 490-506.

Okon, O. G. (2019) Effect of salinity on physiological processes in plants. In *Microorganisms in saline environments: strategies and functions.* Springer, p. 237-262.

Parida, A. K., A. Das and B. Mittra. (2004). Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, Bruguiera parviflora. Trees, 18(2), 167-174.

Park, Y. C., S. Chapagain and C. S. Jang. (2018). A Negative Regulator in Response to Salinity in Rice: Oryza sativa Salt-, ABA- and Drought-Induced RING Finger Protein 1 (OsSADR1). Plant and Cell Physiology, 59(3), 575-589.

Porcel, R., R. Aroca, R. Azcon and J. M. Ruiz-Lozano. (2016). Regulation of cation transporter genes by the arbuscular mycorrhizal symbiosis in rice plants subjected to salinity suggests improved salt tolerance due to reduced Na+ root-to-shoot distribution. Mycorrhiza, 26(7), 673-684.

Reyes Guerrero, Y., L. Martínez González and M. Núñez Vázquez. (2017). Aspersión foliar con Biobras-16 estimula el crecimiento de plantas jóvenes de arroz (Oryza sativa L.) sometidas a tratamiento con NaCl. Cultivos Tropicales, 38(1), 155-166.

Seckin, B., A. H. Sekmen and I. Türkan. (2009). An enhancing effect of exogenous mannitol on the antioxidant enzyme activities in roots of wheat under salt stress. Journal of Plant Growth Regulation, 28(1), 12-20.

Shavrukov, Y., Y. Genc and J. Hayes. (2012) *The use of hydroponics in abiotic stress tolerance research*. Edtion ed.: InTech.

Xiong, L., K. S. Schumaker and J.-K. Zhu. (2002). Cell signaling during cold, drought, and salt stress. The Plant Cell, 14(suppl 1), S165-S183.

Yadav, S., M. Irfan, A. Ahmad and S. Hayat. (2011). Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: a review. Journal of Environmental Biology, 32(5), 667.

Yang, Y. and Y. Guo. (2018). Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt‐stress responses. New phytologist, 217(2), 523-539.

Zambrano Bravo, A. M. (2021). Influencia de las sustancias húmicas en el desarrollo inicial de dos variedades de arroz, sometidas a estrés salino (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.).

Zhou, J., Z. LI, G. Xiao, M. Zhai, et al. (2019). CYP71D8L is a key regulator involved in growth and stress responses by mediating gibberellin homeostasis in rice. Journal of Experimental Botany, 71(3), 1160-1170.