

EFECTO DEL ESTRÉS SALINO EN LA GERMINACIÓN DE *PHASEOLUS VULGARIS* L. VAR. VELAZO

MSc. Maryla Sosa del Castillo¹ y MSc. Conrado Camacho Campos² y Ing. Lázaro
Wilfredo Ortiz del Toro³

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía
Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. maryla.sosa@umcc.cu

Resumen

El estrés salino constituye uno de los estreses abióticos más importantes que afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos. El trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta de *Phaseolus vulgaris* L var. Velazco durante el proceso germinativo en condiciones de salinidad. Las semillas de frijol fueron sembradas en placas Petri con diferentes soluciones de cloruro de sodio (0-200 mmol.L⁻¹) y se colocaron en un cuarto de crecimiento durante 7 días. Se evaluaron los indicadores siguientes: porcentaje de germinación, vigor, longitud de raíz y parte aérea, longitud de las raíces secundarias, contenido de materia fresca y seca, contenidos de proteínas y azúcares reductores. El cloruro de sodio afectó el porcentaje de germinación, el crecimiento de la raíz, la parte aérea y el vigor, en concentraciones elevadas de la sal, pero no de manera drástica por lo que considera una variedad medianamente tolerante.

Palabras claves: Azúcares, Germinación, Proteína, Salinidad, *Phaseolus vulgaris* L.

Introducción.

El estrés abiótico es una de las principales causas de pérdidas en los cultivos en el mundo y causan una disminución en el rendimiento en más de un 50% (Munns y Tester, 2008). La salinidad es uno de los estreses ambientales más comunes que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas y continúa siendo uno de los retos más importantes para los investigadores. Se estima que un 20% de la superficie cultivable actual y aproximadamente la mitad de las áreas irrigadas en el planeta se encuentran afectadas por salinidad. Esta situación se agrava si se consideran las consecuencias del cambio climático, el cual exacerba los estreses abióticos a escala global al aumentar la irregularidad de los eventos meteorológicos (Jain y Saxena, 2016).

En Cuba, más de un millón de hectáreas están afectadas por esta condición y se estima que existe un área similar en peligro de salinización, lo que representa en su conjunto un 15% del área total que se destina a la actividad agrícola. Tal situación, ha obligado a numerosos investigadores a desarrollar métodos sostenibles para su uso y rehabilitación, dándole especial atención al uso de especies y variedades de plantas tolerantes a la salinidad, como una de las vías económicas para incrementar la productividad de los cultivos en dichas condiciones (Argentel *et al.*, 2010).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la especie entre las leguminosas de granos la más importante para el consumo humano debido a su alto contenido proteico y de minerales esenciales, siendo un producto clave en la seguridad alimentaria de la población mundial (Delgado *et al.*, 2013). La salinidad es uno de los estreses abióticos que induce grandes pérdidas en el rendimiento del frijol hasta en un 50%, afectando principalmente el metabolismo de la planta, reduciendo su crecimiento y productividad por efecto de potenciales hídricos reducidos, toxicidad iónica y desbalance nutrimental (Parihar *et al.*, 2015). Como resultado de estos cambios fisiológicos y bioquímicos se afectan un gran número de procesos biológicos como la germinación, el crecimiento vegetativo, el vigor, la floración y la fructificación (Kandil *et al.*, 2016).

Desarrollo:

2.1 Origen e importancia del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L)

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se considera uno de los más antiguos. Estas plantas leguminosas aparecieron en tierras americanas hace miles de años. México se ha reconocido como el centro más probable de origen, o al menos, como el centro primario de diversificación pues algunos de los hallazgos arqueológicos indican que se conocía hace algunos 5 000 años A.C. También se encontraron hallazgos de esta leguminosa en sitios diversos de Estados Unidos, Argentina y Perú. Los primeros exploradores y comerciantes llevaron posteriormente las variedades de frijol americano a todo el mundo, y a principios del siglo XVII, los frijoles ya eran cultivos populares en Europa, África y Asia.

Actualmente, esta leguminosa se cultiva prácticamente en todo el mundo (Parihar *et al.*, 2015) existiendo unas 180 especies de este género, de las cuales aproximadamente el 70% provienen del continente americano.

Este grano se considera estratégico, no solo por sus propiedades nutricionales y culinarias, sino además por su presencia en los cinco continentes del mundo y su importancia para el desarrollo rural y social de muchas economías (Parihar *et al.*, 2015). Este producto es un alimento tradicional en América Latina y el Caribe. Es una de las principales fuentes de proteína en Latinoamérica y África (oscila entre el 12% y el 25% del peso de las semillas seca).

Además es una fuente significativa de vitaminas, minerales y fibra dietética, muy utilizada por los habitantes de países en desarrollo (Pérez- Nasser, 2017).

2.2 Descripción morfológica del cultivo.

Raíz: En las primeras etapas de desarrollo el sistema radicular está formado por la radícula del embrión, después se forman las raíces secundarias y terciarias con pelos absorbentes. Esta especie presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radicular, con un diámetro aproximado de 2 a 5mm y son colonizados por las bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico, que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta (Faure *et al.*, 2013).

Tallo: El tallo joven es herbáceo y semi-leñoso al final del ciclo; es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos complejos axilares, el tallo o eje principal es de mayor diámetro que las ramas laterales y se inicia en la inserción de las raíces. El primer nudo corresponde al de los cotiledones, esta primera parte del tallo se denomina hipocótilo y el segundo nudo epicótilo, en el tercer nudo emerge la primera hoja compuesta (Mena *et al.*, 2015).

Hojas: Estas son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, son de poca duración, proveen sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos (Mena *et al.*, 2015).

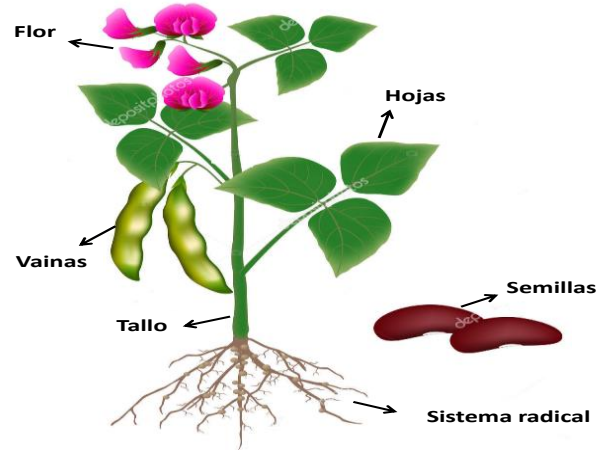


Figura 1. Descripción morfológica del (*Phaseolus vulgaris* L).
 Fuente: <https://www.google.com/cu/imgres?imgurl=http://phaseolu.ssp>.

2.3. Factores que afectan el cultivo del frijol

La producción del frijol independientemente de la variedad, se ve comprometida por una serie de factores abióticos, tales como: la sequía, salinidad, temperatura, humedad, acidez de los suelos e intensidad luminosa (Treviño y Rosa, 2013).

Luz

El papel más importante de la luz está en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de la planta. El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a cuatro días. Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Treviño y Rosa, 2013).

Temperatura

Este factor influye sobre el cultivo del frijol durante todo su ciclo. La planta de frijol crece bien en temperaturas promedio de 15 a 26°C, pero hay un gran rango de tolerancia entre las diferentes variedades. Una planta es capaz de soportar temperaturas extremas (5 a 40°C) por cortos períodos, pero mantenida a tales extremos por un tiempo prolongado, ocurren daños irreversibles (Faure *et al.*, 2013).

Las temperaturas bajas retardan el desarrollo de la planta, pudiendo acentuarse en las siembras tardías de diciembre y enero. Las temperaturas altas inducen el aborto de las flores, reducen la viabilidad del polen, el crecimiento del tubo polínico la fertilización del

ovario, aceleran la tasa de desarrollo de la planta y acortan el periodo de crecimiento de los órganos reproductores, causan excesivo aborto de vainas jóvenes, aceleran el llenado del grano, reducen el número de semillas por vaina, el tamaño de la semilla y el rendimiento, aumentan la tasa de evapotranspiración y ocasionan la marchitez de la planta si hay un suministro insuficiente de humedad en el suelo (Barrios *et al.*, 2011).

Salinidad

El estrés salino en las plantas limita la toma de agua por las raíces, y ocasiona cambios similares a los que ocurren ante un estrés hídrico, como la reducción inmediata de la velocidad de crecimiento. En adición, puede inducir toxicidad iónica si entran a la planta excesivas cantidades de sales y, como consecuencia de estos efectos primarios (osmótico e iónico), promueve la formación de especies reactivas al oxígeno, lo que da lugar a un estrés secundario, conocido como estrés oxidativo (Zhu, 2017).

Agua

En sus informes Domínguez *et al.* (2014) plantean que este cultivo no requiere grandes volúmenes de agua durante su ciclo vegetativo, la demanda de agua dependerá de su fase de desarrollo, siendo el cultivo exigente en la fase de germinación y muy exigente en la fase de diferenciación floral, fructificación y llenado del grano.

Está demostrado que el frijol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. También existen otros factores importantes que influyen en el cultivo del frijol como son los factores edáficos.

2.4 Origen y causas de la salinidad en los suelos

La salinidad afecta a la humanidad desde el inicio de la agricultura. Existen registros históricos de migraciones provocadas por la salinización del suelo cultivable. La actividad antrópica ha incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas de riego con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos, los cuales han provocado cambios en la composición de sales en el suelo.

El origen de la salinidad puede ser explicado por dos vías: la primera es natural, ya sea por la cercanía y la altura sobre el nivel del mar, la intemperización y la existencia de sales. También existen otras causas primarias de salinidad que se agudizan en condiciones heterogéneas de microtopografía como son: la textura, la estructura, la porosidad, la permeabilidad, la capacidad de retención de humedad y de intercambio catiónico. (Álvarez *et al.*, 2008).

La segunda causa, es el resultado de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y el mal manejo del agua para el riego, lo cual permite la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de las mismas a nuevos sitios. Esto es conocido como proceso de salinidad antrópica o secundaria convirtiéndose la salinización de los suelos en una consecuencia del desarrollo de la sociedad humana (Álvarez *et al.*, 2008).

Otras causas, son los depósitos de turba y los sedimentos calcáreos, que se encuentran actualmente en los pantanos salinos litorales.

En el año 2011, se reportó que en Cuba el 14,9% de la superficie agrícola se encontraba afectada por esta problemática, estando involucradas la mayoría de las áreas que se dedicaban a la producción de cultivos importantes para la alimentación humana y animal (Argentel *et al.*, 2010)

2.5 Efecto de la salinidad en las plantas

La salinidad de los suelos afecta la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Su efecto negativo se debe principalmente a dos componentes: el osmótico y el iónico. El primero se deriva de la dificultad que tienen las plantas para tomar agua de un suelo salino (por la disminución del potencial hídrico del suelo); mientras que el segundo radica en la toxicidad iónica que puede provocar un exceso de sales en el interior de la célula (Munns y Tester, 2008). Las plantas han desarrollado la capacidad de detectar tanto el componente osmótico como el iónico del estrés salino (Deinlein *et al.*, 2014).

El estrés reconocido activa señales de transducción que transmiten información entre células individuales y a través de toda la planta. Como consecuencia, se producen alteraciones de la expresión génica a nivel celular, que influyen en el metabolismo y desarrollo de toda la planta. Sin embargo, la resistencia o sensibilidad a un estrés depende de la especie, el genotipo y la edad de la planta; así como de las características del estrés: severidad, duración, número de exposiciones y combinación de estreses (Deinlein *et al.*, 2014).

2.5.1. Estrés osmótico

La concentración elevada de sales en el suelo tiene un efecto osmótico sobre las plantas (estrés primario). La acumulación de iones disueltos reduce el potencial osmótico del medio y en consecuencia el potencial hídrico. Esto afecta negativamente el contenido de agua en los tejidos de la planta, ya que se dificulta la extracción de agua por las raíces y la planta experimenta una sequía fisiológica. El estrés osmótico afecta fundamentalmente el crecimiento de raíces y hojas jóvenes, debido a que el agua es indispensable para que las células desarrollen una determinada turgencia, que permita la expansión de la pared celular y el alargamiento de las células (El Goumi *et al.*, 2014).

El efecto del estrés salino en las plantas depende de la concentración de las sales presentes en el medio y de la tolerancia intrínseca que presenta la especie en cuestión. Varios autores refirieron una disminución variable del peso fresco en condiciones de salinidad en especies como *Capsicum annuum* L. (Afzal *et al.*, 2014).

Las plantas que son sometidas a estrés salino bajo o moderado pueden ajustar el desbalance osmótico y absorber cantidades de agua suficientes para lograr su desarrollo en suelos salinos (Ashraf, 2004). Un aspecto importante y que todavía se encuentra en discusión es cómo la planta percibe el estrés osmótico, ya que no se ha identificado con total claridad cuáles son las moléculas que funcionan como osmosensores en las plantas.

La pérdida de turgencia celular en condiciones de estrés salino, también puede constituir una señal de estrés. Cuando se produce la plasmólisis, la membrana citoplasmática de repliega de la pared celular; de esta forma, los receptores de quinasa unidos a membrana, los canales proteicos, los transportadores iónicos, las proteínas transmembranas que están en contacto con la pared celular y las proteínas semejantes a la integrina, pueden actuar como señalizadoras al experimentar cambios conformacionales o un agrupamiento, que activan cascadas de señales bioquímicas a nivel celular (Viswanathan y Zhu, 2003).

2.5.2 Desbalance nutricional y toxicidad iónica

Los iones más comunes que están presentes en los suelos afectados por salinidad son: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} y HCO_3^{1-} , sin embargo, los iones tóxicos más comunes en los suelos salinos son el sodio, el cloro y el sulfato (Munns y Tester, 2008). Se conoce que el sodio afecta la estructura física del suelo y que tanto este elemento como el cloro, son tóxicos para la planta.

La entrada de sodio provoca una disminución en la relación K^+/Na^+ que afecta de manera negativa a numerosos procesos fisiológicos de la planta. Esto se debe a las diversas funciones que desempeña el K^+ a nivel celular, el cual activa a más de 50 enzimas diferentes, participa en la biosíntesis de proteína, en el mantenimiento de la turgencia celular y en el control del cierre estomático bajo condiciones de estrés (Koksal *et al.*, 2016). En trabajos con variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) se refirió un aumento en la relación K^+/Na^+ en variedades tolerantes en comparación con las susceptibles. A partir de estos resultados, sus autores sugirieron el uso de esta relación como un indicador para la selección de cultivares tolerantes a salinidad (Almodares *et al.*, 2014).

La toxicidad iónica se refiere al efecto negativo que provocan los iones sobre los procesos metabólicos celulares. A este nivel, las concentraciones elevadas de Na^+ en el citosol, pueden variar el ambiente hidrofílico que rodea a las proteínas, lo cual provoca cambios conformacionales en las mismas, acompañado de una pérdida en la actividad biológica. Esto tiene consecuencias drásticas para compuestos como las enzimas que controlan el

metabolismo celular y que pueden ser desnaturalizadas, si la planta no es capaz de disminuir la concentración de sales a niveles subletales (Xiong y Zhu, 2002).

La acumulación de Na^+ dentro de las plantas provoca daños más severos en las hojas que en las raíces. Estudios realizados por Heidari *et al.* (2011) en *Helianthus annuus* L. mostraron que la acumulación de Na^+ provocó una reducción del área foliar y en consecuencia una disminución del crecimiento de la planta. Munns y Tester (2008) refirieron que la primera fase de la respuesta al estrés por salinidad, está relacionada con el efecto de la sal fuera de la planta, la cual provoca una reducción en el crecimiento de la hoja y en menor extensión en el crecimiento de la raíz.

Numerosos autores han referido el efecto tóxico del Na^+ sobre procesos vitales como la fotosíntesis. Estudios realizados en *Zea mays* L. evidenciaron una disminución del contenido de clorofila en condiciones de estrés salino (Jaleel *et al.*, 2008), lo cual se ha relacionado con el aumento de la actividad degradativa de la enzima clorofilasa (Nazarbeygi *et al.*, 2011) o la desestabilización de los complejos proteicos asociados a membranas, que participan en el proceso de la fotosíntesis (Jamil *et al.*, 2012).

La disminución en la producción de biomasa de los brotes en las plantas puede estar relacionada con la clorosis y la necrosis de las hojas, que provoca una disminución del área fotosintéticamente activa; así como la deshidratación de los tejidos fotosintéticos. De manera similar, existen evidencias del efecto negativo que tiene el cloruro de sodio sobre el peso seco en brotes de *Jatropha curcas* L. (Elhag y Gafar, 2014) toma y translocación de iones, previendo de esta forma la alta acumulación de Na^+ y Cl^- en las hojas.

2.5.3. Estrés oxidativo

Las especies reactivas del oxígeno (EROS) son derivados del oxígeno que presentan un electrón desapareado, el cual origina su naturaleza reactiva. Entre las principales EROS se encuentran los radicales superóxido (O_2^-) e hidroxilo (OH^\cdot). En condiciones normales, estos compuestos reactivos se producen en los cloroplastos, las mitocondrias y los peroxisomas, aunque los primeros son los sitios de mayor producción. En condiciones de hiperosmolaridad se incrementa la producción de los mismos y cuando alcanzan concentraciones que superan a los mecanismos de defensa antioxidantes, sobreviene el estrés oxidativo (Heidari y Golpayegani, 2012).

En el caso particular de los lípidos de membrana, esta reacción en cadena conduce a la peroxidación lipídica, una transformación en la estructura molecular de los lípidos que aumenta la permeabilidad y la fluidez de las membranas biológicas. Estos cambios afectan procesos significativos que ocurren a nivel de membrana como la fotosíntesis y la respiración celular (Heidari y Golpayegani, 2012).

Varios autores han referido un aumento de la peroxidación lipídica cuando se incrementa la concentración salina en el medio, en especies como *Oryza sativa* L. (Hazman *et al.*, 2015). El término estrés oxidativo ha sido reevaluado recientemente y se propone en su lugar el de “señales oxidativas”.

Entre las razones se consideró que la producción de EROS, además de constituir un proceso potencialmente dañino para las macromoléculas, los orgánulos y estructuras celulares, también representa un componente en las vías de señalización que utilizan las plantas para su desarrollo y respuesta a los cambios ambientales. Se ha descrito que las EROS tienen una función importante en la regulación de numerosos procesos biológicos tales como el alargamiento celular, la señalización mediante hormonas, la respuesta a estreses bióticos y abióticos, así como en la apoptosis o muerte celular programada (Del Río *et al.*, 2015).



Figura 4: Efecto del estrés salino sobre el crecimiento de los cultivos.

Fuente: <https://www.google.com/cu/imgres?imgurl=http://phaseolu.ssp>

2.6. Mecanismos de respuesta a salinidad en las plantas

En condiciones de estrés salino los cultivos pueden responder a nivel celular con cascadas de interacciones moleculares, para cambiar el perfil de expresión molecular y efectuar modificaciones postranscripcionales que abarcan un amplio espectro de procesos bioquímicos, celulares y fisiológicos. Por lo tanto, el entendimiento de las bases de la respuesta al estrés salino constituye una estrategia importante para la mejora de cultivos tolerantes a salinidad (Zhuang *et al.*, 2014).

2.6.1. Ajuste osmótico.

Una respuesta común en las plantas sometidas a estrés salino es el aumento de los niveles de compuestos osmóticamente activos u osmolitos, los cuales tienen un papel importante en el balance del potencial osmótico en las células (Kumari *et al.*, 2014; Cao *et al.*, 2015).

El ajuste osmótico está generalmente ligado a la síntesis de solutos orgánicos, como la betaína, colina, glicina-betaína, prolina y sacarosa y/o a la acumulación de iones inorgánicos. En tal sentido, se ha observado ajuste osmótico a través del incremento de los niveles de prolina en los tallos y raíces de la especie *Trifolium repens*, mientras que en la especie *Trifolium alexandrinum* los niveles de colina y betaína se incrementan en condiciones salinas y sódicas. Estos compuestos comparten características comunes como su naturaleza polar, alta solubilidad en agua, la presencia de una amplia concha de hidratación y la no interferencia en las funciones de las macromoléculas, incluso a elevadas concentraciones (Sairam y Tyagi, 2004).

Recientemente, varios trabajos han permitido identificar otras funciones de los osmolitos como la estabilización de las macromoléculas y evitar el proceso de desnaturalización. También constituyen una reserva de nitrógeno y participan en la eliminación de las especies reactivas del oxígeno (Chookhampaeng, 2011).

Un grupo interesante de proteínas que ha recibido gran atención, por su acumulación en los tejidos bajo condiciones de estrés osmótico, son las denominadas proteínas LEA (proteínas abundantes en la embriogénesis tardía, por sus siglas en Inglés), las cuales son muy hidrofílicas, ricas en glicina y se mantienen solubles aun cuando son sometidas a temperatura de ebullición. Estos compuestos de naturaleza proteica se han encontrado en todos los tipos de organismos. La regulación de los mismos por estrés osmótico y ácido abscísico (ABA), es un indicativo de que estas proteínas tienen una función directa en los procesos de adaptación a salinidad y a sequía (Ma *et al.*, 2015).

2.6.2. Pérdida de sales a través de la caída de las hojas y frutos

La capacidad para eliminar las especies reactivas del oxígeno y reducir los daños ocasionados a las macromoléculas, como proteínas y ADN, se considera un carácter importante de tolerancia a estrés salino (Santhanakrishnan *et al.*, 2014).

Existen dos mecanismos fundamentales para la eliminación de las especies reactivas del oxígeno: la vía no enzimática y la enzimática. En la primera participan un grupo de compuestos como los carotenoides (α -tocoferol, β -caroteno), los flavonoides, el ácido ascórbico, el glutatión reducido, los fenoles, etc. En el segundo grupo participan numerosas enzimas como la superóxido dismutasa (SOD), las catalasas y las peroxidasas, entre otras (Behrouzi *et al.*, 2015).

Las enzimas peroxidases están distribuidas ampliamente dentro de las plantas superiores y participan en varios procesos como la lignificación, el metabolismo de las auxinas y la tolerancia al estrés salino y a los metales pesados (Haghighi *et al.*, 2014).

Estudios realizados por Kumar y Chand (2015) mostraron que la salinidad incrementó las actividades de la superóxido dismutasa, la peroxidasa y la catalasa en *Excoecaria agallocha* L. y *Plantago ovate* Forsk respectivamente, lo cual se propuso como uno de los mecanismos relacionados con la tolerancia de estas especies a salinidad.

Entre los antioxidantes no enzimáticos, los compuestos fenólicos constituyen un grupo químicamente heterogéneo, los cuales han sido estudiados en experimentos de tolerancia a salinidad. Varios autores han referido un aumento de estas sustancias en plantas sometidas a estrés salino. Estos compuestos han sido descritos como fuertes antioxidantes que pueden reducir la mayoría de las moléculas oxidadas entre las cuales se encuentran el oxígeno singlete, el radical superóxido, el tóxico radical hidroxilo, el peróxido de hidrógeno, así como radicales orgánicos (Santhanakrishnan *et al.*, 2014; Kumar y Chand, 2015).

Conclusiones

La germinación de las semillas de *Phaseolus vulgaris* L. var. Velazco a las diferentes concentraciones de cloruro de sodio estudiadas (0 hasta 200mmol.L⁻¹), demuestra cierta tolerancia de la variedad al estrés salino durante este proceso. Contenidos superiores a 150mmol.L⁻¹ afectaron el crecimiento de las radículas e hipocótilos de las plántulas aunque no de manera drástica. Las mayores concentraciones de NaCl (150 y 200 mmol.L⁻¹) provocaron un aumento en los niveles de azúcares reductores y proteínas solubles.

Bibliografía

ALMODARES, A., HADI, M.R., KHOLDEBARIN, B., SAMEDANI, B. y KHARAZIAN, Z.A. *The response of sweet sorghum cultivars to salt stress and accumulation of Na⁺, Cl⁻ and K⁺ ions in relation to salinity*. 2014, pp.733-739.

ÁLVAREZ, A., BAÑOS, R. y OTERO, L. *Salinidad y uso de aguas salinas para la irrigación de cultivos y forrajes en Cuba*. vol. 2, 2008, pp. 1-12.

ARGENTEL, L., LÓPEZ, R. D., GONZÁLEZ, L. M., LÓPEZ, R. C., GÓMEZ, E y FONSECA, I. *Evaluación de la tolerancia a la salinidad en estadios tempranos y finales del desarrollo en triticales (*Triticum secale*)*. Cultivos Tropicales. vol. 31, 2010, p p. 48-53.

ASHRAF, M. y HARRIS, P.J.C. 2004. *Potential Biochemical Indicators of Salinity Tolerance in Plants*. 2004, pp. 31-46.

BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S., DEBOUCK, D. G y LYNCH, J.P. *Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of Phaseolus sp grown under saline conditions*. Field Crop Res. 2003, pp. 207-222.

BEHROUZI, M., VALIZADEH, M y MOGHADDAM, M.V. *Changes in activity profile of superoxide dismutase in barley cultivars seedling under salt stress*. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 2015, pp. 350-357.

CAO, J., YUN LU, X., CHEN, L., XING, J.J. y LAN, H.Y. *Effects of salinity on the growth, physiology and relevant gene expression of an annual halophyte grown from heteromorphic seeds*. (en línea). (fecha de consulta: junio 2019). Disponible en: <http://aoppla.oxfordjournals.org/>.

CHOOKHAMPANG, S. *The effect of salt stress on growth, chlorophyll content proline content and antioxidative enzymes of pepper (*Capsicum annum L.*) seedling*. 2011, pp, 103-109.

DEINLEIN, U.; STEPHAN, A. B.; HORIE, T.; LUO, W.; XU, G. Y SCHROEDER, J. I. *Plant salt-tolerance mechanisms*. 2014, pp. 371-379.

DEL RIO, L.A. 2015. *ROS and RNS in plant physiology: an overview*. 2015, pp. 2827-28.

DELGADO, H., PINZÓN, E. H., BLAIR, M. y IZQUIERDO, P.C. *Evaluación de líneas de fríjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de retrocruce avanzado entre una accesión silvestre y radical cerinza*. Rev. U.D.C.A Act. and Div. 2013, pp. 79-86.

DOMÍNGUEZ, A., PÉREZ, Y., ALEMÁN, S., SOSA, M., FUENTES, L. y DARIAS, R. *Respuesta de cultivares de (Phaseolus vulgaris L.) al estrés por Sequía*. Biotecnología Vegetal. 2014, pp. 29 – 36.

EL GOUMI, Y., FAKIRI, M., LAMSAOURI, O. Y BENCHEKROUN, M. *Salt stress effect on seed germination and some physiological traits in three Moroccan barley (Hordeum vulgare L.) cultivars*. 2014, pp. 625-63.

Elhag, A.Z. and Gafar, M.O. *Effect of Sodium Chloride on Growth of Jatropha (Jatropha curcas L.) Young Transplants*. Universal Journal of Plant Science. 2014, pp. 19-22.

FAURE, B., BENÍTEZ, R., LEÓN, N., CHAVECO, O. y RODRÍGUEZ, O. *Guía técnica para el cultivo del frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Editora Agroecológica, Artemisa, Cuba. 2013. pp. 978-959.

HAGHIGHI, L., MAJD, A., NEMATZADEH, G., SHOKRI, M., KELIJ, S. y IRIAN, S. *Salt-induced changes in cell wall peroxidase (CWPRX) and phenolic content of Aeluropus littoralis (Willd) Parl.* AJCS. 2014, pp. 296-300.

HAZMAN, M., HAUSE, B., EICHE, E., NICK, P. Y RIEMANN, M. *Increased tolerance to salt stress in OPDA-deficient rice Allene oxide cyclase mutants is linked to an increased ROS-scavenging activity*. Journal of Experimental Botany. 2015, pp. 3339-3352.

HEIDARI, M. Y GOLPAYEGANI, A. *Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (Ocimum basilicum L.)*. 2012, pp. 57-61.

JAIN, CH. y SAXENA, R. *Varietal differences against PEG induced drought stress in cowpea*. Octa Journal of Environmental Research. 2016, pp. 2321 3655.

JALEEL, A.C., SANKAR, B., SRIDHARAN, R. y PANNEERSELVAN, R. *Soil salinity alters growth, chlorophyll content, and secondary metabolite accumulation in Catharanthus roseus*. Turk J Biol. 2008, pp. 79-83.

JAMIL, M., BASHIR, S., ANWAR, S., BIBI, S., BANGASH, A., ULLAH, F. y SHIKRHA, E. *Effect of salinity on physiological and biochemical characteristics of different varieties of rice*. Pakistan Journal of Botany. 2012, pp. 7-13

KANDIL, A.A., SHARIEF, A.E. y SHARIEF, S.A. *Effect of salinity stress on seedlings parameters of some canola*. International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2016, pp. 10-18.

KOKSAL, N., ALKAN-TORUN, A., KULAHLIOGLU, I., ERTARGIN, E. y KARALAR, E. *Ion uptake of marigold under saline growth conditions*. Springer Plus. 2016, pp. 2-12.

KUMAR, P.M. y CHAND, U.B. *Influence of salt stress on enzymatic and non-enzymatic antioxidant activity during hardening of a vegetatively propagated mangrove species Excoecaria agallocha L.* Asian Journal of Plant Science and Research. 2015, pp. 4-10.

KUMARI, S., MALVIKA, S. y PARVEEN, A. *Response of Tephrosia purpurea L. to salinity stress in relation to germination, carotenoid and proline content*. An International Quaterly Journal of Biology and Life Sciences. 2014, pp. 276-281

MA, C., WANG, H., MACNISH, A.J., ESTRADA-MELO, A.C., LIN, J., CHANG, y REID, M.S., JIANG, C.Z. *Transcriptomic analysis reveals numerous diverse protein kinases and transcription factors involved in desiccation tolerance in the resurrection plant Myrothamnus flabellifolia*. Hortic Res. 2015, pp. 15-34.

MENA, E., LEIVA, M., DILHARA, E., GARCÍA, L., VEITÍA, N. y CÁRDENAS, R. 2015. *Efecto del estrés salino en la germinación y el crecimiento temprano de (Phaseolus vulgaris L)*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Ministerio de Educación Superior. Cuba. vol. 36, 2015, pp. 71-74

MUNNS, R. y TESTER, M. *Mechanisms of salinity tolerance*. Annual Review of Plant Biology. 2008, pp. 651–681.

NAZARBEYGI, E., YAZDI, H.L., NASERI, R. y SOLEIMANI, R. *The effects of different levels of salinity on proline and A-, B- chlorophylls in canola*. Amer-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 2011, pp. 70-74.

PARIHAR, P., SINGH, S. y PRASAD, S. M. *Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: areview*. Environmental Science and Pollution Research. 2015, pp. 56-75.

Pérez- Nasser, S. *Efecto del CaCl₂ sobre el contenido de proteínas, prolina, acidez titulable, clorofila y contenido relativo de agua de Aloe vera expuesta a salinidad por NaCl₂*. Biota Colombiana. Vol. 18, pp. 2017.

RIOS, H. *Farmer participation and access to agricultural biodiversity. Responses to plant breeding limitation in Cuba*. Los Baños. Laguna. Filipinas. 2017, pp. 382-387.

SANTHANAKRISHNAN, D., KANNAN, R.P. y CHANDRASEKARAN, B. *Effect of tannery soaking water on antioxidant enzymes of Salicornia brachiata*. Int. J. Curr. Microbiol. 2014, pp. 359-367.

SHARMA, P., JHA, A.B., DUBEY, R.S. y PESSARAKLI, M. *Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions*. J Bot. 2013, pp. 17-37.

VERAPLAKORN, V., NANAKORN, M., BENNETT, I.J., KAVEETA, L. y SUWANWONG, S. *Antioxidant Enzyme Activity in Salt Tolerant Selected Clones of Stylo 184 (Stylosanthes guianensis CIAT 184), an Important Forage Legume*. 2015, pp. 16 – 527.

VISWANATHAN, C. y ZHU, J.K. *Plant Sal Tolerance. Topics in Current Genetics*. Plant Response to Abiotic Stress. Vol. 4, 2017, pp. 39-42.

ZHU, J.K. *Plant salt tolerance*. Trends in Plant Science. 2017, pp. 66–71.

ZHUANG, Y., XIAO-HUI, Z. y JUN, L. *Conserved miRNAs and Their Response to Salt Stress in Wild Eggplant (Solanum linnaeanum) Roots*. 2018, pp. 839-849.