

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Calidad Nutracéutica de la Lechuga (*Lactuca sativa*) Establecida en Efluentes Piscícolas Suplementada con Diferentes Fuentes de Potasio

Por:

Luis Darío Lara Sánchez

TESIS

Presentada como requisito principal para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Saltillo, Coahuila, México

Agosto, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Calidad Nutracéutica de la Lechuga (*Lactuca sativa*) Establecida en Efluentes
Piscícolas Suplementada con Diferentes Fuentes de Potasio

Por:

LUIS DARÍO LARA SÁNCHEZ

TESIS

Presentada como requisito principal para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente

Asesor Principal



Dra. Rocio Maricela Peralta Manjarrez

Coasesor



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Agosto, 2022



Agradecimientos

A Dios

A dios por permitirme llegara hasta a donde me encuentro y por darme a la familia que tengo, a los amigos y en general a la vida que me toco, infinitas gracias por todo.

A MI ALMA TERRA MATER

Estoy muy agradecido con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por acogerme en sus instalaciones y brindarme todos los recursos necesarios para poder realizar mis estudios y por ayudarme en todos los aspectos en mi estancia en mi alma mater.

Al Doctor Marcelino Cabrera De la Fuente.

Al Doctor Marcelino, quiero agradecerle de corazón por todas las cosas buenas que hizo por mí, por sus regaños y consejos que me brido a lo largo de los años de conocernos, a todo el conocimiento teórico y práctico que me compartió y más aún muchas gracias por la amistad que me brido ya que para mí, más allá de ser un gran mentor, es un amigo con el que pude contar durante muchos años incluso después de mi paso por la universidad. También por permitirme conocer a la gran familia que tiene.

A mis coasesores.

A la Doctora Roció por apoyarme en el transcurso de mi estancia dentro de la universidad y por brindarme su amistad y al Ing. Gerardo por ser un excelente maestro y transmitir todo lo que sabe a nosotros, además de sus buenas platicas.

A mis amigos.

A mis amigos, Max, Adán, Emmanuel, Marco, Gerardo, Miguel, Beto, Ismael, Bruce, Cesar y muchos más, que siempre estuvieron ahí para ofrecer su ayuda y su compañía cuando la cosas no salían bien y más cuando había algo que festejar, gracias por tantas anécdotas y vivencias juntos, por todas esas peleas y todas las risas que compartimos durante todo el tiempo en la universidad y fuera de ella, gracias por su amistad. Para Andrea gracias por ayudarme y motivarme a concluir el experimento de tesis, por apoyarme en todo lo que puedes, gracias a todos, por tanto.

Dedicatorias

A Dios

Gracias por prestarme esta vida y por darme fuerzas siempre para luchar por mis sueños, gracias por esta familia que me diste y por todas las personas que has cruzado en mi camino porque de todos y cada uno he aprendido cosas.

A Mi Madre

Guadalupe Sánchez Villa

Por siempre procurarme, guiarme, cuidarme y motivarme a seguir todos mis sueños, porque, a pesar de que siempre estuviste sola sabias cómo hacer para que nunca dejáramos de luchar por nuestros intereses y apoyarnos en todo lo que podías para alcanzarlos, gracias a ti hoy soy lo que soy, gracias por estar ahí cuando más lo necesito, por tus consejos, por tus regaños y sobre todo por todo ese amor tan puro y sincero que siempre recibo de ti, no me va alcanzar la vida para devolverte todo lo que has hecho por nuestra familia, gracias por ser la mejor Mamá del mundo, te amo Madre.

A Mis Hermanos

Ángel Sánchez, Cristian Sánchez, Karla Sánchez, José Sánchez, gracias a todos ustedes por siempre estar ahí conmigo en los buenos y malos momentos, gracias por hacer todos esos sacrificios para que yo pudiera continuar con este sueño de estudiar, gracias por apoyarme no solo económicamente si no también emocionalmente, gracias por siempre decirme las cosas como en realidad son y sobre todo gracias por siempre estar en los momentos en los que más los necesito.

A Mis Tíos y Tías.

Isabel Sánchez, Verónica Sánchez, Manuel Sánchez, Maricela Sánchez, Roberta Sánchez, gracias a todos ustedes que siempre han apoyado a mi mamá de alguna u otra forma, sin el apoyo que le daban a ella hubiese sido más difícil el que yo pudiera seguir estudiando, gracias por todo lo que hacen hasta ahora por mi Mamá y mis hermanos. Gracias.

A Mi Abuela.

Graciela Villa Hernández, gracias por cuidar siempre de mí y de mis hermanos, gracias por siempre acompañarnos en nuestros caminos, sé que desde donde te encuentres te sientes orgullosa de que por fin cumplo mi sueño y todo esto te lo debo a ti abuelita porque sin tus consejos no lo hubiera logrado, gracias y un abrazo hasta el cielo.

Índice de contenido.

RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION.....	2
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
1.3 HIPOTESIS.....	3
II.- LITERATURA REVISADA	4
2.1 Origen e historia de la Lechuga.....	4
2.2 Descripción Botánica.....	4
2.3 Propiedades Nutricionales de la lechuga.....	4
2.4 Superficie establecida y volumen de producción	5
2.5 Variedades establecidas: superficie y rendimiento	5
2.6 Clorofilas en Lechuga	6
2.7 Contenido de Vitamina C	6
2.8 Contenido de Nitratos.....	6
2.9 Propiedades organolépticas.....	6
2.9.1 Forma	6
2.9.2 Tamaño.....	7
2.9.3 Peso	7
2.9.4 Color	7
2.9.5 Sabor	7
2.10 Proteínas totales	7
2.11 Catalasa	7
2.12 Ascorbato peroxidasa.....	7
2.13 Capacidad antioxidante total	8
2.14 Glutación reducido en células vegetales	8
2.15 Sistema de Acuaponia	8
2.16 Principios y Generalidades del Acuaponia	9
2.17 Elaboración de soluciones nutritivas.....	9
2.18 Parámetros físico químicos del agua de la Acuaponia.....	9
2.19 Sistemas Hortícolas en acuaponia.....	10
2.20 Costos del sistema lechuga acuapónia.....	10
2.21 El potasio como mejorador de Calidad Hortícola	10

2.22 Efectos del Potasio en la Lechuga	11
2.23 Deficiencias, excesos y óptimos del potasio en el cultivo.....	11
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Ubicación del Experimento	11
3.2 Variedad de Lechuga establecida.....	12
3.3 Tratamientos	12
3.4 Manejo del cultivo.....	13
3.5 Diseño Experimental	13
3.6 Análisis Estadístico	14
3.7 Variables de Respuesta	14
3.7.1 Catalasa (CAT).....	14
3.7.2 Ascorbato Peroxidasa (APX).....	14
3.7.3 Proteínas Totales.....	15
3.7.4 Glutatión Reducido (GSH)	15
IV.- Resultados y Discusión.....	17
4.1 Proteínas	17
4.2 Catalasa	18
4.3 Ascorbato Peroxidasa.....	19
4.4 Glutatión Reducido (GSH)	20
4.5 Antioxidantes totales (AOXT)	21
V.- CONCLUSIONES.....	22
VI.- BIBLIOGRAFÍA.....	23
VII.- ANEXOS.....	26

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Tratamientos empleados.....	18
---	----

Índice de figuras.

Figura 1. Concentración de proteínas en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.	22
Figura 2. Concentración de catalasa en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.	23

<u>Figura 3. Concentración de ascorbato peroxidasa en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.</u>	24
<u>Figura 4. Concentración de Glutathión reducido en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.</u>	25
<u>Figura 5. Concentración de antioxidantes totales en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.</u>	26

RESUMEN.

En el presente trabajo se puso en prueba el desarrollo del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad romana, bajo un sistema de producción en acuaponía en raíz flotante adicionado con fuentes de potasio de manera foliar, el medio de cultivo fue un efluente piscícola donde se desarrolla un sistema productivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En la lechuga se determinó el rendimiento agronómico y el contenido nutracéutico de las hojas al momento de la cosecha para validar si el manejo implementado en el cultivo impacta el potencial antioxidante (GSH, proteínas, catalasa y antioxidantes). Dicho experimento se llevó a cabo en la ciudad de Saltillo Coahuila, en la granja de un productor cooperante en el rancho La Joya. El tipo de peces que se utilizaron fueron trucha arcoíris ya que es un pez que se utiliza mucho en la acuicultura por su buena adaptabilidad y porque su carne es la preferida para el consumo. Para este trabajo se utilizaron productos con fórmulas comerciales los cuales están hechos en su mayoría con sales potásicas, los diferentes tratamientos que se utilizaron fueron, testigo H₂O, Fainal-K[®] K₂O + N, Amifol-K[®] K₂O, Fosfato de Potasio KH₂PO₄, Nitrato de Potasio KNO₃, Sulfato de Potasio K₂SO₄, Cloruro de Potasio KCl, se tubo a bien trabajar con este elemento (K) ya que se creía que tendrían un efecto en la calidad nutracéutica de la lechuga. En los resultados obtenidos se muestra una diferencia significativa en las variables de respuesta que analizamos para comparar el efecto del potasio(K) en la calidad nutracéutica de la lechuga, los distintos tratamientos mostraron efecto en las variables analizadas, no en todas las variables fue el mismo tratamiento el que mostro efecto, pero si, todas las variables sufrieron algún efecto con la aplicación de potasio (K), se concluyó que el potasio si tiene efecto en la calidad nutracéutica de la lechuga, teniendo un efecto favorable en su calidad.

Palabras Clave: Acuicultura, Lechuga, Potasio, Antioxidantes, Catalasa.

I.- INTRODUCCION

A lo largo de la historia de la humanidad la agricultura ha jugado un papel muy importante en la alimentación de las poblaciones desde la prehistoria hasta nuestros tiempos, sin embargo, ha sido en los últimos años donde diferentes factores han intervenido para que la agricultura tenga una mejora significativa, factores mejorados como, mejoras genéticas, modernización en técnicas de producción, entre otras más han aunado mucho en la producción de granos básicos. A pesar de estas técnicas la producción de alimentos era insuficiente para solventar la demanda, esto hasta la llegada de la llamada “Revolución Verde” donde se comenzaron a utilizar de manera fuerte los fertilizante y pesticidas para la producción de alimentos, a partir de esto se produjo un incremento en la producción de cosechas, permitiendo así satisfacer las necesidades de la población (Ríos, 2008).

En la actualidad uno de los mayores problemas en la agricultura es la escases de agua, por lo que muchos productores optan por extraerla de las profundidades de la corteza terrestre. La principal necesidad es hacer un uso eficiente y aprovecharla al máximo, por eso mismo se diseñan diferentes alternativas para tener mejor control, una de las alternativas que más se usa es la hidroponía (Valdez ,2011).

La acuaponia es uno de los sistemas de producción más sustentable ya que aumenta la productividad del agua y la producción de alimentos, este método se utiliza en México desde hace más de 2,500 años, fue utilizado en Xochimilco. Este método consiste en un sistema de recirculación acuícola que reutiliza los desechos producidos por organismos acuáticos principalmente peses o crustáceos, son convertidos mediante acción bacteriana en nutrientes necesarios para el crecimiento de plantas, este sistema ayuda a tener una reducción en el uso de agua y a tener mayor cantidad de producción de alimentos. Otra de las ventajas es el bajo impacto ambiental que se tiene ya que minimiza y optimiza la mano de obra, agua, alimento balanceado para peces y nutrientes para la planta (Yáñez;2013).

La producción de hortalizas en la actualidad busca obtener producto de calidad nutracéutica, donde se disminuyan costos de producción y se obtengan mejores ingresos económicos por el producto, por tal motivo se estableció el cultivo de la lechuga en condiciones de acuaponia, dentro del manejo nutrimental, se realizaron aplicaciones suplementarias a base de diferentes fuentes de potasio como inductores de la calidad nutracéutica del órgano de interés comercial.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la actividad antioxidante de la lechuga suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Cuantificar el potencial antioxidante en la lechuga posterior a la cosecha.

Evaluar la actividad enzimática y no enzimática de la lechuga posterior a la cosecha.

1.3 HIPOTESIS

El contenido nutracéutico de la lechuga está en función del tipo de fertilizantes de potasio empleado.

II.- LITERATURA REVISADA

2.1 Origen e historia de la Lechuga

Anteriormente se creía que el origen de la lechuga se debía de situar en cercano oriente, aunque actualmente los botánicos no logran ponerse de acuerdo del todo ya que existen más tipos de variedades además de *Lactuca sativa* L podemos encontrar a *Lactuca scariola* L, que se puede encontrar de forma silvestre en gran parte de áreas templadas (Sánchez, 2014).

Los primeros registros de la existencia de la lechuga datan de 4500 años a.C. en gravados de tumbas egipcias, algunos antecedentes nos dicen que la lechuga representaba la fecundidad de las cosechas de los egipcios, su cultivo se extendió por toda Europa y es probable que colon la llevase América (Gallardo, 2014).

2.2 Descripción Botánica

La lechuga es una hortaliza de hojas sueltas o acogolladas, listas para el consumo directo en ensaladas y otras preparaciones gracias a sus características organolépticas (Estudillo; 2017).

La lechuga es un cultivo anual, su órgano comestible es su hoja, posee una raíz pivotante relativamente gruesa al inicio y conforme a la profundidad se va haciendo más delgada, el tallo es corto y comprimido, sus hojas se encuentran dispuestas en una roseta densa alrededor de un tallo corto (Saavedra; 2017).

2.3 Propiedades Nutricionales de la lechuga

La lechuga es baja en calorías, grasa y sodio, es una muy buena fuente de fibra, hierro, ácido fólico y vitamina C, al igual que es otra forma de adquirir compuestos bioactivos beneficiosos para la salud como antiinflamatorio, reductor del colesterol y compuestos antidiabéticos se le atribuyen a la lechuga (Velez,2016).

El cultivo de la lechuga es un alimento que se consume mayormente en fresco y crudo, esto ayuda que más elementos estén retenidos en comparación con otros vegetales que se procesan y/o cocinan, además para el consumo de ensaladas se utilizan principalmente las dos primeras hojas o la planta completa, estas se han

vuelto más populares en lo culinario, lo que conlleva que los productores encuentren más formas de comercializar su producto, ya que este se puede comercializar en cualquier etapa en la que se encuentre (García,2021).

La lechuga es uno de los principales componentes de una dieta saludable ya que aporta en su mayoría agua, minerales y otros compuestos que resultan demasiado benéficos para la salud humana, un escaso aporte calórico, es una rica fuente de compuestos fenolicos, vitamina A, B, C, así como minerales Fe y K (Carrasco, Sandoval, 2016).

2.4 Superficie establecida y volumen de producción

En México la superficie establecida En 2019 fueron 22,270 hectáreas en las cuales el volumen de producción fue de 541,804 toneladas, por lo que el rendimiento promedio nacional quedó en 24.3 toneladas por hectárea. (FAO 2020).

El cultivo se produce en 21 estados del país. Al cierre del año agrícola 2020 Guanajuato fue la principal entidad productora, con una participación de 27.3 por ciento; seguido de Zacatecas, con 17.8 por ciento, Aguascalientes con 14.8 por ciento y Puebla, con 14.2 por ciento (SIAP, 2021).

El principal destino de exportación mexicana de lechugas en el periodo 2015-2020, fue Estados Unidos, con una participación de 98 por ciento y una tasa media anual de crecimiento de 11.3 por ciento, seguido de Canadá (SIAP, 2021).

2.5 Variedades establecidas: superficie y rendimiento

Alrededor del mundo existen una gran variedad de lechugas comerciales. En México, las más producidas son la Romana y la Orejona, quienes en su conjunto aportan 98 por ciento de la cosecha nacional, aunque también se producen las variedades Baby leaf y Escarola. Las principales variedades de lechuga producidas en México son: Lechuga baby 518 toneladas, Lechuga baby leaf, 6 mil 355 toneladas, escarola 3 mil 834 toneladas, orejona 36 mil 175 toneladas, romana 468 mil 763 toneladas, el rendimiento por hectárea de estas variedades es de aproximadamente 23 a 26 toneladas por ha. (SIAP 2018).

2.6 Clorofilas en Lechuga

La clorofila son pigmentos verdes presentes en las plantas que realizan una gran cantidad de procesos de fotosíntesis y están ampliamente distribuidos por todos los rincones de las plantas. La clorofila constituye el .01 % de la hoja fresca verde y se localiza en los cloroplastos. Existen dos variedades de clorofila a y b las cuales siempre se presentan juntas y aproximadamente e las mismas proporciones casi siempre acompañadas por pequeñas cantidades de carotenoides, caroteno y xantofilas. Este compuesto tiene una gran importancia para la vida ya que es el encargado de la captación de la energía lumínica para ser convertida luego en energía química en el proceso de fotosíntesis. La determinación y cuantificación del contenido de clorofila constituye uno de los índices de calidad más utilizados en hortalizas de hojas verdes. (Gonzales, 2014).

2.7 Contenido de Vitamina C

La lechuga es un cultivo con alto contenido de folatos, provitamina A o beta-carotenos, cantidades significativas de vitaminas C, las dos últimas tienen un efecto antioxidante (Carranza; 2009). La lechuga contiene un aproximado de 151 mg/kg de materia fresca (Giménez; 2018)

2.8 Contenido de Nitratos

Las concentraciones de nitrato presentes en lechuga cultivada bajo el sistema de acuaponia va desde 1079.30 mg/kg M.F., hasta los 1229.32 mg/kg M.F. (Alcarraz, *et al.*, 2018). El contenido de nitratos va directamente relacionado con la cantidad y calidad y/o tipo de luz que se le proporcioné al cultivo, aunado a esto el tipo de cultivar que se evalué, los contenidos de nitratos tomando en cuenta estos parámetros pueden variar de 870 mg/kg. M.F. hasta 1913 mg/ kg. M.F., (Battafarano, 2018)

2.9 Propiedades organolépticas

Es de hojas verdes o moradas, lisas o crespas, dependiendo de la variedad; deben ser crocantes y sin rastro de enfermedades o necrosidades.

2.9.1 Forma: Mas o menos redondeada según la variedad.

2.9.2 Tamaño: De 20 a 30 cm de diámetro, según la variedad a que pertenezca. Los cogollos tienen un diámetro cercano a los 10 cm.

2.9.3 Peso: aproximadamente 300 gramos, dependiendo de la variedad.

2.9.4 Color: En general son de color verde, aunque algunas variedades presentan hojas blanquecinas o incluso rojizas o marrones. Las hojas interiores de los cogollos son amarillentas.

2.9.5 Sabor: Suave, agradable y fresco. El sabor de los cogollos es algo más intenso y amargo que el de las hojas de Lechuga (Santiago, 2014).

2.10 Proteínas totales

Las proteínas son compuestos orgánicos macromoleculares, ampliamente distribuidos en el organismo y esenciales para la vida representan el grupo de sustancias químicas de mayor importancia en la estructura y la fisiología celular y forman la masa principal de las células y de todos los tejidos. Desde el punto de vista químico, las proteínas se definen como sustancias cuaternarias complejas, de alto peso molecular, formadas, principalmente, por alfaaminoácidos ligados por uniones peptídicas (Zambrano; 2015).

2.11 Catalasa

Las catalasas son enzimas muy resistentes y estables, existen diferentes estructuras de catalasas y diferentes funciones de ellas, la primera catalasa grande de dominio C cuya función aún se desconoce, catalasas pequeñas cuya función es funcionar como una molécula donadora de electrones evitando la formación de compuestos inactivos, otra diferencia es que las catalasas grandes son más resistentes que las pequeñas a la desnaturalización (Díaz; 2003)

2.12 Ascorbato peroxidasa

El Ascorbato (ASC), junto con el glutatión, participa en la eliminación de especies reactivas del oxígeno (ROS) en el denominado ciclo agua-agua que pueden oxidar rápidamente proteínas, lípidos y DNA causando un daño celular irreversible (Cardemi; 2015).

2.13 Capacidad antioxidante total

Este parámetro puede ofrecer una idea de cómo se encuentra el conjunto de la respuesta antioxidante ante cada agresor oxidativo en cada sistema, en las células se evalúa principalmente los mecanismos antioxidantes enzimáticos, glutatión, NADPH y moléculas antioxidantes endógenas y exógenas; pero dependiendo de la célula y los orgánulos predominantes se podrá tener una participación mayoritaria de cierta actividad enzimática o de antioxidantes intracelulares (Quintanar, Calderón, 2009).

2.14 Glutatión reducido en células vegetales

Es una enzima de extrema importancia esto se debe a su participación en la regeneración del GSH, el cual es de extrema utilidad para la autooxidante, es decir, específicamente tiene una función de pivoteo en el estrés oxidativo (Cisneros, 1995). El glutatión tiene una gran participación en la homeostasis celular ayudan a reducir la oxidación, las formas biológicamente activas de las vitaminas C y E, así como el glutatión reducido, constituyen antioxidantes de alta capacidad reductora y actúan, cada uno en sus escenarios biológicos, neutralizando radicales libres mediante su reclutamiento y posterior reducción (Benítez, 2006).

2.15 Sistema de Acuaponia

El sistema de producción de acuaponia es una integración entre un sistema de cultivo de peces y uno hidropónico de plantas, en este sistema combinado, la materia orgánica disuelta en el agua proviene principalmente de las excretas de los peces y del alimento que se les proporciona a estos los cuales son descompuestos por bacterias, como resultado de este proceso se liberan sales minerales y nutrientes los cuales después son aprovechado por las raíces de las plantas. Las ventajas de utilizar este sistema de producción es que se reutiliza el agua en la que se encuentran los peces, son mejor en el espacio y eficiencia de producción, ecológicamente sustentables y son más rentables que las granjas de producción de peses convencionales (Scaglione, 2017)

2.16 Principios y Generalidades del Acuaponia

El termino acuaponia de deriva de la combinación de dos términos uno es acuicultura sumado o combinado con hidroponía, para poder entender este término combinado primero debemos entender cada uno de los dos términos por separado. Acuicultura se refiere al cultivo de condiciones controladas de organismos acuáticos vegetales y animales, por otro lado, hidroponía se refiere al cultivo de vegetales sin uso de suelo, aplicando diferentes tipos de fijaciones para que las raíces se encuentren en contacto con algún tipo de solución (García, 2015).

El concepto de utilizar heces y otros desperdicios de peces como fertilizantes para plantas, es tan viejo como las primeras civilizaciones de Asia y Sudamérica, cuyos individuos ya aplicaban métodos basados en estos principios, según los registros históricos existentes. Hacia fines de los años ´70, comenzaron a aparecer estudios científicos en Norteamérica y Europa, para demostrar que los metabolitos producidos por los peces podían ser retirados del agua para el cultivo de vegetales (Apórtela, González, 2001).

2.17 Elaboración de soluciones nutritivas

La solución nutritiva son la base de toda alimentación de las planas y para su óptimo desarrollo los nutrientes minerales se incorporan en agua. La solución más reconocida a nivel mundial es la del Dr. Abram A. Steiner que consiste en agua con oxígeno y todos los elementos en su forma iónica. Su elaboración y composición dependerá mucho de la especie, variedad, estado de la planta y parte aprovechable de esta, el Ph también juega un papel muy importante en la elaboración de las soluciones nutritivas ya que de este dependerá mucho la disponibilidad de los elementos teniendo un Ph de 5.8 es óptimo, aunque un rango de 5.2 a 6.0 es aceptable para la elaboración de la solución, la conductividad eléctrica CE es una medida de sales disueltas en la solución (Estudillo, 2017).

2.18 Parámetros físico químicos del agua de la Acuaponia

Según los resultados obtenidos por (Pulido, Lopez, de la Cruz, Hoyos, Mendiola, 2013) en su artículo, llegaron a la conclusión que los parámetros del agua que manejaban y en el cual se desarrollaban bien las especies de plantas que utilizaron

fueron: temperatura del agua (20-31.5 °C), pH (5.7-7.59), oxígeno (4-5.3 mg L⁻¹), conductividad eléctrica (3.1-8.57 dS m⁻¹), bicarbonatos (0.60-2.60 Meq L⁻¹), cloruros (27-85.7 Meq L⁻¹), sulfatos (2.29-4.16 Meq L⁻¹), amoníaco (2-50 mg L⁻¹), nitritos (0.035-1.84 mg L⁻¹), nitratos (0.10-24.60 mg L⁻¹), calcio (1.02-14.29 Meq L⁻¹), magnesio (3.52-16.17 Meq L⁻¹), potasio (0.15-11.93 Meq L⁻¹), dureza total (280.08-1398.7 mg L⁻¹), sólidos disueltos totales (2109.30-5519.00 mg L⁻¹), relación de absorción de sodio (9.62-32.09 Meq L⁻¹). Los coliformes totales y fecales estuvieron en los límites indicados en la Norma Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

2.19 Sistemas Hortícolas en acuaponia

Los principales cultivos establecidos bajo este sistema de producción son los cultivos de hojas ya que su desarrollo hace que sea muy factible establecerlos bajo este sistema, aunque también se pueden desarrollar correctamente muchos más cultivos algunos ejemplos de estos son, fresa, tomate, entre otros (Vázquez, 2015).

2.20 Costos del sistema lechuga acuapónica

Los Costos de Producción del Sistema Lechuga Acuapónica con Malla Sombra y Fertilización Foliar son de \$ 1,237,695.90 esos costos fueron los presentados para un periodo de tres ciclos productivos en un año, se tomaron en cuenta costos de producción como lo es inversión extra de la granja acuícola de los productores cooperantes se extrapolaron los datos a una hectárea de producción, la relación beneficio-costo dio como resultado un B/C de 1.379, que para un proyecto como este es un buen resultado (García, *et al* 2021)

2.21 El potasio como mejorador de Calidad Hortícola

El potasio (K) es un elemento esencial que es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y desarrollo correcto de los cultivos, algunas de las principales actividades de las plantas donde el potasio está comprometido son: Osmorregulación, síntesis de almidones, activación de encimas, síntesis de proteínas entre muchas más. El K se necesita desde las primeras etapas del cultivo ya que este es necesario para tener un crecimiento adecuado y una máxima absorción en el estadio de llenado de fruto para tener frutos de calidad, las frutas y

hojas verdes contienen generalmente niveles más altos de K en sus primeros estadios (Kant, & Kafkafi, 2002).

2.22 Efectos del Potasio en la Lechuga

El potasio juega un papel esencial en el desarrollo eficiente de la lechuga ya que los efectos que se producen en la planta cuando existe deficiencia de este elemento van desde, enanismo, retardo en el crecimiento, coloración opaca en las hojas jóvenes hasta la muerte temprana (Giménez, 2016).

2.23 Deficiencias, excesos y óptimos del potasio en el cultivo

Según los resultados presentados por (Martínez; Garcés 2010), concluyeron que las plantas de lechuga presentan visiblemente deficiencias cuando los mg de K van de 0 a 50 mg L⁻¹, el más recomendable para el cultivo es 360 mg L⁻¹ de K ya que presento los mejores resultados en crecimiento y producción, por tanto, es la dosis de K más recomendable para el cultivo de lechuga.

Martínez y Arrianza, (2009), mostraron es sus resultados de ensayo que la mejor concentración para el óptimo desarrollo del cultivo de lechuga era de 150 mg/ L. El cultivo de la lechuga no presenta disminuciones en su producción cuando tiene exceso del elemento potasio (Perez, Luque, 1974).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del Experimento

El experimento estuvo ubicado en el rancho la joya, dentro de este rancho se encuentra una granja de un productor cooperante para el desarrollo de este experimento, el rancho se encuentra en una localización geográfica de 25° 14' 52.1" N 101° 16' 0.5" W, en el ejido de Derramadero, en el municipio de Saltillo, Coahuila, México. La granja es una granja de engorda de peces, los estanques que se encuentran establecidos ahí son un total de 12 estanques circulares los cuales están hechos de geomebrana de polietileno de alta densidad (HDPE .75 Mn), se utiliza se soporte mecánico un esqueleto metálico, las medidas de estos esqueletos son 10

m de diámetro y 1.20 m de altura para cada estanque, con estas medidas cada estanque es capaz de almacenar un volumen de agua de 94, 248 L estando en su máxima capacidad. Dentro de estos estanques se tenían sembrados 2200 alvines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con estas cantidades se pretendía tener un rendimiento en la producción de trucha de 2 toneladas por estanque.

3.2 Variedad de Lechuga establecida

Como material vegetativo se utilizó semilla de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Climax de la casa comercializadora Western seeds. Esta variedad de lechuga es tipo romana cuya principal cualidad es presentar cabezas bien formadas y buen tamaño de hojas, hojas envolventes, el tiempo de cosecha a siembra que se tiene con esta variedad es de 90 a 95 días aproximadamente.

3.3 Tratamientos

La fertilización fue suplementada con seis fuentes a base de potasio como tratamientos y un testigo absoluto, las aplicaciones se hicieron vía foliar desde el momento del trasplante por intervalos de 3 días, la nutrición utilizada fue la fórmula Steiner (1961), reducida en un 75% y esta misma al 25%, 50%, 75% y 100% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos empleados

Tratamientos	Nombre	Composición	Dosis	% masa molecular
1	Testigo (T ₀)	H ₂ O	1 L	0.0
2	Fainal-K [®]	K ₂ O + N	2.5 mL	31.0 – 3.0
3	Amifol-K [®]	K ₂ O	2.5 mL	31.0
4	Fosfato de Potasio	KH ₂ PO ₄	1.25 g	28.7
5	Nitrato de Potasio	KNO ₃	2.5 g	38.6

6	Sulfato de Potasio	de	K_2SO_4	3.5 g	44.8
7	Cloruro de Potasio	de	KCl	1 g	52.4

3.4 Manejo del cultivo

Para el manejo de cultivo tenemos que las plántulas se establecieron dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada a 25° 21' 19" latitud norte, 101° 01' 48" longitud oeste, a una altura de 1 779 msnm en Buenavista, Saltillo, Coahuila, el establecimiento de las plántulas se llevó a cabo el mes de mayo del año 2019 en el departamento de horticultura de esta universidad, utilizamos un invernadero de mediana tecnología, las semillas se establecieron en charolas de polietileno de 200 cavidades, el sustrato que se usó fue peat-moss combinado con perlita a una relación de 70/30, ya que la plántula emergió de entre el sustrato, empezamos a aplicarles riego el cual se realizaba 2 veces por día, este procedimiento se hizo hasta que nuestras plántulas mostraron 3 hojas verdaderas y una altura aproximada de 12 cm, después de esto se trasladaron a la granja acuícola para su trasplante, el trasplante se realizó extrayendo las plántulas con todo y cepellón de la charola, una vez que las teníamos fuera de la charola se realizó un lavado de raíz para poder eliminar el sustrato y poder incorporarlas a la efluente acuícola.

El trasplante fue realizado a los 30 días de haber emergido las plantas, donde se colocaron en placas de unicel de cinco centímetros de espesor y un metro cuadrado, trazando una densidad de población de 20 plantas por m², en los tanques de geomembrana.

3.5 Diseño Experimental

Los tratamientos fueron evaluados bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con 9 repeticiones por tratamiento, donde se tenían 3 plantas por repetición, en cada uno de los 3 diferentes bloques.

3.6 Análisis Estadístico

Todos los resultados que se obtuvieron fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de medias Fisher Prueba de diferencia mínima significativa (LSD, $p \leq 0.05$) con el software InfoStat/L (versión 2017).

3.7 Variables de Respuesta

3.7.1 Catalasa (CAT)

La actividad enzimática de catalasa se cuantificó midiendo 2 tiempos de reacción, tiempo 0 (T0) y tiempo 1 (T1) por el método espectrofotométrico (Cansev et al., 2011). El blanco de calibración: 0.1 mL del EE, 1 mL de buffer de fosfatos pH 7.2 y 0.4 mL de H₂SO₄ al 5 %. Para el T0 se mezcló 0.1 mL de EE, 1 mL de H₂O₂ 100 mM e inmediatamente 0.4 mL de H₂SO₄ al 5 %. En el T1 se mezcló 0.1 mL de EE y 1 mL de H₂O₂ 100 mM, después de un minuto de reacción se agregaron 0.4 mL de H₂SO₄ al 5 %. La reacción se logró con una temperatura de a 20 °C teniendo una agitación constante, el consumo de H₂O₂ se leyó a 270 nm en el espectro de UVVIS, para poder leerla se usó una celdilla de cuarzo. La diferencia de las absorbancias obtenidas fue interpolada en la ecuación de la curva de calibración realizada con H₂O₂, los estándares se encontraban en un rango de 20 a 200 mM. El resultado obtenido se substituyó en la siguiente fórmula para reportarlo como actividad específica.

$CAT (U/mg) = ((UI \text{ mL de cada muestra}) \times 1.5 \text{ mL } 0.1 \text{ mL}) \times FD \text{ Concentración de proteínas (mg mL}^{-1} \text{)}$ Donde: FD = Factor de dilución. UI = Actividad enzimática (1 μ mol de sustrato convertido x min⁻¹).

3.7.2 Ascorbato Peroxidasa (APX)

La medición se realizó en dos tiempos T0 (Tiempo inicial) y T1 (Tiempo un minuto de reacción) de acuerdo a Asada (2006). Para el T0 se colocó en tubo de 2 mL 0.1 mL de EE, 0.5 mL de ascorbato a 40 ppm, 1 mL de H₂O₂ a 100 Mm e

inmediatamente 0.4 mL de H₂SO₄ al 5 % para detener la reacción; en el tiempo T₁ se realizó todo lo anterior con la diferencia de que los 0.4 mL de H₂SO₄ al 5 % se agregaron 1 minuto después de haber agregado el mL de H₂O₂. Se leyó la absorbancia a 266 nm con celdilla de cuarzo, las absorbancias fueron interpoladas en la ecuación de la curva de calibración realizada con ácido ascórbico con estándares a concentraciones de 0 a 1 ppm. Los valores obtenidos se sustituyen en la siguiente fórmula.

$APX (UI\ mg) = ((UI\ mL\ de\ cada\ muestra) \times 2\ mL\ 0.1\ mL) \times FDC\ oncentración\ de\ proteínas\ (mg\ mL)$ Donde: FD= Factor de dilución, UI = Actividad enzimática (1 μ mol de sustrato convertido x min⁻¹).

3.7.3 Proteínas Totales

Proteínas Totales. Se determinó bajo la metodología descrita por Bradford (1976), se agregó en una celdilla de microplaca 5 μ L de EE y 250 μ l de reactivo Bradford (para preparar este reactivo se disolvieron 100 mg de Azul Brillante de Coomassie G250 41 (C₄₇H₄₉N₃NaO₇S₂) en 50 mL de etanol (98 %), posteriormente se agregaron 100 mL de H₃PO₄ (85 %), enseguida se aforó a 1 L con agua destilada, se filtró dos veces con papel filtro N° 11 y se guardó en un frasco ámbar a 4°C hasta su uso) se mezcló ligeramente, se incubo a temperatura ambiente durante 10 minutos. Se determinó la absorbancia en el Lector de microplacas (Modelo ELx808™) a 630 nm. Las absorbancias obtenidas fueron interpoladas en la ecuación de la curva de calibración realizada con Albúmina Sérica Bovina (ABS), con estándares de 10 a 1000 ppm de ABS. Los datos se expresaron en mg g⁻¹ con la siguiente formula:

$Cx=Cs*FD*VM$ Dónde: Cx = Concentración en mg g⁻¹; Cs = Concentración obtenida en la ecuación de la recta (ppm); FD = Factor de dilución; V = Volumen utilizado en la dilución de la muestra; M = Masa total utilizada en la extracción.

3.7.4 Glutati3n Reducido (GSH)

Fue cuantificado según la metodología espectrofotométrica establecida por Xue et al., (2001), mediante la reacción con DTNB (ácido 5,5'-ditio-bis (2-nitrobenzoico)). En un tubo de ensayo se colocaron 0.48 mL de EE, se mezcló con 2.2 mL de fosfato dibásico de sodio (Na₂HPO₄) a 0.32 M y 0.32 mL del colorante DTNB al 1 mM. Se

determinó la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS a 412 nm con una celdilla de cuarzo, y estas fueron interpoladas en la ecuación de la curva de calibración realizada con GSH, esta curva se realizó con estándares a una concentración de 0.02 a 1 mM. Los valores obtenidos se reportan en mM de GSH/ mL /min

Capacidad antioxidante: Se determinó capacidad antioxidante por DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) Para hacer la determinación por DPPH se utilizó la metodología utilizada por Gill (2010), se colocaron en un pocillo de microplaca 6 μ L de EE y 234 μ L de DPPH (C₁₈H₁₂N₅O₆) a 0.1 mM, se agito cuidadosamente y en obscuridad se incubó por 30 minutos, enseguida se determinó la absorbancia del lector de Microplacas (Modelo ELx808™) a 540 nm. Se colocaron 240 μ L de buffer de fosfatos sobre el pocillo para usarlo como blanco. Se determinó la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS a 754 nm con una celdilla de cuarzo, como blanco se usó buffer de fosfatos pH 7. Las absorbancias fueron interpoladas en las ecuaciones obtenidas de las curvas de calibración realizada con TROLOX (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) (C₁₄H₁₈O₄) y ácido ascórbico (C₆H₈O₆) con estándares a una concentración de 0.1 a 5 mM y 0.01 a 0.5 mg mL⁻¹ respectivamente, ambos reactivos se diluyeron en buffer de fosfatos pH 7.

IV.- Resultados y Discusión

4.1 Proteínas

En la Figura 1, se puede observar los resultados relacionados con la concentración de proteínas en hojas de lechugas acuapónicas. El tratamiento que obtuvo un rendimiento mayor en su desarrollo fue el tratamiento 1 que su tuvo una diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) con respecto a los demás tratamientos. Este resultado obtenido se cree que es debido a que el amonio es la principal fuente de nitrógeno en la acuaponía (*Oncorhynchus mykiss*) (Cuencas; 2021) concluye en su experimento que con una población de trucha arcoíris mayor a 80 kg/m³ se obtiene la cantidad adecuada de nitrógeno y fósforo para el desarrollo adecuado del cultivo del tomate.

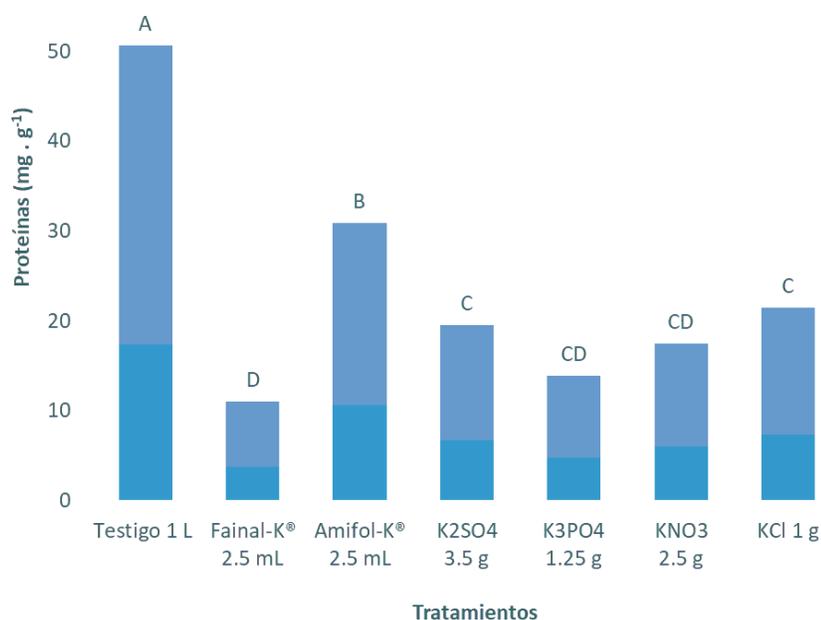


Figura 1. Concentración de proteínas en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.

4.2 Catalasa

En la Figura 2, se puede observar los resultados relacionados con la concentración de la enzima antioxidante catalasa en hojas de lechugas acuapónicas. Para esta variable se obtuvo como resultado que al aplicar una fertilización suplementaria de 1.25 g de Fosfato de Potasio se produjo un incremento en la actividad de la enzima catalasa ($p \leq 0.0877$). (Zarate, *et. al* 2021) Concluyo que la actividad enzimática puede estar relacionada a algunos factores, para un aumento registro que el estrés biótico favorece la activación y para la disminución señala que factores como la aplicación de ácidos fenólicos tiene efecto.

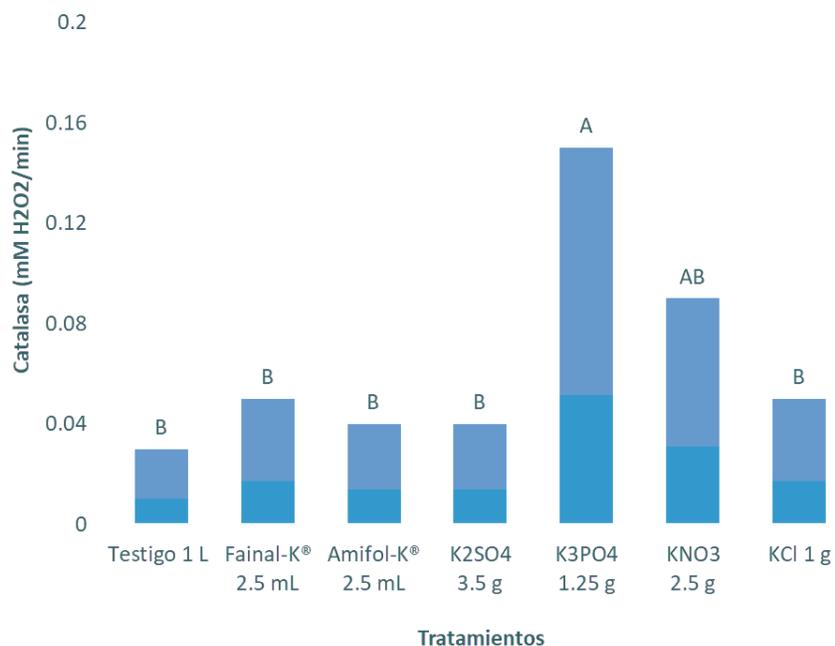


Figura 2. Concentración de catalasa en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.

4.3 Ascorbato Peroxidasa

En la Figura 3, se puede observar los resultados relacionados con la concentración de la enzima antioxidante ascorbato peroxidasa en hojas de lechugas acuapónicas. En cuanto a la variable de ascorbato PX el tratamiento que expreso un mejor resultado además del testigo fue el tratamiento AmifolK 30% por encima de los demás tratamientos ($p \leq 0.0001$). Blasco et al 2011, muestra que en su investigación en el que evaluaron las principales enzimas en la destoxificación causada por especies reactivas del oxígeno (ROS) donde se encontró un incremento en el ácido ascórbico, comprobando el efecto benéfico de esta especie química sin evidenciar toxicidad mediante la reducción de biomasa. En un estudio llevado a cabo en plantas de soya cultivadas en contenedores con suelo y composta se observó que al aplicar (Yodato de potasio) KIO_3 a concentraciones de 20, 40 y 80 μM se incrementaron la actividad enzimática de APX (Gupta et al. 2015).

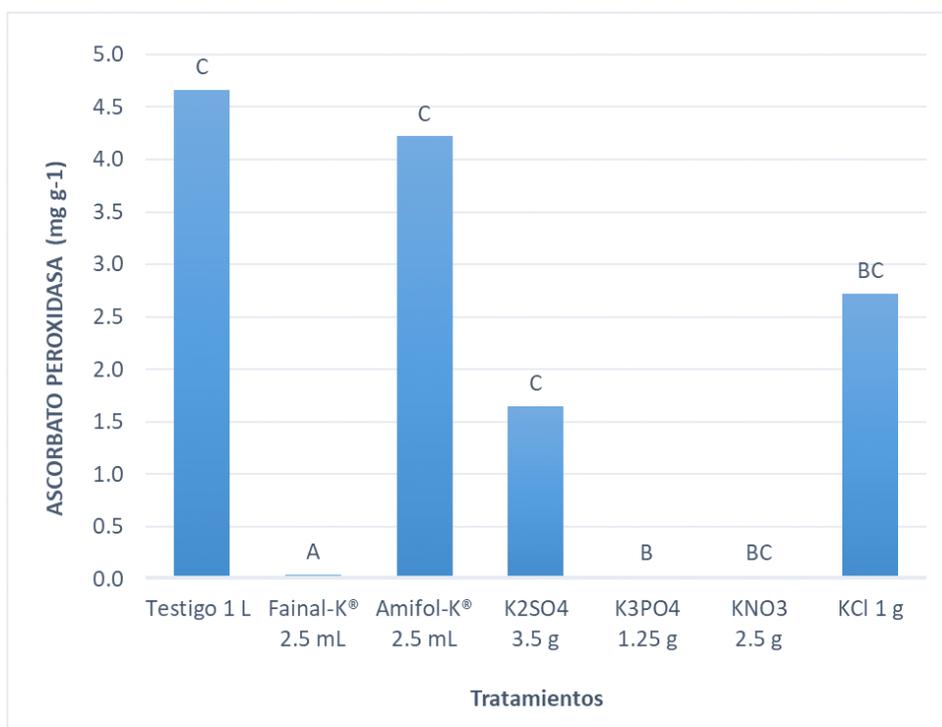


Figura 3. Concentración de ascorbato peroxidasa en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.

4.4 Glutación Reducido (GSH)

En la Figura 4, se puede observar los resultados relacionados con la concentración de la enzima antioxidante glutación reducido en hojas de lechugas acuapónicas. El tratamiento donde se aplicó Amifol-K (fertilizante orgánico con aminoácidos libres 5.12% p/p) fue el tratamiento en el que observo una mayor concentración de GSH tomando en cuenta el resto de los tratamientos ($p \leq 0.001$) que no contenían aminoácidos. La aplicación de aminoácidos genera un incremento significativo en parámetros de la planta, aumenta el número de hojas por planta, altura de la planta, número de vainas (Barberan; 2019).

Se presume que el glutación está involucrado en la protección antioxidante de los tejidos radicales, por otro lado, se cree que no está relacionado con la protección antioxidante de las hojas, estos resultados se mostraron experimentando con dos genotipos de cebolla sometidos a estrés salino (García, *et al*, 2019).

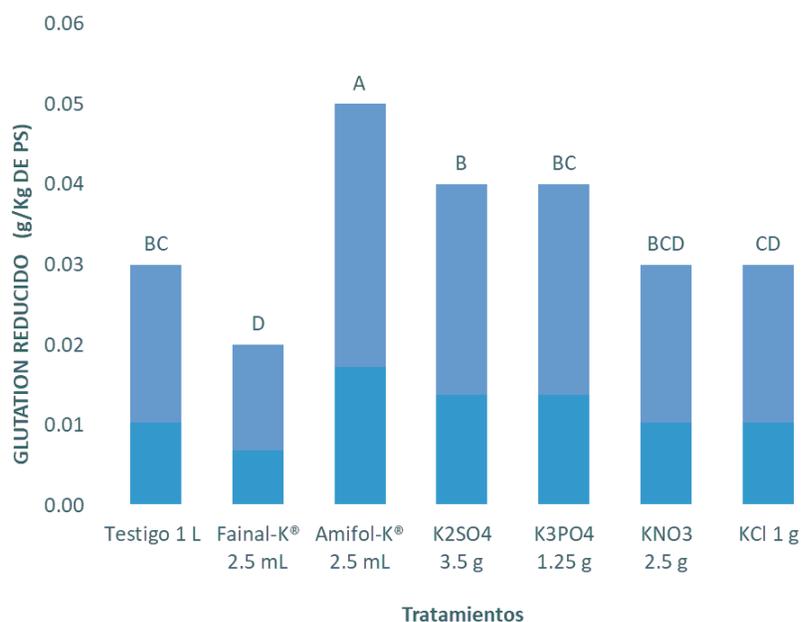


Figura 4. Concentración de Glutación reducido en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.

4.5 Antioxidantes totales (AOXT)

En la Figura 5, se puede observar los resultados relacionados con la concentración de la enzima antioxidante glutatión reducido en hojas de lechugas acuapónicas. En el cultivo de lechuga acuaponica en condiciones de raíz flotante se concluyó que para la variable analizada de antioxidantes totales (AOXT: Antioxidantes Totales $\mu\text{M/g}$ Equivalentes a Trolox) los tratamientos que mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.0353$) fueron el tratamiento Amifol-k con 306.33 mg ET/100gr y tratamiento testigo 275.67mg ET/100 gr. Nuestros resultados son parecido a los resultados obtenidos por (Carnicer; 2020). En su artículo evaluando el contenido de antioxidantes totales y clorofila en lechuga bajo fertilización orgánica con composte sus resultados van desde 177kg ET/100gr a 339 mg ET/ 100gr.

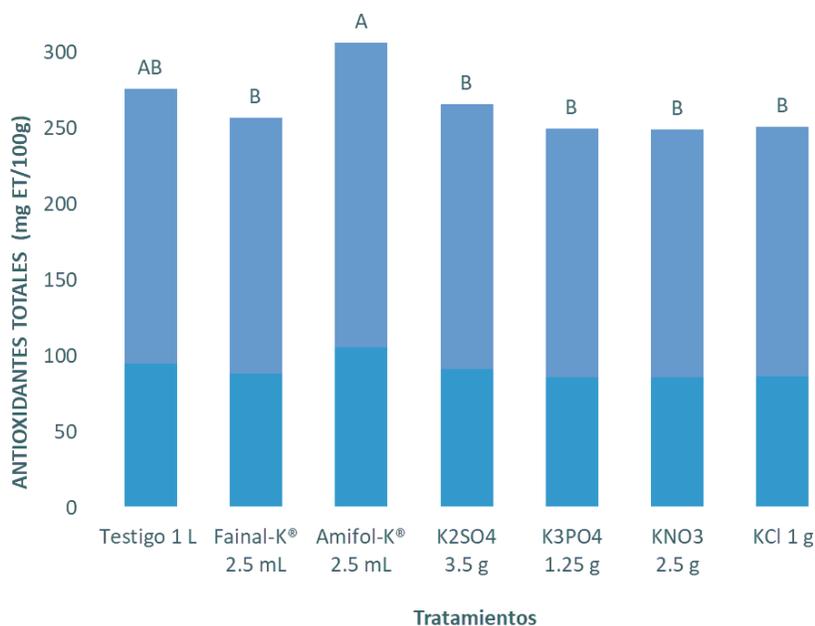


Figura 5. Concentración de antioxidantes totales en lechuga acuapónica suplementada con diferentes fertilizantes potásicos.

V.- CONCLUSIONES

La lechuga producida utilizando la acuaponia como alternativa y en condiciones de raíz flotante, adicionado diferentes mejoradores de calidad a base de sales de potasio aplicadas foliarmente tienen una mejora en la calidad nutraceutica de dicho cultivo.

El tratamiento Amifol-K aumentó la producción de antioxidantes totales, ascorbato peroxidasa y glutatión reducido, el fosforó de potasio modificó la catalasa.

Todos los tratamientos tuvieron respuestas positivas en la calidad nutraceutica de la lechuga.

VI.- BIBLIOGRAFÍA.

Arturo, B. C. N. (2019). Efecto de la aplicación de aminoácidos más ácido monosilícico al 22% en el cultivo de fréjol (*phaseolus vulgaris* L.), cantón el triunfo, recinto el vainillo, provincia del guayas.

Battafarano, F. (2018). Efecto de la iluminación artificial LEDs sobre el crecimiento y contenido de nitratos en microgreens de lechuga.

Benítez Zequeira, D. E. (2006). Vitaminas y oxidorreductasas antioxidantes: defensa ante el estrés oxidativo. *Revista cubana de investigaciones biomédicas*, 25(2), 0-0.

Blasco B, Ríos JJ, Leyva R, Cervilla LM, Sánchez-Rodríguez E, Rubio Wilhelmi MM. (2011). Does iodine biofortification affect oxidative metabolism in lettuce plants? *Biological trace element research* 142: 831–842.

Campos-Pulido, R., Alonso-López, A., Avalos-de la Cruz, D. A., Asiain-Hoyos, A., & Reta-Mendiola, J. L. (2013). Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE5), 939-950.

Cardemil-Oliva, L. A. (2015) Caracterización de la actividad enzimática de Ascorbato Peroxidasa y cuantificación del contenido de Ascorbato en hojas de Aloe barbadensis Miller sometidas a estrés hídrico, térmico y combinado.

Carnicer, S., Shindoi, M. M. J., Delfino, M. R., & Leconte, M. C. (2020). Contenido de antioxidantes totales y clorofila en lechuga bajo fertilización orgánica con compost.

Carranza Carlos, Lancho Octavio, Miranda Diego, Chaves Bernardo. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) —Bataviall cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*. 27(1)

Cisneros Prego, E. (1995). La glutatión reductasa y su importancia biomédica. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 14(1), 0-0.

Cuencas, L. F. (2021). Flujo de nitrógeno y fósforo bajo tres etapas productivas de *Oreochromis niloticus* en un sistema acuapónico hiperintensivo con *Solanum lycopersicum*.

Díaz, A. (2003). La estructura de las catalasas. *Revista de educación bioquímica*, 22(2), 76.

Espejo, M. S. (2019). Participación del receptor de estrógenos acoplado a proteína G (GPER/GPR30) en los efectos no genómicos de aldosterona en el corazón (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).

Estudillo Bahena, A. A. (2017) Efecto de Algas Marinas y Aminoácidos en el Crecimiento de Lechuga Bajo un Sistema de Raíz Flotante.

García, M., García, G., Hernández, J., & Pieters, A. (2019). Daño oxidativo y comportamiento antioxidante de ascorbato y glutatión en dos genotipos de cebolla con distinta sensibilidad ante la salinidad. *Bioagro*, 31(2), 81-90.

Giménez, A., Fernández, J. A., Egea Gilabert, C., & Pascual, J. A. (2019). Uso de un nuevo compost en la producción de lechuga baby leaf en bandejas flotantes.

Gupta N, Bajpai M, Majumdar R, Mishra P. (2015). Response of iodine on antioxidant levels of Glycine max L. grown under Cd²⁺ stress. *Advances in Biological research* 1:40-48.

Gonzales Gallardo, F. (2014), Efecto de la Fertilización Nitrogenada en la Producción de Lechuga y Metabolitos Secundarios.

Gutiérrez, M. E. M. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. *Informador técnico*, (76), 123-129.

Kant, S., & Kafkafi, U. (2002). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences, Rehovot, Israel. Recuperado el, 3.

Martínez M., F. E., & Garcés V., G. A. (2012). Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.var. romana) bajo diferentes niveles de potasio.

Mario Francisco García Zertuche, Alberto Sandoval-Rangel, Valentín Robledo Torres, Adalberto Benavides Mendoza, Armando Robledo-Olivo, Marcelino Cabrera de la Fuente (2021). Rentabilidad y Rendimiento Agronómico de Lechuga Acuapónica.

Pérez Melián, G., & Luque-Escalona, A. (1974). Cultivo hidropónico de lechugas: I.- Nutrición.

Saavedra, G. (2017). Manual de producción de lechuga. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Scaglione, M. C., Ferrero, G., Pergazere, M., Bugnon, M., Sciara, A., & Cerutti, R. D. Acuaponia, nueva tecnología de producción agropecuaria.

Scaglione, M.C.; Ferrero, G.; Pergazere, M.; Bugnon, M.;Sciara, A.;Cerutti, R.D. Laboratorio de cronobiología, Facultad de ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805,(3080), Esperanza, Santa Fe, Argentina rcerutti@vtcc.com.ar. Centro Piloto de Agricultura, San Javier, Provincia de Santa Fe. FCA-UNL. Acuario del Rio Paraná, Rosario, Santa Fe.

Silva, G. A. C., & Sandoval Briones, C. (2016). Manual práctico del cultivo de la lechuga. Mundi-Prensa Libros.

Valdez Santos, F. (2011), Aprovechamiento del Agua de Lluvia en la Producción Hidropónica de Lechuga.

Veles Mesa, N.V. (2016), Efecto de Retenedores de Agua en la Producción de Lechuga Variedad Crespa Salada en la Granja Experimental Yuyucocha en la Provincia de Imbabura.

Quintanar EMA. Calderón S JV. La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones . Rev Educ Bioquímica. 2009;28(3):89-101.

Quispe, E. W. A., Tapia, M. L., Pezoa, A. B., Laguna, O. T., Gonzales, J. W., & Contreras, V. H. E. (2018). Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. In *Anales Científicos* (Vol. 79, No. 1, pp. 101-110). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Yáñez, R. M. (2013). La Acuaponía como alternativa de producción agropecuaria sostenible¿ Una posibilidad para tener en casa. *REDICINAYSA®*, 2(5), 16.

Zambrano Zambrano, J. P. (2015). Determinar el efecto de la fibra de (brassica rapa l.) Nabo silvestre sobre el peso, grasa corporal y proteínas totales en ratas (*rattus novergicus* variedad sprague dawley) con obesidad inducida, Arequipa 2015.

Zárate-Martínez, W., Morales, S. G., Godina, F. R., Olivo, A. R., & Maldonado, A. J. (2021). Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 854-868.

VII.- ANEXOS

Galería fotográfica

