



Uso del Internet de las Cosas para la producción hidropónica del cultivo de lechuga bajo el sistema vertical NFT

Use of the Internet of Things for hydroponic production of lettuce cultivation under the vertical NFT system

Uso da Internet das Coisas para produção hidropônica do cultivo de alface sob o sistema NFT vertical

Aldo José Loqui Sánchez ^I

aldo.loquis@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8953-5105>

Eva Gabriela Villacreses Sarzoza ^{III}

evillacresessarzoza@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4169-2843>

Lorena Isabel Mejía Burgos ^{II}

loremejia37@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3593-595X>

Mónica Raquel Morales García ^{IV}

monica.moralesg@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-4864-5986>

Correspondencia: aldo.loquis@ug.edu.ec

Ciencias de la Educación

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de octubre de 2023 * **Aceptado:** 20 de noviembre de 2023 * **Publicado:** 08 de diciembre de 2023

- I. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- II. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- III. Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador.
- IV. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de las soluciones nutritivas en un sistema hidropónico NFT para mejorar el rendimiento e incrementar la calidad del cultivo, el cual involucra componentes electrónicos para la supervisión de las condiciones ambientales y nutricionales del cultivo. Para el estudio se utilizó un prototipo de IoT que permitió controlar y regular la temperatura mediante el servomotor que es el encargado de subir o bajar la compuerta para que el ambiente donde están las lechugas sea propicio para crecer y desarrollarse; el sensor ultrasónico proporciona información para el correcto llenado de los tanques con las mezclas de solución nutritiva previamente preparadas, la bomba con un caudal de 1400 litros por hora cuyo funcionamiento requiere 110v de corriente alterna se encargó de impulsar la solución nutritiva hacia el sistema NFT. Se realizó un diseño (DCA) con 2 tratamientos más un testigo y 4 repeticiones con respecto a las variables evaluadas que fueron: altura de planta, largo de raíz, largo de hoja, cantidad de hoja, diámetro entre roseta y peso de planta. En los resultados por medio del análisis de comparación de medias, la solución nutritiva mostró mejor respuesta en las variables tomadas destacándose mejor que el ácido húmico. En las variedades de lechuga, la que mejor respondió a los dos tratamientos fue la Lollo rosso superando a la variedad Green salad bowl.

Palabras Clave: IoT; Sistema hidropónico; Producción; NFT; Lechuga.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of nutrient solutions in an NFT hydroponic system to improve yield and increase crop quality, which involves electronic components for monitoring the environmental and nutritional conditions of the crop. For the study, an IoT prototype was used that allowed controlling and regulating the temperature through the servomotor that is responsible for raising or lowering the gate so that the environment where the lettuces are located is conducive to growing and developing; The ultrasonic sensor provides information for the correct filling of the tanks with the previously prepared nutrient solution mixtures, the pump with a flow rate of 1400 liters per hour whose operation requires 110v alternating current was responsible for propelling the nutrient solution towards the NFT system. A design (DCA) was carried out with 2 treatments plus a control and 4 repetitions with respect to the variables evaluated, which were: plant height, root length, leaf length, leaf quantity, diameter between rosette and plant weight. In the results through the comparison analysis of means, the nutrient solution showed a better response

in the variables taken, standing out better than humic acid. In the lettuce varieties, the one that responded best to the two treatments was the Lollo rosso, surpassing the Green salad bowl variety.

Keywords: IoT; Hydroponic system; Production; NFTs; Lettuce.

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de soluções nutritivas em um sistema hidropônico NFT para melhorar a produtividade e aumentar a qualidade da cultura, que envolve componentes eletrônicos para monitoramento das condições ambientais e nutricionais da cultura. Para o estudo foi utilizado um protótipo IoT que permitiu controlar e regular a temperatura através do servomotor responsável por subir ou descer o portão para que o ambiente onde se encontram as alfaces seja propício ao crescimento e desenvolvimento; O sensor ultrassônico fornece informações para o correto enchimento dos tanques com as misturas de soluções nutritivas previamente preparadas, a bomba com vazão de 1400 litros por hora cujo funcionamento necessita de corrente alternada de 110v foi responsável por impulsionar a solução nutritiva em direção ao sistema NFT. Foi realizado um delineamento experimental (DCA) com 2 tratamentos mais uma testemunha e 4 repetições em relação às variáveis avaliadas, que foram: altura da planta, comprimento da raiz, comprimento da folha, quantidade de folhas, diâmetro entre rosetas e peso da planta. Nos resultados através da análise de comparação de médias, a solução nutritiva apresentou melhor resposta nas variáveis tomadas, destacando-se melhor que o ácido húmico. Nas variedades de alface, a que melhor respondeu aos dois tratamentos foi a Lollo rosso, superando a variedade Saladeira Verde.

Palavras-chave: IoT; Sistema hidropônico; Produção; NFTs; Alface.

Introducción

Según Salazar (2016) “IOT (Internet of things/Internet de las cosas) es una arquitectura emergente basada en la internet global que facilita el intercambio de bienes y servicios entre redes de la cadena de suministro y que tiene un impacto importante en la seguridad y privacidad de los actores involucrados”.

La lechuga es el cultivo más importante de hortalizas de hoja que se produce, gran parte de la producción de lechuga tiene lugar en el campo, aunque el cultivo ha ido ganando cada vez más espacio en invernaderos en los últimos años. La combinación de técnicas de producción intensiva responde a la necesidad de obtener productos de mayor calidad, aumentando así los precios de

mercado. Su intensificación requiere una comprensión más precisa del impacto de los factores ambientales en sus patrones de crecimiento y cuánto limitan los rendimientos durante el año (Grazia, Titonell, & Chiesa, 2012, pág. 355).

En Ecuador, la producción de hortalizas orgánicas se está comercializando con éxito tanto en el mercado local como en el gran mercado internacional, lo que impulsa a cada vez más agricultores a incursionar en este importante renglón de producción debido al reconocimiento de su calidad. Entre las verduras que han crecido en demanda en los últimos 2 tiempos, ha aparecido la lechuga de hoja, que tiene una gran demanda entre los consumidores locales y ha ingresado con éxito al mercado estadounidense. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019) el Ecuador cuenta con 1.145 hectáreas de lechuga con un rendimiento promedio de 7.928 kilogramos por hectárea. De la producción total, el 70% son lechugas criollas y el 30% son variedades como la roja, romana o ensalada. Las provincias con mayores rendimientos son: Cotopaxi (481 hectáreas), Tungurahua (325 hectáreas) y Calchi (96 hectáreas).

En Ecuador, existen muchas áreas rurales donde la disponibilidad de tierra es baja, en donde los suelos poseen muy pocos nutrientes y hay baja productividad agrícola, lo que reduce la oportunidad de cultivar cultivos hortícolas como es el caso de la lechuga que necesita suficiente humedad y una apropiada nutrición. La hidroponía es un cultivo que se lo realiza libre de suelo, a través de esta técnica podemos controlar la temperatura, el riego, la cantidad de agua y nutrientes como en los cultivos realizados en tierra (Rubio, 2017).

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de las soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico de lechuga bajo el sistema NFT usando un prototipo de IoT; convirtiéndose en una alternativa para los productores rurales que habitan en lugares donde los suelos son infértiles o pobres en nutrientes. El sistema de raíces flotantes fue uno de los primeros sistemas utilizados para la producción experimental y comercial, maximizando el uso del área plantada. (Mario, 2013, pág. 2).

El NFT original consiste en hacer circular permanentemente una delgada lámina de solución nutritiva en el fondo de un canal que tiene una pendiente de 1 a 2%. La solución es recirculada través del sistema radical del cultivo, con el objetivo de que las raíces dispongan de suficiente oxígeno disuelto para su metabolismo (Soto, 2018). Este sistema consiste usualmente de una tubería primaria de riego que se subdivide en líneas secundarias, dependiendo del diseño. En la

mayoría de los casos las tuberías de riego por goteo depositan un volumen predeterminado en cada contenedor, cerca de la base de la planta (Sandoya & Bosques, 2022).

El cultivo de lechuga requiere una lámina de riego de 50 cm, más 10 cm de lavado de sales. La lámina de riego puede ser distribuida en 6 mm diarios de agua durante los meses frescos (otoño e invierno) y 10 mm durante los meses cálidos (primavera verano) (Proain, 2020). En estos sistemas hidropónicos la solución con fertilizantes se distribuye a través de mangueras de riego por goteo y el efluente (solución nutritiva restante luego de atravesar el área radicular de las plantas) no se reutiliza. La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche (Infoagro, 2016). En esta investigación se utilizó la solución nutritiva ácido húmico debido a la influencia que tienen sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos con una mayor tolerancia de la planta al estrés ambiental y una mejor producción y calidad en las cosechas (Rodríguez, 2015); la otra solución que se utilizó es la de macro y micro elementos, considerando que tanto los macronutrientes (nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo) como micronutrientes (hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, cloro y molibdeno) son obtenidos de manera natural del suelo (Rizzo, 2010). Se trabajó con las variedades de lechuga Green salad Bowl y Lollo rosso reconocidas por su alta adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas (Kehr, Tropa, & Martínez, 2014).

Métodos

El presente proyecto es de tipo experimental exploratorio, donde se introdujeron 120 plantas de lechugas con dos variedades diferentes, Green salad Bowl y Lollo rosso, se implementaron dos soluciones nutritivas “Ácido húmico” y “Macro y micro elementos” para la nutrición de las raíces a partir del trasplante que duró 33 días. Las variables estudiadas fueron: altura de planta, largo de raíz, largo de hoja, cantidad de hoja, diámetro entre roseta y peso de la lechuga; las variables fueron analizadas a los 35 días después del trasplante y a los 56 días correspondiente a la cosecha.

Se elaboró el sistema de riego que consta de dos tanques de 60 litros, el primero corresponde a la mezcla de solución nutritiva, misma que es dirigida por inercia a una tubería que conecta con una electroválvula que permite la salida de la mezcla al segundo tanque de 60 litros que tiene ya instalada una bomba que mantiene el sistema con recirculación de agua todo el día evitando la

acumulación de algas y sólidos disueltos. La programación del riego fue mediante un sensor ultrasónico, que ordena a la electroválvula abrirse y permita el ingreso de la mezcla nutritiva.

En una bandeja germinadora de 120 cavidades se colaron las dos variedades de semillas de lechugas Lolla Rosa y Salad Bowl en fibra de coco, con fibra de coco para que la humedad se retenga más tiempo. A los 2 días empezaron a salir los primeros brotes, a los 10 días la variedad Lollo Rosa empezó a cambiar de color y a los 18 días se los colocó en vasos plásticos para que no empiecen a competir por luz solar. El riego en esta instancia se lo realizaba directamente a las raíces con una jeringa de 10 ml de día y de noche hasta el día de trasplante. El trasplante se efectuó a los 23 días midiendo la plántula desde la raíz unos 12 cm, las plántulas las fueron colocadas en la canastilla en donde las raíces sobresalían para que se humedezcan en la lámina de agua de 5 cm. Se colocaron 10 plantas de lechuga en cada tubo, 12 de tubos de 4 pulgadas con 120 perforaciones con orificios de 5.5 cm de diámetro para colocar las canastillas, del sistema NFT hasta la cosecha, con el fin de controlar el sistema, se instaló mecanismos electrónicos y mecánicos que se accionan mediante una lógica implementada. Se colocó un sensor de temperatura que ofrece información acerca del ambiente en el que se encuentra el cultivo, la temperatura adecuada para el sembrío de lechuga oscila de 15°C a 20°C, dichos valores se encuentran registrados dentro del código desarrollado; esta temperatura se logra regular mediante el servomotor que es el encargado de subir o bajar la compuerta para que el ambiente donde están las lechugas sea propicio para crecer y desarrollarse.

Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con un sistema factorial donde se trabajó con 2 tratamientos con un testigo y 4 repeticiones, donde cada repetición estuvo constituida por 10 plantas, lo que da un resultado de 40 plantas por tratamiento y 120 plantas para este trabajo investigativo. Se utilizó una T Student para determinar la probabilidad de que las muestras puedan proceder de dos poblaciones subyacentes con igual media, debido a que se utilizaron dos ingredientes activos para comparar y saber cuál es el más indicado. Se procedió a subir los valores en el software INFOSTAT para determinar estadísticas comparativas y demostrar que haya significancia los resultados muestreados.

Resultados

En relación a la variable altura de la planta se observó que el tratamiento de la solución nutritiva macro y micro elementos es mayor en los dos tratamientos establecidos más el testigo para las dos

variedades que se manejan. Se resalta la variedad Green salad bowl para el tratamiento 1 con una altura de 18.46 cm con relación al tratamiento 2 se establece una altura de 20,01 cm. Respectivo a la variedad Lollo rosso para el tratamiento 1 con una altura de 20,93 cm, con relación al tratamiento 2 establece una altura de 23,42 cm. En el testigo con agua la variedad Green salad bowl obtuvo una altura de 9,08 cm y la variedad Lollo rosso con una altura de 9,18 cm.

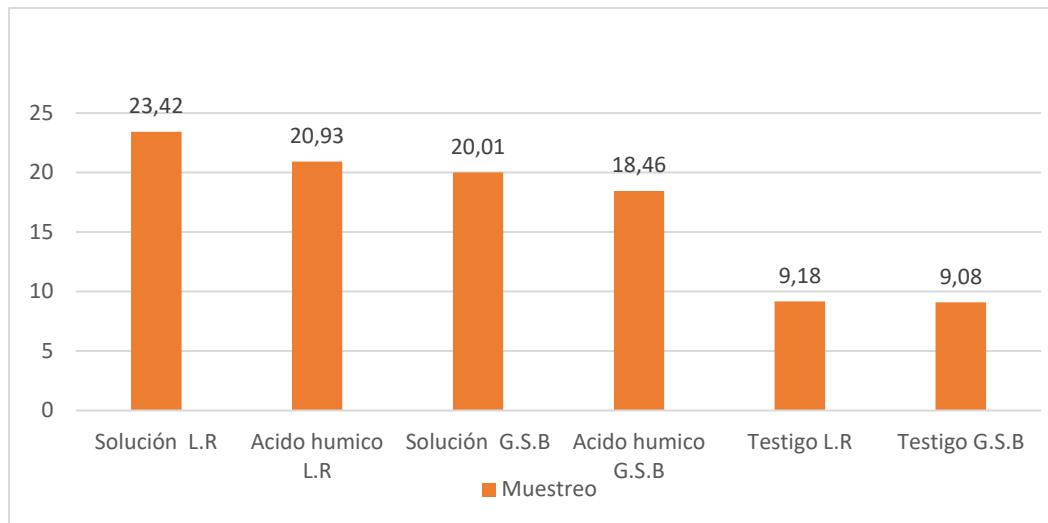


Figura 1 Altura de planta a los 56 días con los dos tratamientos más el testigo en las dos variedades lechuga

Mediante el análisis de varianza, se analizaron los datos obtenidos para la variable altura de planta a los 56 días, donde se determinaron diferencias altamente significativas para los dos tratamientos más el testigo y variedades con una media que tuvo un valor de 16,84 cm y el coeficiente de variación fue de 4,50%. En la prueba de Duncan para los tratamientos con las variedades en la variable de altura de planta, se registraron 5 rangos de significación, en primer lugar, se ubicó la solución nutritiva con la variedad Lollo Rosso con 23,42 cm mientras que en la variedad Green salad bowl con el ácido húmico en cuarto lugar tiene 18,46 cm y el testigo que presenta un rango menor en la altura con 9,18 cm para la variedad Lollo rosso y 9,08cm para la variedad Green salad Bowl.

Tabla 1

Prueba de medias para la variable altura de planta evaluada a los 56 días

Tratamientos	Medias	SC	GL	CM	F-valor	Rango
--------------	--------	----	----	----	---------	-------

S.N L.R	23,42	1201,32	5	240,26	351,38**	A
AC H L.R	20,93	30,49	5	0,68		B
S.N G.S.B	20,01	1231.41	44			C
AC. H G.S.B	18,46		49			D
Testigo L.R	9,18					E
	9,08					E
Testigo G.S.B						

C.V %= 4,50%

Media= 16,84 cm

**** A. Significativo**

Nota: Promedios señalados con letras distintas difieren estadísticamente entre sí, mientras que con letras iguales no difieren (Duncan α 0,05).

El largo de raíz a los 56 días indicó que la solución nutritiva macro y micro elementos en la variedad Lollo rosso sobresalió con una mínima diferencia más que el otro tratamiento con ácido húmico en la misma variedad y el testigo, determinando que la variedad Lollo rosso responde mejor a los dos tratamientos que la Green Salad Bowl. El tratamiento 1 con la variedad Green Salad bowl obtuvo una altura de raíz de 18,82 cm, mientras que en la misma variedad con el tratamiento 2 con la solución nutritiva destacó con una altura de 23,01 cm. La variedad Lollo rosso con el tratamiento 1 con ácido húmico destacó una altura de 32,50 cm, con relación al tratamiento 2 con solución nutritiva tiene una altura de 34,18 cm. El testigo con agua en la variedad Green salad bowl presenta una altura de 8,74 cm y la variedad Lollo rosso tiene una altura de 9,24 cm.

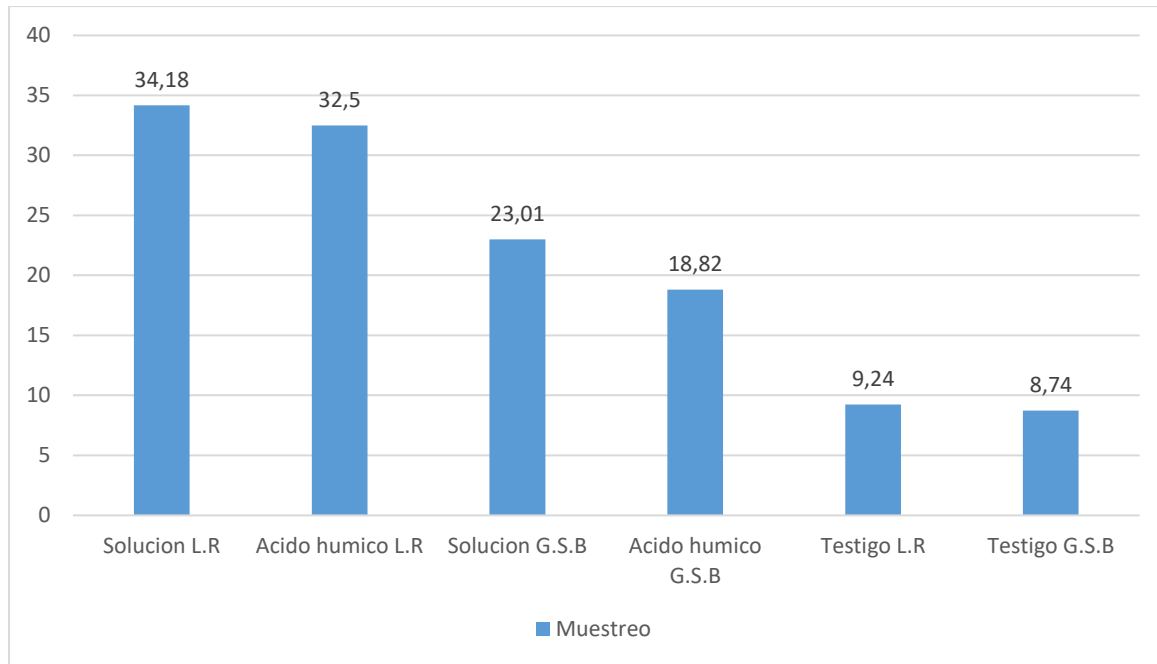


Figura 2 Largo de raíz a los 56 días con los dos tratamientos más el testigo en las dos variedades de lechuga

Los datos recolectados de la variable largo de la raíz a los 56 días permitieron realizar el análisis de varianza que permitió establecer diferencias no significativas para los dos tratamientos más el testigo con las variedades. La media tuvo un valor 21,08 cm y el coeficiente de variación fue de 5,27%. En la prueba de Duncan para los tratamientos y variedades en la variable de largo de raíz se presentaron 5 rangos de significación quedando en primer lugar la solución nutritiva con la variedad Lollo rosso con un promedio de 34,18cm, mientras que en la variedad Green salad bowl con el ácido húmico presenta un valor de 18.82 cm presentado un menor rango en la raíz.

Tabla 2

Prueba de medias para la variable largo de la raíz evaluada a los 56 días

Tratamientos	Medias	SC	GL	CM	F-valor	Rango
S.N.L.R	34,18	4278,08	5	855,62	559 ^{Ns}	A
AC H.L.R	32,50	67,51	5	1,53		B

S.N G.S.B	23,01	4345,58	44	C
AC. H G.S.B	18,82		49	D
Testigo L.R	9,24			E
	8,74			E
Testigo G.S.B				

C.V %= 5.27%

Media= 21,08cm

Ns= No significativo

Nota: Promedios señalados con letras distintas difieren estadísticamente entre sí, mientras que con letras iguales no difieren (Duncan α 0,05).

Con relación a la variable largo de hoja a los 56 días, se observó que el rendimiento de la variedad Lollo rosso con el tratamiento 2 “Soluciones nutritivas” no tuvieron mucha diferencia con el rendimiento de la misma variedad con el tratamiento 1 “Acido Húmico” y la variedad Green salad Bowl con el tratamiento 2 “Soluciones nutritivas. Por lo tanto, la variedad Lollo rosso respondió mejor a los dos tratamientos con 19,48 cm en el largo de la hoja, la misma variedad con el tratamiento del ácido húmico tuvo una altura de hoja 18,97 cm, estando estadísticamente casi igual con la variedad Green Salad Bowl con las soluciones nutritivas que se destacó con una altura de 19,29 cm, y la misma variedad con el tratamiento del ácido húmico presento una altura de 16,02 cm, una diferencia 3,27 cm entre la misma variedad. Dentro del testigo la variedad Lollo rosso presento una altura de 8,44 cm con respecto a la variedad Green salad bowl que obtuvo una altura de 7,71 cm.



Figura 3 Largo de hoja a los 56 días con los dos tratamientos más el testigo en las dos variedades de lechuga

Los datos obtenidos para la variable largo de hoja a los 56 días ayudaron a realizar el análisis de varianza que determinó la existencia de diferencias significativas para los tratamientos y variedades. La media tuvo un valor 14,98 cm con un coeficiente de variación de 4,58 %. Realizada la prueba de Duncan se registraron 3 rangos de significación quedando en primer lugar el tratamiento de la solución nutritiva con la variedad Lollo rosso con un promedio de 19,48cm, mientras que la variedad Green salad bowl con el tratamiento 1 con el ácido húmico presento un valor de 16,02cm quedando ultima en la comparación de las soluciones.

Tabla 3

Prueba de medias para la variable largo de hoja evaluada a los 56 días

Tratamientos	Medias	SC	GL	CM	F-Valor	Rango
S.N L.R	19,48	940,16	5	188,03	334,49**	A
AC H L.R	19,27	24,73	5	0,56		A
S.N G.S.B	18,97	964,90	44			A
AC. H G.S.B	16,02		49			B

Testigo L.R	8,44	C
	7,71	C
Testigo G.S.B		

C.V %= 4,58 %

Media= 14,98 cm

**** A.Signficativo**

Nota: Promedios señalados con letras distintas difieren estadísticamente entre sí, mientras que con letras iguales no difieren (Duncan α 0,05).

En el gráfico de barra de la cantidad de hojas a los 56 días se observa que el tratamiento con la solución nutritiva en la variedad Lollo rosa con una cantidad de 16,40 hojas más que el tratamiento 1 con ácido húmico que obtuvo una cantidad de 15,20 hojas en misma variedad. La variedad Green salad bowl con la solución nutritiva produjo 14,70 hojas, estando a la par con la variedad Lollo rosso con el tratamiento del ácido húmico, la variedad Green salad bowl con el ácido húmico tuvo una cantidad de 12,40 hojas, teniendo una diferencia de 2,30 hojas con el tratamiento de la solución nutritiva en la misma variedad. El testigo con la variedad Green salad bowl obtuvo una cantidad de 5,60 hojas, mientras que la variedad Lollo rosso con el testigo produjo 5,80 hojas, destacando que la variedad Lollo rosso responde mejor a los tratamientos.



Figura 4 Cantidad de hoja a los 56 días con los dos tratamientos más el testigo en las dos variedades de lechuga

Con los datos obtenidos respecto a la variable cantidad de hojas a los 56 días se efectuó el análisis de varianza que determino existen diferencias altamente significativas para los tratamientos y variedades, con una media de 11.68 y un coeficiente de variación de 6,67%. Mediante la prueba de Duncan al para los tratamientos correspondiente y las variedades, se registraron 4 rangos de significación quedando en primer lugar el tratamiento de la solución nutritiva con la variedad Lollo rosso con un valor de 16,40 cm, mientras que en la variedad Green salad bowl con el ácido húmico presento una menor cantidad de hojas con 12,40cm quedando ultima en la comparación de soluciones aplicadas.

Tabla 4

Prueba de medias para la variable cantidad de hoja evaluada a los 56 días

Tratamientos	Medias	SC	GL	CM	F Valor	Rango
S.N L.R	16.40	728,78	5	145,76	197,33**	A
AC H L.R	15,20	32,50	5	0,74		B
S.N G.S.B	14,70	761,28	44			B
AC. H G.S.B	12,40		49			C
Testigo L.R	5,80					D
	5,60					D
Testigo G.S.B						

C.V %= 6,67%
Media= 11,68cm
****A. Significativo**

Nota: Promedios señalados con letras distintas difieren estadísticamente entre sí, mientras que con letras iguales no difieren (Duncan α 0,05).

En el gráfico de barras del diámetro de roseta a los 56 días se observa que el tratamiento 2 de las soluciones nutritivas con la variedad Lollo rosso supero al tratamiento 1 con ácido húmico obteniendo un diámetro entre de 2,06 cm, mientras que la misma variedad con el ácido húmico obtuvo un diámetro de roseta de 1,93 cm, destacando que la variedad Lollo rosso respondió mejor a los dos tratamientos. La variedad Green salad bowl presento un diámetro de roseta con el ácido húmico de 1,75 cm, mientras que en la solución nutritiva obtuvo un mayor diámetro de roseta con 1,89 cm. En el testigo con agua, la variedad Green salad bowl obtuvo un diámetro de roseta de 0,31 y con la variedad Lollo rosso tuvo un diámetro de 0,34, destacando que no hubo diferencias entre las dos variedades en el testigo con agua.

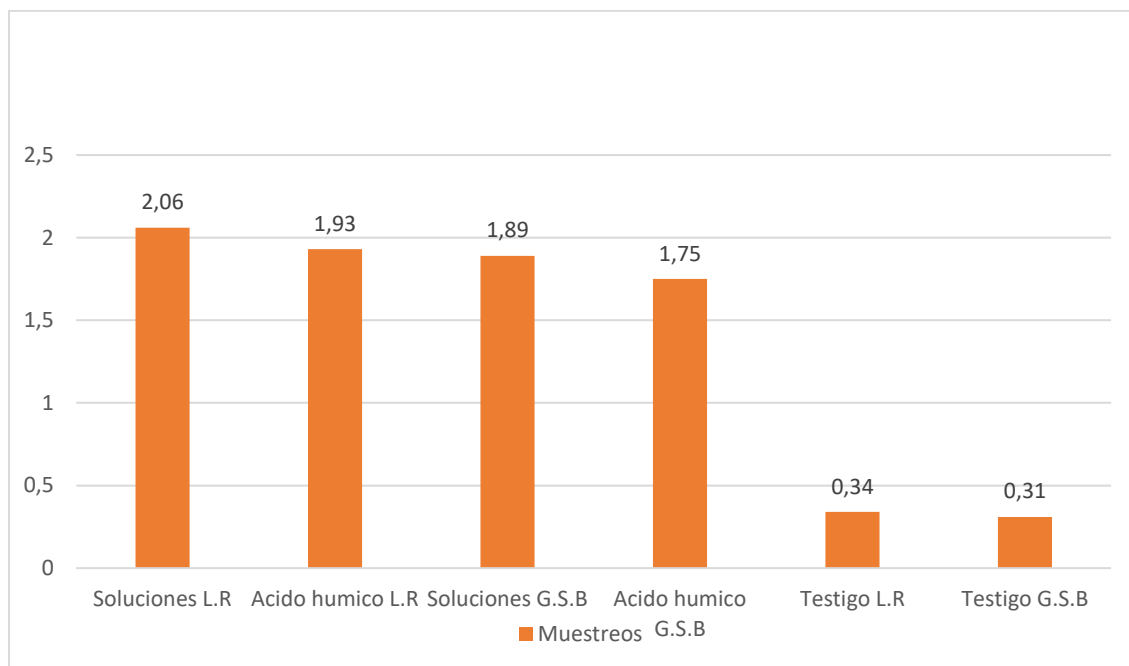


Figura 5 Diámetro entre roseta a los 56 días con los dos tratamientos más el testigo en las dos variedades de lechuga

Mediante el análisis de varianza se analizaron los datos obtenidos de la variable diámetro de roseta en donde se determinaron diferencias altamente significativas para los tratamientos y las variedades. La media tuvo un valor de 1,38 cm de diámetro y con un coeficiente de variación de 8.28 %. En la prueba realizada con Duncan para los tratamientos y variedades, presentan 4 rangos de significación, quedando en primer lugar el tratamiento 2 de la solución nutritiva con la variedad

Lollo rosso con un promedio de 2,06, mientras que en la variedad Green salad bowl con el ácido húmico tuvo un valor de 1,75cm con un menor diámetro en la comparación de soluciones.

Tabla 5

Prueba de medias para la variable diámetro de roseta evaluada a los 56 días

Tratamientos	Medias	SC	GL	CM	F-valor	Rango
S.N L.R	2,06	20,56	5	4,11	822,68**	A
AC H L.R	1,93	0,22	5	5,03		B
S.N G.S.B	1,89	20,78	44			B
AC. H G.S.B	1,75		49			C
Testigo L.R	0,34					D
	0,31					D
Testigo G.S.B						

C.V %= 8,28%
Media= 1.38cm
**** A.Significativo**

Nota: Promedios señalados con letras distintas difieren estadísticamente entre sí, mientras que con letras iguales no difieren (Duncan α 0,05).

De la variable peso a los 56 días se obtuvieron los siguientes resultados: el tratamiento 2 con la solución nutritiva con la variedad Lollo rosa fue superior al tratamiento del ácido húmico con un peso de 126,81 gr, con la misma variedad el tratamiento del ácido obtuvo un peso 119,57 teniendo una diferencia de 7,24 gr. La variedad Green salad Bowl con el tratamiento de la solución nutritiva tuvo un peso de 114,31gr sobrepasando al tratamiento con el ácido húmico con un peso de 100,63 gr. El testigo en la variedad Lollo rosso obtuvo un peso de 21,37 donde no hubo mucha diferencia en peso con la variedad Green salad bowl que presento un peso de 21,35 gr, destacando que la variedad Lollo rosso responde mejor a los tratamientos aplicados.

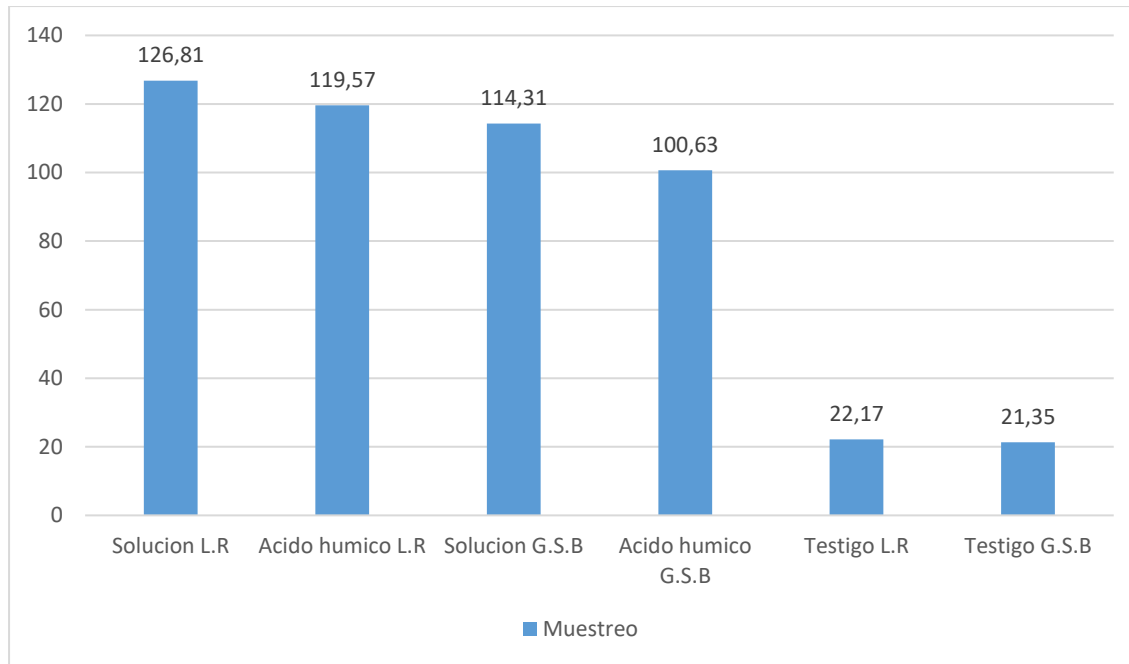


Figura 6 Peso de la planta a los 56 días con los dos tratamientos más el testigo en las dos variedades de lechuga

Con el análisis de varianza de la variedad de peso de la planta se analizaron los datos de lo cual se determinó la existencia de diferencias no significativas para los tratamientos y variedades. La media tuvo un valor 84.14 gr, con un coeficiente de variación de 1,78 %. Realizada la prueba de Duncan para los tratamientos y variedades, se registraron 5 rangos de significación en primer lugar el tratamiento de la solución nutritiva con la variedad Lollo rosso con un promedio de 126,81gr, mientras que la variedad Green salad bowl tuvo un menor promedio con 100,63 g en comparación a las otras variedades con las soluciones aplicadas.

Tabla 6

Prueba de medias para la variable peso de planta evaluada a los 56 días

Tratamientos	Medias	SC	GL	CM	F-valor	Rango
S.N.L.R	126,81	73713,13	5	14742,75	4985,98 ^{NS}	A
AC H.L.R	119,57	130,10	5	2,96		B

S.N G.S.B	114,31	73843,83	44	C
AC. H G.S.B	100,63		49	D
Testigo L.R	22,17			
	21,35			E
Testigo G.S.B				E

C.V %= 1,78%
Media= 84,14 gr
NS= No Significativo

Nota: Promedios señalados con letras distintas difieren estadísticamente entre sí, mientras que con letras iguales no difieren (Duncan α 0,05).

Discusión

En su investigación (Villafuerte, 2020) logró establecer con éxito el cultivo de lechuga mediante el sistema hidropónico de raíz flotante (SRF), en conjunto con el uso de la solución nutritiva de la FAO, demostrando ser un sistema sencillo y muy útil a la vez, ya que da lugar a que los cultivares de lechuga puedan crecer y desarrollarse de forma apropiada hasta el momento de la cosecha.

Según (Cevallos, 2020) en cuanto a las soluciones nutritivas aplicadas no se estableció una significancia estadística, sin embargo, los mejores resultados de las variables en estudio a los 60 días los obtuvo la solución LM. En cuantos, a las variables de desarrollo, la variedad Starfighter obtuvo reiteradamente los mejores resultados en tanto a: número de hojas a los 60 días con un promedio de 28.58 cm, referente al ancho de hojas a los 60 días fue 13.48 cm; con respecto a la longitud de hojas a los 60 días obtuvo 19.17 cm; así mismo en cuanto al desarrollo radicular se expresaron medias de 19.95; con referencia al peso de hoja se obtuvo un promedio de 6.67 gr.

En su investigación de producción hidropónica en tres variedades con tres soluciones (Cajo, 2016) determino que en la variable de altura de planta hasta los 65 días estuvo influenciada por la aplicación de la solución S3 (N:96, P: 40, K: 80, Ca: 40, Mg: 16, S:4.8 , Fe:4 ,Cu: 0.02, Zn:0.32, Mn:0.4 , Mo:0.004, B:0.30, Co: 0,40ppm) ya que los tratamientos con ésta presentan los mejores resultados, en cambio al avanzar el cultivo hasta los 80 días las variedades V2 Lollo Rossa y V3 Salad Bowl son las de mejores promedios. Debido a que los nutrientes se encuentran en proporciones iguales a las que necesitaba el cultivo además de las características genéticas de las variedades.

Conclusión

El prototipo de IoT permitió controlar y regular la temperatura mediante una placa de Arduino Mega conectada el servomotor que es el encargado de subir o bajar la compuerta para que el ambiente donde están las lechugas sea propicio para crecer y desarrollarse de mejor manera. El sensor ultrasónico proporciona información para el correcto llenado de los tanques con las mezclas de solución nutritiva previamente preparadas, la bomba con un caudal de 1400 litros por hora cuyo funcionamiento requiere 110v de corriente alterna se encargó de impulsar la solución nutritiva hacia el sistema NFT.

Se determinó que la solución nutritiva con macro y micro elementos respondió de mejor manera a las variables tomadas generando buen promedio más destacado que el ácido húmico, generando cultivos de mejor tamaño, más peso, mejor longitud de hojas, más voluptuoso y de mejor sabor con ambas variedades.

Realizando el análisis estadístico se comprobó que la variedad Lollo Rosso respondió mejor a los dos tratamientos presentado un buen desarrollo mejor que la variedad Green salad bowl, desarrollando una mejor altura de planta con un promedio de 23,42 cm, una mayor longitud de raíz con 34.18 cm, con una mayor longitud de hoja de 19,48cm, mayor cantidad de hojas con 16,40, un mejor diámetro de roseta con 2,06 cm y un mayor peso con 126,81 gr.

Con el trabajo tipo experimental se demostró que el cultivo de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT se obtuvieron cultivos óptimos con altos rendimientos, de mayor calidad en un espacio reducido y en menos tiempo con un total de 56 días.

Referencias

- Cajo, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT con tres soluciones nutritivas. Ecuador.
- Cevallos, M. (2020). Aplicación de soluciones nutritivas en variedades de lechuga en cultivo hidropónico bajo el sistema NFT. Maná-Ecuador.
- Grazia, J., Titonell, P., & Chiesa, A. (2012). Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada obre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de Lechuga. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Javier-De-Grazia-2/publication/28124446_Efecto_de_la_epoca_de_siembra_radiacion_y_nutricion_nitroge

nada_sobre_el_patron_de_crecimiento_del_cultivo_de_lechuga_Lectuca_sativa_L/links/544e55950cf26dda08900b94/Efecto-de-la

Infoagro. (2016). Requerimientos edafoclimaticos de la lechuga. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

Kehr, E., Tropa, S., & Martínez, J. (2014). Aspectos generales para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) . Osorno: INIA Remehue.

Mario. (2013). Determinar el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo hidropónico de. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/201/T-UTB-FACIAG-AGR-000061.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). Quito. Obtenido de https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario_14-08-2020-1_compressed.pdf

Olmo, A. (2019). Estadísticas mundiales de producción de lechuga. Mexico: Blogagricultura.

Proain, T. (2020). MANEJO DEL RIEGO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA. Obtenido de MANEJO DEL RIEGO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA

Rizzo, E. (2010). Hortalizas. Obtenido de Fertilización micro y macro: <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fertilizacion-micro-y-macro/>

Rodriguez, C. (2021). Lechugas hidropónicas cultivadas en Loja. Obtenido de Lideres: <https://www.revistalideres.ec/lideres/lechugas-hidroponicas-cultivan-loja-verdufitness.html>

Rodríguez, F. (2015). Sustancias Húmicas: Origen, Caracterización Y Uso En La Agricultura. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidosis-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal>

Rubio, C. (2017). Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva, ubicado en la zona urbana de Quito. Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14533>

Salazar, J. &. (2016). Internet de las cosas. Techpedia. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická.

Sandoya, G., & Bosques, J. (2022). LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS A PEQUEÑA ESCALA. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1433>

Soto, F. (2018). Producción de lechuga con la técnica de lámina de nutrientes modificada NFT.

Obtenido de

<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/86391/T%C3%A9cnica%20lamina%20de%20nutrientes%20NFT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villafuerte, K. (2020). Comportamiento agronómico de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. Babahoyo- Ecuador.

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).