



Establecimiento de un sistema hidropónico con la técnica de película nutritiva (NFT) en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la Estación Experimental Patacamaya, La Paz

Establishment of a hydroponic system with nutritional film technique (NFT) in Lettuce culture (*Lactuca sativa* L.) at the Patacamaya Experimental Station, La Paz

Mike Jaimes Terceros y Wilfredo Blanco Villacorta

RESUMEN: El presente Trabajo Dirigido tiene por intención, presentar al agricultor del área de acción e interesados, sobre el proceso y desarrollo productivo de un sistema hidropónico NFT, mostrando las ventajas e inconvenientes. De éste modo, la información generada queda como un antecedente para la Estación Experimental de Patacamaya E.E.P. ubicado en el Altiplano Central de Bolivia. Se ha implementado un sistema hidropónico NFT, con capacidad de producción de 1440 plantas, en un invernadero de 70 m², la densidad de siembra fue 20.5 plantas/m². Los resultados obtenidos fueron, peso comercial a 49 días producción, variedad White Boston 1.97 kg/m², variedad Grand Rapids 1.62 kg/m² y variedad Waldmann Green 1.33 kg/m², en la época de invierno. De acuerdo con las metas programadas, se ha sociabilizado a productores, estudiantes, sobre el manejo del cultivo hidropónico NFT, se realizó una exposición con el Instituto de Investigación Agropecuaria y de Recursos Naturales (IIAREN), de la Facultad de Agronomía.

PALABRAS CLAVE: Establecimiento, hidroponía, productor, Altiplano.

ABSTRACT: The present Directed Work is intended to present the farmer of the area of action and interested parties, on the process and productive development of a NFT hydroponic system, showing the advantages and disadvantages. In this way the information generated remains as an antecedent for the Experimental Station of Patacamaya E.E.P. located in the Central Altiplano of Bolivia. An NFT hydroponic system has been implemented, with a production capacity of 1440 plants, in a greenhouse of 70 m², the planting density was 20.5 plants / m². The results obtained were commercial weight at 49 days production, White Boston variety 1.97 kg/m², Grand Rapids variety 1.62 kg/m² and Waldmann Green variety 1.33 kg/m² in the winter season. In accordance with the programmed goals, producers and students have been socialized on the management of hydroponics NFT, an exhibition was held with the Institute of Agricultural Research and Natural Resources (IIAREN), Faculty of Agronomy.

KEYWORDS: Establishment, hydroponics, producer, Altiplano.

AUTORES: **Mike Jaimes Terceros:** Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. jaterpoderio14@gmail.com

Wilfredo Blanco Villacorta: Docente Investigador. Estación Experimental Patacamaya. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. angorabol@hotmail.com

Recibido: 25/05/19. **Aprobado:** 07/07/19.
DOI: <https://doi.org/10.53287/bdez7065us39c>



INTRODUCCIÓN

En el Altiplano Central de Bolivia, la agricultura generalmente se desenvuelve en medio de prácticas de conocimiento tradicional, resultando en una tecnificación reducida en sus diferentes áreas productivas, con ello, ingresos económicos moderados. Al momento las ciencias

agrarias se han desarrollado constantemente, ofreciendo tecnologías que permiten obtener mayores rendimientos en menor tiempo y aligerando el proceso. Por tanto, es necesario contar con estrategias tecnológicas que se adapten al contexto del Altiplano Central como medida para contribuir al desarrollo productivo local.

En el área de acción, una de las tecnologías más viables para el agricultor y que se vino implementando desde tiempo atrás, son las carpas solares, favoreciendo a la producción de hortalizas, en estos ambientes se genera la posibilidad de introducir sistemas de cultivos hidropónicos, con el cual se pretende dar una alternativa promisoriosa al sector hortícola.

Resh (1997) fundamenta que, para justificar los costos en la producción agrícola, es necesario obtener una elevada cosecha, una selecta calidad y a la vez, utilizar la menor mano de obra posible, manteniendo un elevado porcentaje de garantías de éxito del cultivo.

La hidropónica hoy en día es la técnica más usada para la producción de hortalizas en regiones no aptas para su cultivo, si a éste se añade la técnica de película nutritiva o Nutrient Film Technique (NFT) el rendimiento se eleva de sobremano, puesto que, la disponibilidad de nutrientes para plantas es abundante, la densidad de plantación es alta y se consigue cosechas en menor tiempo con mayor calidad que en un cultivo en suelo (Murillo 2010).

MATERIALES Y METODOS

Localización

Se realizó en la Estación Experimental de Patacamaya (E.E.P.), perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Ubicada en el Municipio de Patacamaya de la Provincia Aroma del departamento de La Paz (Altiplano Central de Bolivia). Sus coordenadas geográficas son 17°15'32'' de Latitud Sur, y 67°56'29'' de Longitud Oeste, a una altitud de 2.785 m.s.n.m. a una distancia de 101 km de la ciudad de La Paz.

Materiales

Se ha utilizado semilla de Lechuga de las variedades: Waldmann Green, White Boston, Grand Rapids; además de, fertilizantes sintéticos,

reactivo de calibración, sustrato para almacigo, raíz flotante para piscina, soportes piramidales y red de distribución de riego.

Proceso de Construcción

Soportes piramidales: El ambiente protegido cuenta con un área de 70 m², la construcción de los soportes piramidales estuvo sujeto a maximizar el área útil, los soportes son un indicador de la capacidad de producción, por ello, se construyó de forma piramidal, para elevar el número de plantas por metro cuadrado. Se construyeron 9 unidades que se dispusieron en tres bloques, es decir que cada bloque contiene 3 unidades, las dimensiones son: 8 metros de largo, 2.2 metros de altura, 1.4 metros de ancho en la base, la distancia entre canales es 0.3 metros.

Sistema de red de distribución de riego: La red de distribución de riego es un sistema cerrado, la solución nutritiva que ingresa a los canales de cultivo retorna al tanque de almacenamiento.

Se conectó el tanque de almacenamiento con la electrobomba, a éste acoplamos politubo de 1 pulgada extendiéndose hasta los canales de cultivo y mediante microtubos de 6 milímetros de diámetro conectamos el politubo con cada canal de cultivo. El canal de cultivo es una tubería de desagüe PVC de 3 pulgadas de diámetro y 8 metros de longitud, en el cual se realizó hoyos con taladro de broca en copa de 45 milímetros de diámetro a cada 20 centímetros de distancia uno de otro, por tanto, cada pirámide tiene una capacidad para albergar a 480 plantas, se construyeron tres pirámides con capacidad de 1440 plantas.

Proceso Productivo

Preparación de la solución concentrada: Se separó los fertilizantes en tres grupos. Solución concentrada "A" con nitrato de potasio, fosfato mono-amónico y nitro-S. Solución concentrada "B" con sulfato de magnesio, quelato de hierro y

micro nutrientes. Solución concentrada “C” con nitrato de calcio.

Para la preparación de la solución concentrada A, se tomó un fertilizante de manera aleatoria y se vertió a un recipiente con 5 litros con agua, se agitó hasta su completa dilución, posterior se tomó otro compuesto y se incorporó en el mismo recipiente y se volvió a agitar hasta su completa dilución y por último se introdujo el ultimo compuesto en el mismo recipiente y se agitó hasta su completa dilución. Para la preparación de la solución concentrada B y C, se realizó el mismo procedimiento que en la solución A. Se verifico que no haya precipitaciones del fertilizante en la base del recipiente.

Manejo del pH y C.E. de la solución: El manejo del pH de la solución nutritiva se realizó según Carrasco. (1996), después de haber incorporado la solución concentrada al tanque de agua tratada se procedió a la lectura del pH, el cual mantuvimos en un rango de 5.5 a 7.0. cuando el pH fue inferior a 5.5 se añadió más solución concentrada y cuando fue superior a 7.0 se incorporó más agua, se mantuvo este rango durante todo el periodo productivo y su registro se realizó cada dos días.

El agua de la Estación Experimental de Patacamaya cuenta con una conductividad eléctrica de 550 uS/cm (352 ppm) según el IBTEN (2018).

La conductividad eléctrica se trabajó en partes por millón (ppm), después de cada preparación de solución nutritiva en el tanque, durante el periodo productivo se mantuvo una conductividad eléctrica de 1.500 a 2.500 ppm, el registro de datos se realizó cada dos días.

Almacigo: Se implementó un área para el almacigo de semilla, el sustrato es poliuretano (esponja) de 2 cm espesor, con ayuda de un estilete y una regla tipo escuadra se realizó cortes cuadrículares de 2*2 cm a una profundidad de 1

cm del espesor, formando cubos, en éstos se hizo pequeños hoyos, con ayuda de un cautín y se procedió a lavar la esponja en agua tibia, en el sustrato húmedo se realizó la siembra dejando caer de 2 a 3 semillas en cada hoyo de cada cubo, reposamos el sustrato sobre una bandeja plana y cubrimos con nylon negro durante 3 a 4 días hasta su germinación, posterior se empezó a regar con solución nutritiva hasta el trasplante en piscina, el periodo de almacigo duró 14 días.

Área de piscina: Se Implementó un área de piscina, las plántulas tienen su raíz flotando por lo medio favoreció el crecimiento de la raíz para el trasplante definitivo, las plántulas permanecen 14 días más, obteniendo de 4 a 6 hojas verdaderas y 10 cm de largo de raíz. Se hizo una bandeja con policarbonato, que simula una piscina de dimensiones 1.2m*0.8m*0.2m, con forma rectangular, su interior se forró con nylon negro, en el plastroformo se hizo perforaciones circulares de 2 cm diámetro, en el cual se introdujo los plantines desde el almacigo, el plastroformo permite a las plántulas tener su raíz dentro la solución y las hojas fuera de ella. Se vertió en la batea una lámina de solución nutritiva a 10 cm de altura.

Trasplante en pirámide: Después de permanecer dos semanas en almacigo y dos semanas en piscina, se procedió al trasplante en los canales de cultivo, aquí permanecerá hasta la cosecha. Se adquirió pequeños vasos de 4,5 cm de diámetro y 4 cm de alto, en la base de cada vaso se perforo un orificio, en el cual se sujeta el plantin.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis físico-químicos

Se llevó una muestra de agua de la Estación Experimental de Patacamaya (E.E.P.) a el laboratorio IBTEN (Instituto Boliviano de ciencia y Tecnología Nuclear) de la ciudad de La Paz. El análisis físico-químico del agua nos indica cuáles elementos están presentes en ella y su cantidad.

Formulación de la solución nutritiva

Se ha realizado una formulación propia para la E.E.P. para el cultivo de Lechuga. En la tabla 1 se observa los fertilizantes para 1000 litros.

Tabla 1. Peso de fertilizante para 1000 litros.

FERTILIZANTE	FÓRMULA	PESO (g)
Nitro-s	NH ₄ NO ₃ - S	85.0
Nitrato d potasio	KNO ₃	665.5
Fosfato mono-amónico	(NH ₄)H ₂ PO ₄	162.6
Sulfato de magnesio	Mg SO ₄	457.9
Hierro EDTA	Fe	9.5
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	3.4
Manganeso	Mn	9.1
Cobre	Cu	0.5
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	1064.0

Porcentaje de germinación

El periodo de germinación tuvo una duración de 14 días. La figura 1 se compara el porcentaje de germinación.

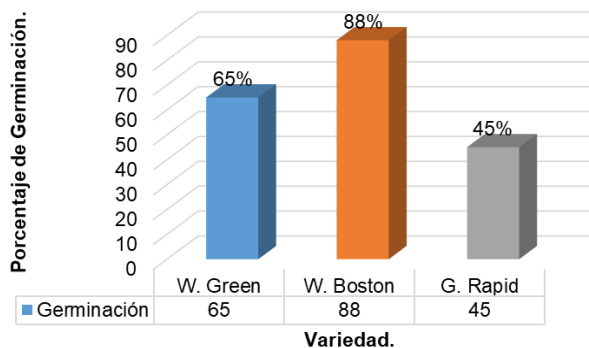


Figura 1. Porcentaje de germinación.

Porcentaje de mortalidad en piscina

El periodo de permanencia de las plántulas en piscina fue de 14 días. En la figura 2 se compara el porcentaje de mortalidad.

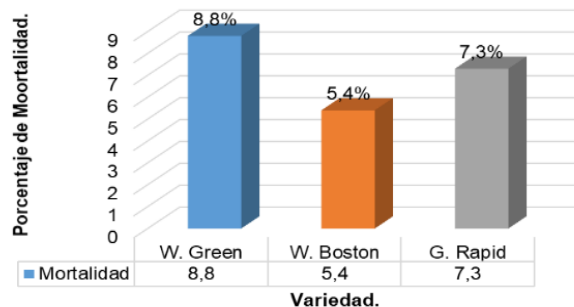


Figura 2. Porcentaje de mortalidad.

Porcentaje de mortalidad en canal de cultivo

Se registró un porcentaje de mortalidad de plantas durante la permanencia en los canales de cultivo. En la figura 3 se compara el porcentaje de mortalidad en canal de cultivo.

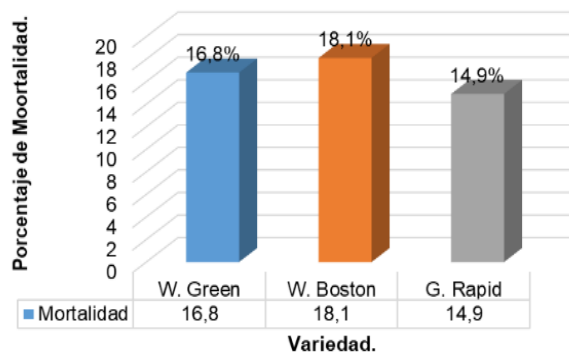


Figura 3. Porcentaje de mortalidad.

Rendimiento

Primer corte: Se realizó en la 6ta. semana de producción. En la figura 4 se muestra el peso comercial de tres variedades de Lechuga.

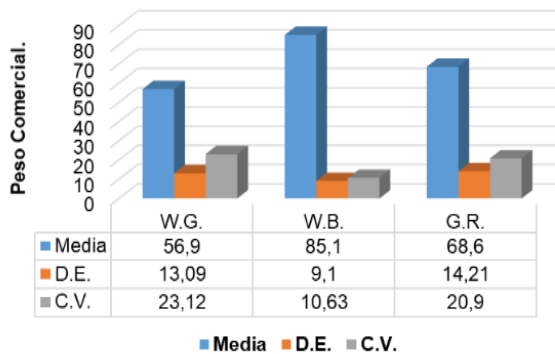


Figura 4. Comparación del Peso comercial.

Segundo corte: Se realizó en la 7ma. semana de producción. En la figura 5 se muestra el peso comercial de tres variedades de Lechuga.

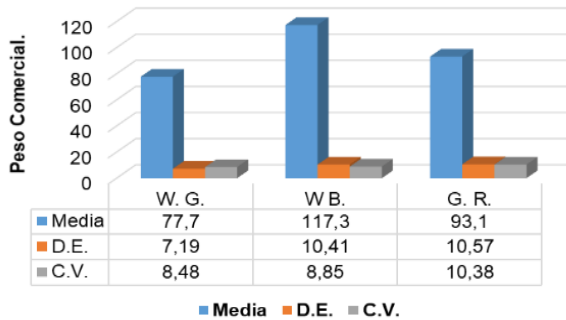


Figura 5. Comparación del Peso comercial.

Tercer corte: Se realizó a la 8va. semana de producción. En la figura 6 se muestra el peso comercial de tres variedades de Lechuga.

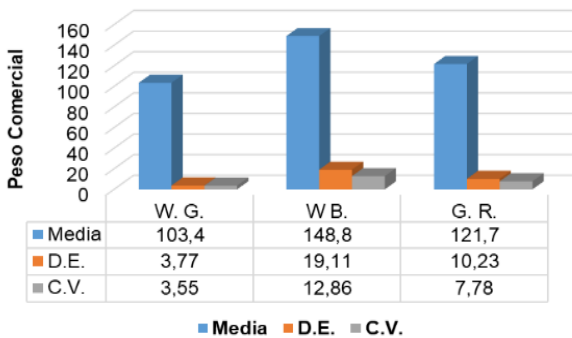


Figura 6. Comparación del Peso comercial.

Cuarto corte: Se realizó en la 9na. semana de producción. En la figura 7 se muestra el peso comercial de tres variedades de Lechuga.

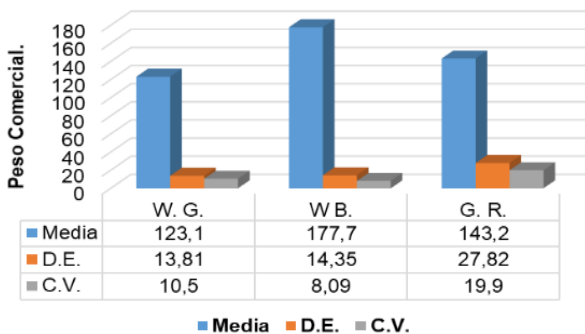


Figura 7. Comparación del Peso comercial.

Consumo de agua (Solución nutritiva)

Se ha registrado el consumo de agua (solución nutritiva) de 1.440 plantas, hasta un periodo productivo de 9 semanas.

En el tanque reservorio se midió el gasto de lámina promedio de agua por semana, mediante el cual se ha estimado el consumo de agua por planta, no se tomó en cuenta la variedad, sino un promedio general. En la figura 8 se muestra la curva del consumo de agua (solución nutritiva).

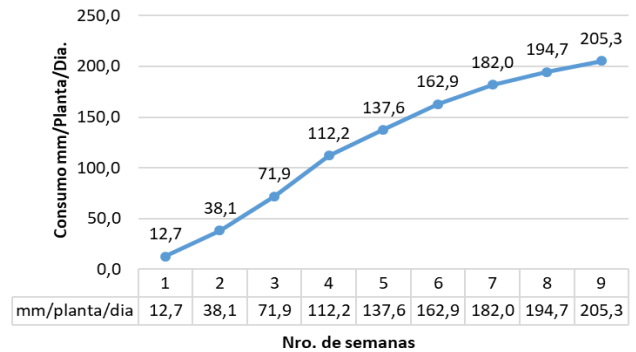


Figura 8. Curva del consumo de agua.

Beneficio/Costos variables

Se ha determinado la relación beneficio para costos variables en tres variedades de Lechuga en cuatro periodos de producción. En la figura 9 se muestra el beneficio/costo variable de cuatro periodos de producción.

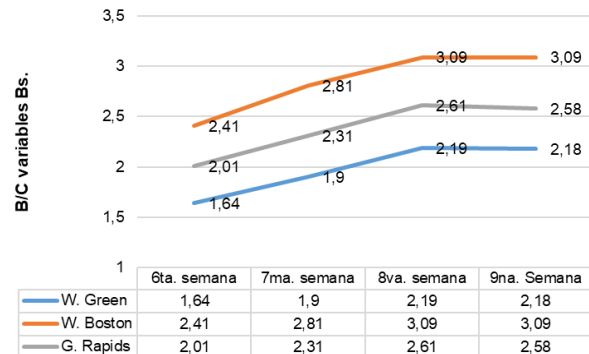


Figura 9. Beneficio/Costos variables.

Existe un incremento considerable en la relación Beneficio/Costos variables, en las tres variedades, sin embargo, este incremento se hace estático a partir de la 8va. semana. La variedad

White Boston obtuvo el mayor incremento en la relación Beneficio/Costo variable con 3.09, en la 8va. semana de producción.

Flujo de caja

Los indicadores de rentabilidad para una producción de 70 m² no fueron rentables, por lo cual se proyectó un flujo de caja para 280 m² y se trabajó con el peso comercial de la 7ma. semana de producción. En la tabla 2 se muestra indicadores de rentabilidad del flujo de caja.

Tabla 2. Indicadores de rentabilidad.

VAN	15.627,00
B/C	1,07
TIR	19,00 %

CONCLUSIONES

Se ha establecido un sistema hidropónico con capacidad de 1440 plantas, en 70m². Se ha construido 3 bloques piramidales con la cualidad que son portátiles.

Se ha automatizado el sistema hidropónico NFT con un equipo Timer digital.

El análisis físico-químico del agua es importante para comenzar a formular la- solución nutritiva.

La formulación de la solución nutritiva está en función del requerimiento nutricional del cultivo y también de los elementos presentes en el agua.

En el Altiplano, la amplitud térmica es amplia, lo cual, provocó la floración prematura de lechuga.

El pH de la solución nutritiva es un indicador de la disponibilidad de nutrientes, por tanto, su medición debe ser diariamente.

En el periodo de investigación se trabajó con una conductividad eléctrica por encima del rango establecido en bibliográfica, pudiendo haber afectado en el desarrollo del cultivo.

Se ha determinado que el consumo máximo de agua es 205.3 mm/planta/día.

El caudal promedio entregado a los canales de cultivo es 2.4 l/min, éste caudal permite una adecuada absorción de la solución.

Se determina que la eficiencia de red riego es 92.6 %.

La variedad White Boston obtuvo un peso comercial de 117.3 g en la 7ma. semana de producción. La variedad White Boston obtuvo un Beneficio/Costo variable de 2.81 en la 7ma. semana de producción.

Después de realizar el flujo de caja se determinó que los siguientes indicadores de rentabilidad VAN: 15.627 Bs., B/C: 1.07, TIR:19%.

La hidroponía es un sistema de producción alternativo a los sistemas tradicionales de producción, consiguiendo ganancias significativas a escala de media empresa.

Se ha realizado sociabilización del sistema hidropónico como alternativa a la producción tradicional a productores del área acción y estudiantes.

BIBLIOGRAFIA

Aggie Horticulture. (2010). Departamento de horticultura. (fotografía). Recuperado de: <https://hortsciences.tamu.edu/>

Alzate; Loaiza. (2008). Cultivo de la lechuga. instituto Colinagro. Bogotá, Colombia, s. e. 57 p.

- Arano, C. (2007). Hidroponía Algunas páginas de su historia: tecnología de producción artículo. Trade Corporation International s.a. TRADECORP. s.l., 31p.
- Askix. (2018). Material para Hidroponía. (fotografía). Consultado el 20 de oct. 2018. Disponible en https://www.askix.com/mini-sistema-hidroponico-nft_3.html
- Botello, G. (2012). Producción hidropónica de dos variedades de Acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) con tres soluciones nutritivas en el d-5 de la ciudad de el alto - La Paz. Tesis de Lic. La Paz, Bolivia, UMSA. 77 p.
- Cabezas, R. (2017). Hidroponía: una guía para aprender de manera rápida. 1 ed. Cochabamba, Bolivia, s. e. 103 p.
- Carrasco. G. (1996). La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de solución nutritiva re circulante(NFT). Santiago, Chile, universidad de Talca, s. e. 91 pp.
- Chang A. (2000). Manual práctico de hidroponía: sistema de raíz flotante y sistema de sustrato sólido. Lima. Perú. Universidad Agraria La Molina. 42 p.
- Cosmoagro. (2015). Especialistas en nutrición vegetal. (fotografía). Consultado el 15 de oct. 2018. Recuperado de: <https://www.cosmoagro.com/web/>
- Delfín, A. (2001). Hidroponía: Perspectivas y futuro (en línea). Consultado 5 oct. 2018. Recuperado de: <http://www.fcq.uach.mx/educontinua/hidroponia/perfuturo.htm>
- Duran, J. (2000). Aeroponic Research. Recuperado de: <http://www.aeroponic.it/esp/progetto.htm/>
- Gilsanz J. (2007). Hidroponía. INA (Instituto Nacional de Agropecuaria). Montevideo, Uruguay, Brujas. 32. P.
- Google Earth. (2014). Programa informático permite visualizar el globo terrestre en 3D. (en línea, sitio web). Recuperado de: <https://earth.google.com/web/@17.26176846,67.94393276,3793.00670402a,664.86913859d,35y,-0h,0t,0r>
- Hydro Environment. (2017). Catálogo de material para riego. (fotografía). Recuperado de: <https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?mainpage=index&cPath=56>
- IBTEN (Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear). (2018). Resultado de Análisis físico-químicos de aguas. Ministerio de Energías. La Paz, Bolivia.
- Inca, S. (2013). Automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos. Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma. 112 p.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) (1993). Fertilizantes o Abonos: criterios de clasificación. Quito, Ecuador, s.e. 6 p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuario). (2017). Manual de la producción de la lechuga Boletín INIA N° 2017-09. Saavedra G. La plata, Santiago, Chile, 150 p.
- Infoleyes. (2018). Norma 6735/Decreto supremo 3544. (en línea, sitio web). Recuperado de: <https://bolivia.infoleyes.com/norma/6735/decreto-supremo-3544>
- Izquierdo, J. (2005). Hidroponía popular. oficina Regional de la FAO, Santiago, Chile, Universidad de Talca. 61 p.
- Marulanda, C. (2003). Hidroponía familiar: cultivo esperanzas con rendimientos de Paz. Universidad la Gran Colombia Seccional Armenia. Armenia, Colombia, s. e. pp 173.
- Montero, C. (2013). Centro de investigaciones la palma. Modelo para medición de eficiencia

- real de producción y administración integrada. Boletín N° 2013-33. Bogotá, Colombia, 72 p.
- Murillo, W. (2010). Optimización de la producción de tres especies de hortalizas bajo producción hidropónica en el sistema NFT en los invernaderos “la huerta” en la localidad de Chicani (La Paz). Tesis Lic. La Paz, Bolivia, UMSA. 118 p.
- Oasis. (2011). EASY PLANT, Manual de hortalizas de hoja. México. pp32.
- Quinteros, J. (2001). Hojas divulgadoras. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. Neografis, 23 p.
- Pérez, J. (2017). Relación entre humedad y amplitud térmica. 7mo. Congreso nacional de investigación en cambio climático. Artículo. Morelos, México. UNAM 16 p.
- Resh, H. M. (1997). Cultivos hidropónicos. Editorial Mundi – Prensa. Madrid –España. pp. 509.
- Rodríguez A. (2005). Hidroponía: Altos Rendimientos en el Cultivo de Hortalizas. INFOCIR. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 1 – 5 p.
- Siacara, J. (2014). Evaluación del cultivo hidropónico de lechuga (*lactuca sativa l.*) en sistema NFT (técnica de la película de nutriente) bajo invernadero en la comunidad Quentavi municipio de laja del departamento de (La Paz). Tesis Lic. Bolivia, UMSA. 82p.
- SOFTWARE ESTADISTICO InfoStat. (2010). Universidad Nacional de Córdoba. (en línea, programa informático). Argentina. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=34>
- Villazante, E. (2018). Evaluación de la eficiencia del sistema NFT en dos tiempos de riego para la optimización de la electrobomba en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa l.*), en ambiente controlado en la ciudad del Alto zona bautista Saavedra. Tesis de Lic. La Paz, Bolivia, UMSA. 73p.