

Evaluación de la integral térmica como factor ambiental para el cultivo de lechugas hidropónicas en el sistema de raíz flotante en la localidad de Lima

Evaluation of the thermal integral as an environmental factor for the cultivation of hydroponic lettuce in the floating root system in the town of Lima

Recibido: octubre 15 de 2023 | Revisado: noviembre 02 de 2023 | Aceptado: noviembre 20 de 2023

RAFAEL CHUQUICONDOR VILLAFUERTE¹

DONATO POMAR HUAMALIANO²

VIOLETA LEONOR ROMERO CARRION³

JULIÁN CCASANI ALLENDE⁴

OSIAS POMAR HUAMALIANO⁵

LEONARDO DANTE ACUÑA DELGADO⁶

RESUMEN

El sistema hidropónico es un sistema cerrado y eficiente desde el punto de vista económico, técnico y ambiental, disminuyendo considerablemente el estrés, la fertilidad y el agotamiento del suelo, mejorando la calidad alimentaria y por ende la calidad de vida en los peruanos. El estudio se realizó en el Centro Experimental (INVERGEP SAC), ubicado en la comunidad fundo Boza de Huaral, Lima - Perú. El objetivo fue producir lechugas (*Lactuca sativa*) mediante el sistema hidropónico, aplicando técnicas del modelo de NFT, y promover nuevas alternativas para generar cadenas productivas de tecnología intermedia como son los cultivos hidropónicos para las comunidades rurales y urbanas. Mediante un termohigrómetro se realizó el proceso fenológico en la etapa de nacerencia y en la fase de recolección, obteniéndose la sumatoria térmica. Se obtuvieron datos del registro diario en referenciales del módulo experimental para evaluar en la etapa de nacerencia y luego en la fase de recolección: primero en la etapa de almacigo GDD = 11. 2° C; GDA = 71. 8° C, durante el periodo vegetativo; GDD = 11.2°C; GDA = 289.76 C. El trabajo de investigación se llevó a cabo durante 1 mes y medio; desde el 1 de setiembre al 6 de octubre 2023. El índice de los grados acumulados diarios, durante todo el periodo vegetativo, muestran que el sector de la localidad de Lima norte es apto para la instalación del cultivo hidropónico por presentar temperaturas mínimas de 11°C hasta 19°C.

Palabras clave: integral térmica, cultivo hidropónico, lechuga

ABSTRACT

The hydroponic system is a closed and efficient system from the economic, technical and environmental point of view, considerably reducing stress, fertility and soil depletion, improving food quality and therefore the quality of life of Peruvians. The study was conducted at the Experimental Center (INVERGEP SAC), located in the Boza community in Huaral, Lima, Peru. The

1 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Agroindustrial

2 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Industrial

3 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Industrial

4 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Industrial

5 Escuela Tecnológica de Administración - Administración

6 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Agroindustrial

Autor de correspondencia:
rchuquicondor@unfv.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.10>

objective was to produce lettuce (*Lactuca sativa*) using the hydroponic system, applying techniques of the NFT model, and to promote new alternatives to generate intermediate technology production chains such as hydroponic crops for rural and urban communities. Using a thermohygrometer, the phenological process was carried out in the hatching stage and in the harvesting stage, obtaining the thermal summation. Data were obtained from the daily register in reference values of the experimental module to evaluate in the hatching cover and then in the harvest phase: first in the seedling stage GDD = 11.2° C; GDA = 71.8° C, during the vegetative period; GDD = 11.2°C; GDA = 289.76 C. The research work was carried out during one month and a half; from September 1 to October 6, 2023. The daily accumulated temperature index, during the whole vegetative period, shows that the sector of the northern Lima locality is suitable for the installation of hydroponic cultivation because it has minimum temperatures from 11°C to 19°C.

Keywords: hydroponics, hydroponic cultivation, lettuce, lettuce

Introducción

La inseguridad alimentaria se agudizó durante la pandemia en el mundo, y en Perú no fue la excepción. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, más del 25% de la población peruana presenta desafíos para garantizar su alimentación.

El problema fundamental se sustenta en la disminución de la fertilidad de suelos agrícolas, de acuerdo con Urrestarazu (2015) citado por (Pertierra & Quipe, 2020). El aumento constante de la población y la disminución de los suelos agrícolas causan preocupación por el abastecimiento de alimentos.

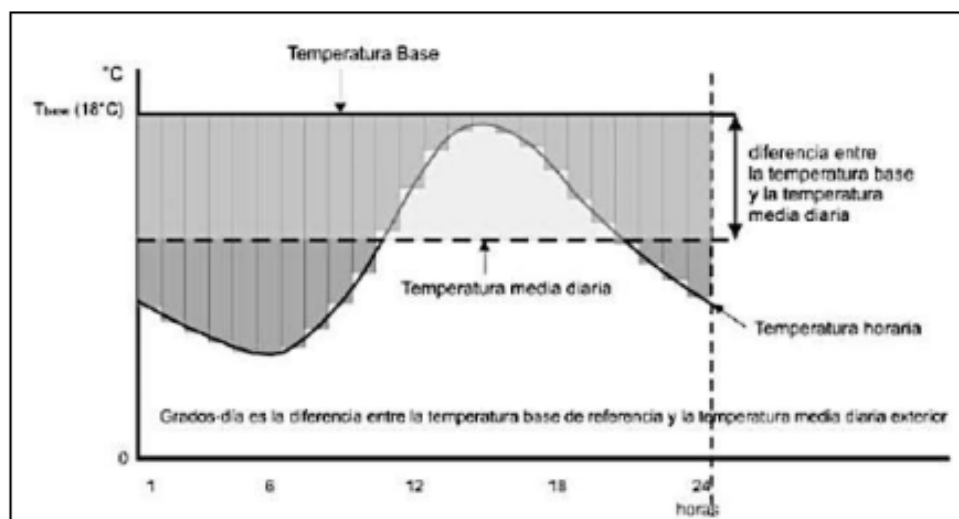
La tecnología evoluciona en pro del aumento de la productividad y la sustentabilidad mediante el mejoramiento genético, así como con la inclusión de tecnologías de alto impacto sobre rendimiento y calidad del producto, agricultura de precisión, tecnologías de riego y nutrición, entre otros. Los cultivos protegidos sin suelo apuntan a este mismo objetivo, haciendo posible un alto rendimiento en menos superficie y durante todo el año. La hidroponía

con recirculación (sistema cerrado) es la más eficiente desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, por su ahorro considerable en agua, fertilizantes y mínimo vertido de solución fertilizante residual al ambiente.

En lo referente al rol del estado, el Ministerio de Agricultura y Riego MIDAGRI (2020) citado por (Poma, 2020) sostiene que, la agricultura peruana de hoy en día está en riesgo debido al cambio climático. En los últimos 40 años, hubo una disminución del 20% a 30% de los glaciares; colocando en peligro a la agricultura convencional, provocando la desertificación del suelo, el desequilibrio en las tierras agrícolas, el sistema minifundista por medio de fraccionamiento de parcelas, la calidad de los cultivos y las condiciones productivas, teniendo efectos negativos en la producción agropecuaria. Asimismo, se estimó que el 34% del suelo agrícola costera está en constante riego; sin embargo, el 66% del suelo agrícola andino está pendiente al riego por precipitaciones, volviéndolo vulnerable a los impactos ambientales negativos producidos por los factores abióticos.

Figura 1

Esquema de la definición grado-día



Nota. Los Grados – hora Diarios (GHD) son las diferencias acumuladas de la temperatura hora a hora a lo largo de todo el día; pero si los datos se dividen para 24 horas se obtiene GDD, adaptado como esquema de la definición Grado-día (Chamorro y Velástegui, 2021).

En referencia al estudio de los factores ambientales en el desarrollo de las plantas la integral térmica como una herramienta, Chamorro y Velástegui, (2021) citado por (Fuentes-Freixanet, 2010) afirma:

Uno de los modelos matemáticos que se utiliza para determinar los grados de temperatura acumulados diarios por cada planta, es la integral térmica, que es un parámetro importante para la definición de las estrategias de diseño, los requerimientos de climatización ya sea natural o artificial. Básicamente los Grados-día Diarios (GDD), no es otra que la diferencia entre la temperatura base de referencia y la temperatura media diaria exterior.

De acuerdo con Fuentes-Freixanet (2010), citado por (Chamorro y Velastegui, 2021) define que los Grados-día son los requerimientos acumulados en cierto período de tiempo (mensual, semanal, diario u horario) de

calentamiento o enfriamiento necesarios para alcanzar la zona óptima. Si se habla de GDD específicamente es el déficit o superávit acumulado de los 365 días del año y viene dada por la fórmula:

$$GD = \sum_1^{365} (T - T_{base})$$

Dónde:

GD = Grado – Días (°C)

T_{base} = Temperatura base (límite de referencia, inferior o superior de confort (°C)

T = Temperatura media diaria (°C)

Si no se tiene la información diaria se puede usar los datos mensuales de temperatura multiplicados por el número de días del mes, Fuentes-Freixanet, (2010) señala:

Por la variación diaria de las temperaturas horarias, generalmente, de manera simplificada se emplean los Grados-día mensuales; esto es las

diferencias entre la temperatura base de referencia y la temperatura media diaria acumulada durante el mes, con la siguiente ecuación (Chamorro y Velastegui, 2021).

$$GD = \sum_1^n (T - T_{base})$$

Donde n: el número de días del mes

Sobre el rol de los factores abióticos que intervienen en el cultivo de lechugas, es el parámetro temperatura diaria. Fuentes-Freixanet, (2010) sostiene que “Si no se tiene la información diaria se puede usar los datos mensuales de temperatura multiplicados por el número de días del mes, que representan los datos promedio de todos los días del mes” (Chamorro & Velastegui, 2021).

$$GD = n * (T_{mensual} - T_{base})$$

De acuerdo Fuentes-Freixanet, (2010) citado por (Chamorro y Velástegui, 2021) para obtener resultados de mayor precisión sostiene que:

Para realizar un análisis de mayor precisión, se puede hacer de manera horaria en Grados - hora; esto es de manera acumulada anual (de 1 a 8,640 horas) o mensual (720 horas), para lo cual se utiliza la fórmula.

$$Gh = \sum_1^{8760} (T_{Horario} - T_{base})$$

$$Gh = GD \times 24$$

Gh = Grados - hora (°C)

T_{base} = temperatura base (límite de referencia inferior o superior de confort °C)

$T_{horario}$ = temperatura horaria (°C)

Según Velásquez, Rosales, Rodríguez y Salas, (2015) citado por (Chamorro & Velastegui, 2021) señala: Los Grados Días Acumulados (GDA) se obtiene de la suma entre la temperatura máxima y temperatura mínima, dividiendo entre 2 y cuyo resultado es restada por la temperatura base. Como muestra la formula a continuación.

$$GDA = \sum_1^n \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} \right) - T_b$$

Dónde:

T_{max} = Temperatura máxima.

T_{min} = Temperatura mínima.

T_b = Temperatura base.

De acuerdo con López, (2003) citado por (Chamorro & Velastegui, 2021) para calcular los días de recolección de una cosecha afirma:

Los Grados de Madurez Acumuladas (GMA), es el índice más usado para la cosecha de frutos, pero debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial. La primera es aquella que se alcanza luego que se ha completado el desarrollo mientras que la segunda se refiere al estado en el cual es requerido por el mercado.

Integral térmica

$$\sum_{k=siembra}^{maduracion} (T_k - T_b) : T_k \geq T_b$$

Dónde:

T_k = Temperatura promedio

T_b = Temperatura base

Figura 2

Principales tipos comerciales de lechuga



Nota. Características físicas de lechugas hidropónicas. Del Pino, (2021)
Variedades de lechuga mantecosa, criolla, francesa o crespa (de izquierda a derecha).

Sobre la degradación de suelos de la capa arable por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos. Gomero & Velásquez (1999) sostienen que la pérdida de su capacidad para cumplir sus funciones como medio para el crecimiento de las plantas, regulador del régimen hídrico y filtro ambiental.

Al respecto los cultivos hidropónicos son una alternativa tecnológica para cultivar hortalizas limpias e inocuos: El proyecto de investigación es una alternativa para mitigar en la actualidad la pérdida de fertilidad de los suelos vigentes; realidad por lo que los productores no puedan desarrollar actividades agrícolas de buena calidad, de ahí la innovación de nuevas técnicas mediante los cultivos hidropónicos, en el que se poseen algunas ventajas como producir productos de alta calidad e inocuos, mayor rendimiento por metro cuadrado, economía del recurso hídrico, mayor rentabilidad, etc. Además, en la actualidad los cultivos hidropónicos han tomado mucha importancia debido a que alcanzan rápido la madurez, pudiéndose reducir el tiempo de cosecha (Cajo, 2016).

En lo referente a las ventajas de los cultivos sin suelo, sus características

fisicoquímicas de las hortalizas son libres de sustancias tóxicas como los agroquímicos de acuerdo con Llanos, (1988) citado por (Guerrero et al., 2014) señala: Los cultivos hidropónicos tienen algunas ventajas sobre los cultivos tradicionales, como mejorar el control de factores abióticos, bióticos, plagas, enfermedades, deficiencia o exceso de nutrientes, mejorar la calidad de los productos a cosechar, mayor precocidad en la obtención del producto, aumento de la productividad, mejorar el aprovechamiento del área disponible, ya que por medio de este sistema es posible cultivar en varios pisos, aprovechamiento de áreas infértiles, mayor densidad de plantación que nos conduce a un incremento en la producción por unidad de área, además de ser independiente del factor suelo

La iniciativa surge como alternativa de producir productos inocuos y producir hortalizas saludables que se ajuste a un esquema de alimentos saludables, al respecto Hurtado (1998) citado por, (Alfredo, 2017) establece que la seguridad alimentaria es una preocupación de las autoridades ya que genera desnutrición y pone peligro la salud pública, por la carencia de alimentos que surge como una necesidad de un grupo o comunidad

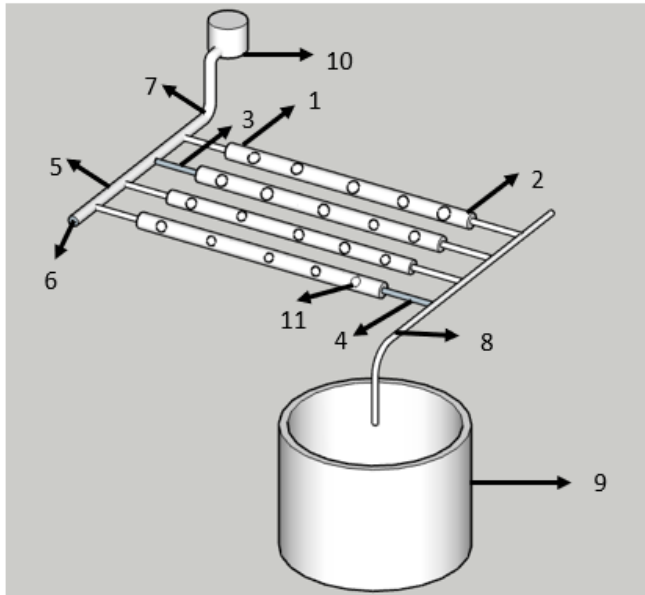
y afectando a los seres humanos, de tal manera que el consumidor es el eslabón final que sufre las consecuencias.

El objetivo del proyecto fue producir lechuga (*Lactuca sativa* L) mediante

el sistema hidropónico, aplicando técnicas del modelo NFT. y promover nuevas alternativas para generar cadenas productivas de tecnología intermedia como son los cultivos hidropónicos para las comunidades rurales y urbanas.

Figura 3

Prototipo de sistemas de cultivo a nivel experimental



LEYENDA

- 1.- Tubos PVC desagüe 4" diámetro
- 2.- Tapones de PVC desagüe 4" diámetro
- 3.- Manguera ciega de 16mm (polietileno)
- 4.- Manguera polietileno de 20 mm
- 5.- Tubería PVC 1" diámetro
- 6.- Tapón de PVC 1" diámetro
- 7.- Codo PVC 1" diámetro
- 8.- Tubo de desagüe 2mm diámetro
- 9.- Recipiente de reciclaje
- 10.- Tanque de solución (balde)
- 11.- Soporte del tanque
- 12.- Aguajero para plantas 1" diámetro

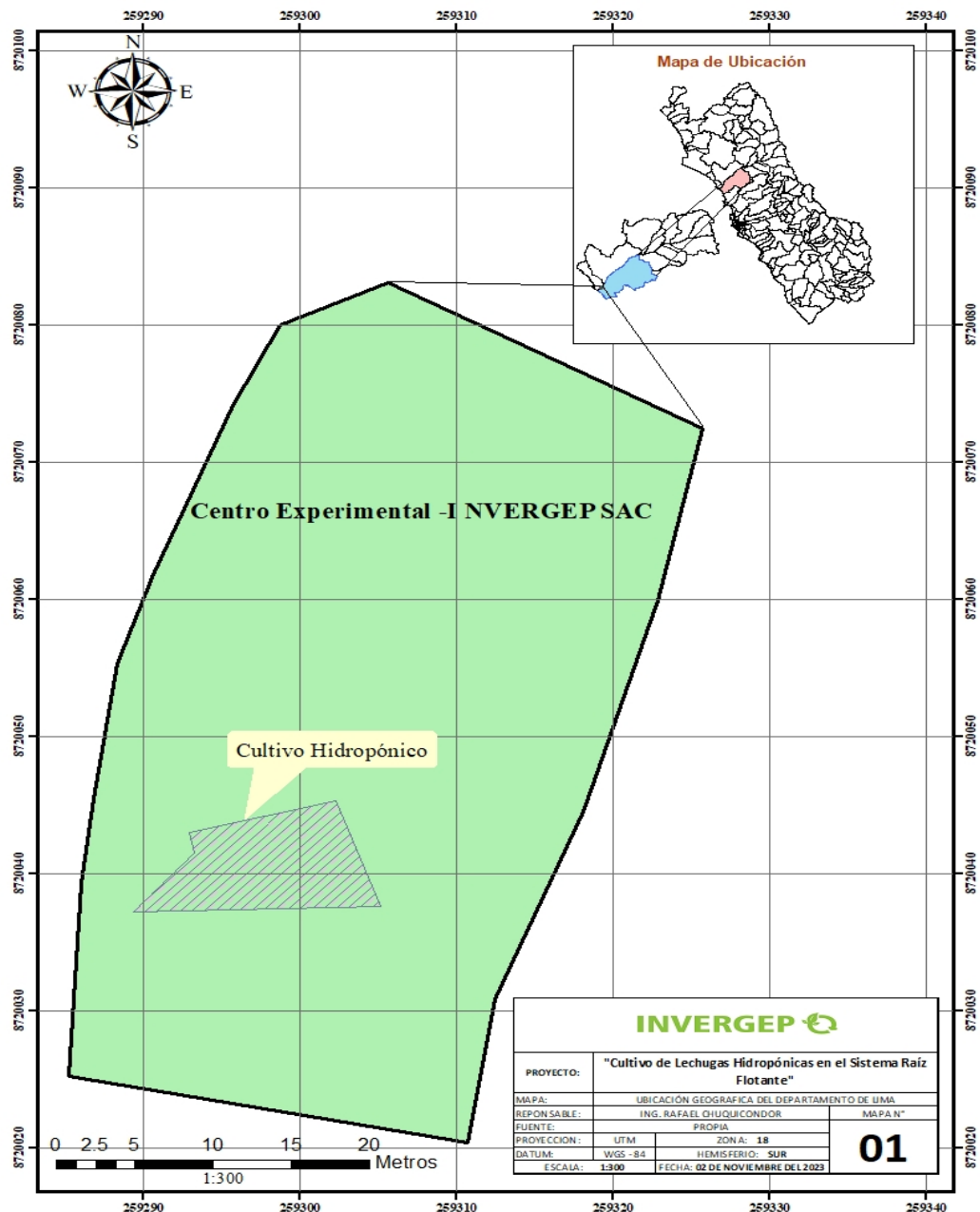
Nota. Sistema NFT a nivel laboratorio adaptado Prototipo de sistemas de cultivo a nivel experimental [adaptado] guía práctica de hidroponía (Chuquicondor, 2023)

Método

Este proyecto se realizó a nivel experimental. Se implementó como una unidad productiva, con una batería en

un área de 17 m² para cultivar lechuga; ubicado en Huaral - Lima a 500 msnm, con una precipitación promedio anual de 1050 mm y la temperatura promedio anual de 22° C.

Figura 4
Ubicación



Para cultivar las lechugas se construyó una estructura en bancadas o también llamada sistema de producción escalonada. Se utilizaron tubos de desagüe pesados para su mayor duración de 4" para producir diferentes variedades de hortalizas con un esquema de siembra de 20 a 22 cm de planta a planta y 20 cm entre plantas de seis metros de largo, por ocho tubos por bancada.

La semilla no puede ser el eslabón débil de un proceso productivo, por tanto, debemos concederle su verdadera importancia. (Dueñas y Chuquicondor, 2012) sostiene que:

La semilla es el material biológico más importante y básicos de la producción de las lechugas. Por lo que es de gran importancia su calidad para su correcto

uso. Los parámetros más importantes que miden la calidad de un lote de semillas son: Pureza y fuerza germinativa, vigor germinativo.

Los almácigos se sembraron en una bandeja de 200 alveolos cada semana, lo cual abastecería material de siembra todas las semanas. En esta actividad se utiliza turba estéril en proporción de 300 gramos por bandeja de 200 alveolos; la semilla utilizada fue de lechuga verde crespa variedad Vera seleccionada de

las casas comerciales. Para obtener los mejores resultados se realizó una prueba de germinación de la cual se obtuvo como resultado el 99% de germinación, lo que indica alta calidad de la semilla (Pachón, 2020).

Pureza

Se entiende por pureza (P) de un lote de semillas el % en peso de semillas de la especie considerada respecto del total de una muestra.

$$P \text{ (pureza)} = \frac{\text{peso de las semillas de semillas puras de la especie}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

Lo deseable sería que en cualquier lote de semillas la pureza fuera 100% pero es difícil sobre todo en especies tales como las hortalizas de cereales o leguminosas de

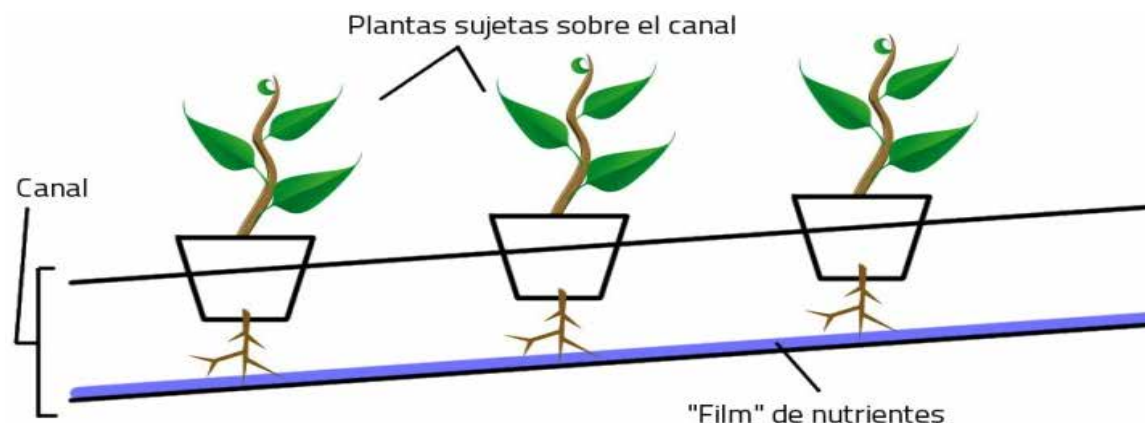
cultivos extensivos en las cuales durante la cosecha y procesado de semillas es casi imposible evitar impurezas y rupturas.

Tabla 1
Requerimientos climáticos para un cultivo de lechugas

Requerimiento	Fase	Características	Rango
Temperatura	Germinación		18°C
		Día	14°C a 18°C
	Crecimiento	Noche	5° C a 8° °C
		Temperatura superior	30°C
		Temperatura inferior	-6 °C
Humedad relativa			60% a 80%
Ph Óptimo			6.7 a 7.4
Riegos	Planta		200 ml a 400ml

Nota. Los requerimientos climáticos para un cultivo de lechugas son factores directos que influyen en el desarrollo de los cultivos de lechugas. Adaptada tesis (p. 22), por Castaño, 2018.

Figura 5
Sistema de cultivo NFT



Nota. Sistema NFT. Tomado de pasos-para-fabricar-un-sistema-nft-hidroponico-muy-sencillo-y-barato portal frutícola, 2019, <https://www.portalfruticola.com/>

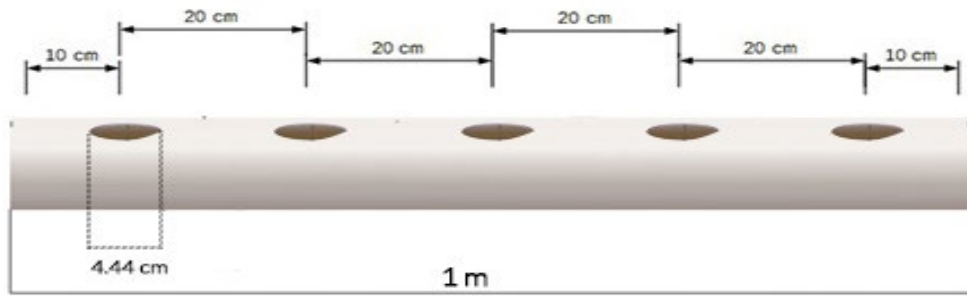
Tabla 2
Implementación de un sistema de riego con recirculación de dos baterías

Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total (S/.)
Batería de 9 metros *10 tubos de 4 pulgadas sistema NFT				
Tubería de 4 plg *3 metros	60	Unidad	36.00	2160.00
Tanque de 600 litros	1	Unidad	570.00	570.00
Electrobomba (accesorios de riego)	1	Unidad	370.00	370.00
Accesorios de riego (tapón, reducción etc.)	2	---	300.00	300.00
Caballetes de (fierro de ½ corrugado)	14	Unidad	75.00	1050.00
Operatividad (instalaciones eléctricas)	---	---	---	500.00
Materiales (espuma, canastilla, otros)	---	---	---	719.00
Total				5669.00

Nota. Implementación de un sistema de riego con circulación baterías NFT. Adaptado “implementación de un sistema de riego con recirculación de dos baterías” Chuquicondor,2023

Figura 6

Guía: NFT detalle para su instalación



Nota. Esquema de caracterización de una instructiva. Tomado [fotografía], (hydroenv., 2023) Nhttps://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=56&products_id=575

Figura 7

Proceso productivo sistema NFT



Nota. Operación del primer trasplante de los plantines, LETHAM PERÚ, (2023).

Figura 8

Trasplante definitivo del cultivo SRF



Nota. Actividad manejo de trasplante fase productiva. Sistema raíz flotante etapa productivo. LETHAM PERÚ, (2023)

Tabla 3

*Costo de construcción de un sistema de riego cama de raíz flotante 2.40*1,20 metros*

Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo Unitario	Costo total (S/.)
Implementación de una cama de madera sistema raíz flotante para plantines				
Tablas 0.20*2.54 metros	11	Unidad	22	242.00
Listones 4 m. largo (0.2*0.3) metros	4		11	46.00
Almacigueras (sustrato, bandejas, etc.)	--	Unidad	--	400.00
Accesorios (clavos, llaves, otros.)	--	Unidad	--	200.00
Bomba de oxigenación (accesorios)	--	Unidad	--	300.00
Total				1188.00

Nota. Costo de construcción de un sistema de riego cama raíz flotantes 2.40 * 1.20 metros, implementación de una cama de madera sistemas de raíz flotante para plantines. Adaptado “Costo de construcción de un sistema de riego cama de raíz flotante 2.40*1,20 metros” por Chuquicondor, 2023, comercialización y servicios agroindustriales.

El proceso productivo se subdivide en fases: una parte oscura (donde se induce la germinación) que necesita entre 24 y 20, 48 horas y luego la lechuga se transfiere a la bancada de germinación, donde permanecerá entre siete a 10 días para su trasplante (dependiendo de las condiciones micro climáticas).

Después de los ocho a 12 días de fase de producción de la muda, la plántula se transfiere a la fase intermedia, cuya duración se aproxima de ocho a 10 días. En la fase final, la estimación de cultivo es de 22 a 25 días, para la cosecha de una lechuga cresa con masa de aproximadamente 350 g. Se estima un ciclo total de la lechuga hidropónica entre 38 a 47 días (GroHo, s/f).

Tabla 4

Presupuesto de costo de producción total y unitario 68 metros cuadrados

Detalle	Año 0	Año I	Año II	Año III
Insumos (semillas)	500.00	100.00	200.00	400.00
Materiales de riego	6,857.00		5,669.00	5,669.00
MOD	2057.10	1000.00	1000.00	1000.00
Costo CIF	623.8	1000.00	100.00	100.00
Equipos.	950.00	100.00	00.00	00.00
Costo total	10,987.90	2,200.00	6,969.00	7,169.00
Unidad/periodo (5)		3900.00	9360.00	11700.00
plantas/bancada	390 (1)	780 (2)	1560 (4)	2340 (6)
Costo unitario	-----	0.56	0,74	0,61

Nota. Los periodos son fases de vegetación y aquí podemos observar el presupuesto de la primera etapa de más la infraestructura inicial de acuerdo con los recursos que se dispone en cuanto al presupuesto.

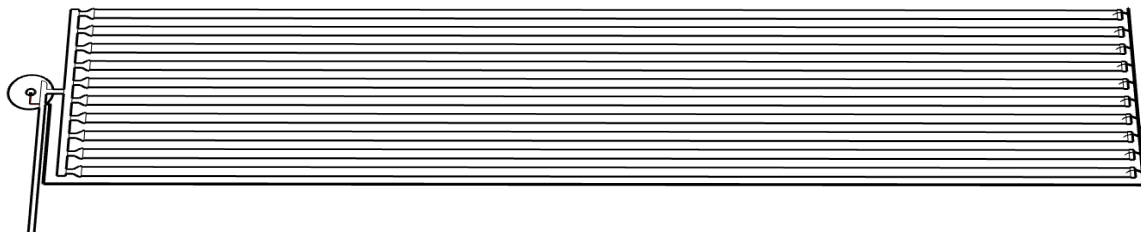
Conocido como el sistema de recirculación continua, este sistema posee canales de PVC que están apoyados sobre una estructura de fierro corrugado a una altura de 1,5 metros que los sostienen (tubos),

una capacidad de 400 plantas. Estas tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución nutritiva, la cual es recolectada y almacenada en un tanque con una capacidad de 600 Litros.

Los canales de PVC contienen agujeros con diámetro de dos pulgadas a un
distanciados a 0.22 cm y el espacio entre
canales de 0.20 cm (Garzón, 2006)

Figura 9

Esquema de un sistema de riego tipo experimental



Nota. Diseño de un sistema de cultivo NFT, cada tubo con 40 alveolos batería de 10 tubos: adaptado comercialización y Servicios Agroindustriales. Chuquicondor, (2023) guía práctica hidropónica.

Por otra parte, Castillo (2009), citado por (Cajo, 2016) manifiesta que los cultivos hidropónicos en el sistema NFT, en la actualidad, han toma mucha importancia ya que tiene grandes ventajas como son las siguientes:

1. Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación
2. Reducción de costos de producción
3. Evita la contaminación de los recursos naturales.
4. Producir cosechas en contra estación y precocidad en los cultivos.
5. Ahorro de agua, fertilizantes, plaguicidas, etc.
6. Se evita la utilización de maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).

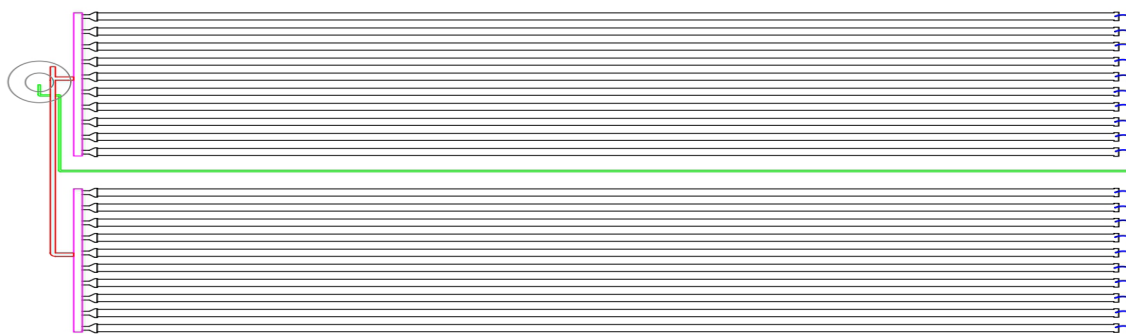
7. Mayor limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
8. Alto porcentaje de automatización
9. Se puede cultivar en lugares donde la agricultura es difícil
10. Rápida recuperación de la inversión inicial

De acuerdo con (Cabezas , s/f) los tubos de cultivos, cuanto más corto, es mejor por las siguientes razones:

- Mayor disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) ideal para lechugas de 3.0 a 4.0 ppm OD/L de solución nutritiva.
- Mayor renovación de solución nutritiva en los tubos del cultivo

Figura 10

Diseño de dos baterías a nivel comercial



Nota. Sistema de bancadas baterías a nivel comercial. Adaptado de red de distribución primaria de riego por bancadas (Cabezas, s/f p.88)

Resultados

Análisis de calidad de la semilla de las lechugas

Es el porcentaje (%) de semillas que geminan adecuadamente en un ensayo o capacidad de ser viable (reproducirse) experiencia que se realiza con semillas puras.

$$Sg = \frac{\text{numero de semillas germinados}}{\text{total de semillas en prueba}} \times 100$$

Velocidad de germinación (tiempo promedio)

Es un índice del tiempo que tardan en germinar las semillas de una muestra, un menor tiempo en germinar es indicativo de que las semillas tienen más vigor y son mejores.

$$\text{Días promedio (d)} = (\sum n1 \times d/n =) [(n_1 \times d_1) + (n_2 \times d_2) \dots \dots (n_n \times d_n)] / n$$

$$\text{Índice de Kotowsky (i)} = (1/\text{dias promedio}) \times 100$$

Figura 11

Almácigos y sustratos



Nota. El manejo de sustratos y siembra de almácigos. Tomado [fotografía] almácigos y sustratos (Hydro Enviroment , 2023), https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=producto

Tabla 5

Prueba de la fuerza germinativa

Días de la fecha de siembra							
1	2	3	4	5	6	7	8
Brotos			60	10	12	8	8

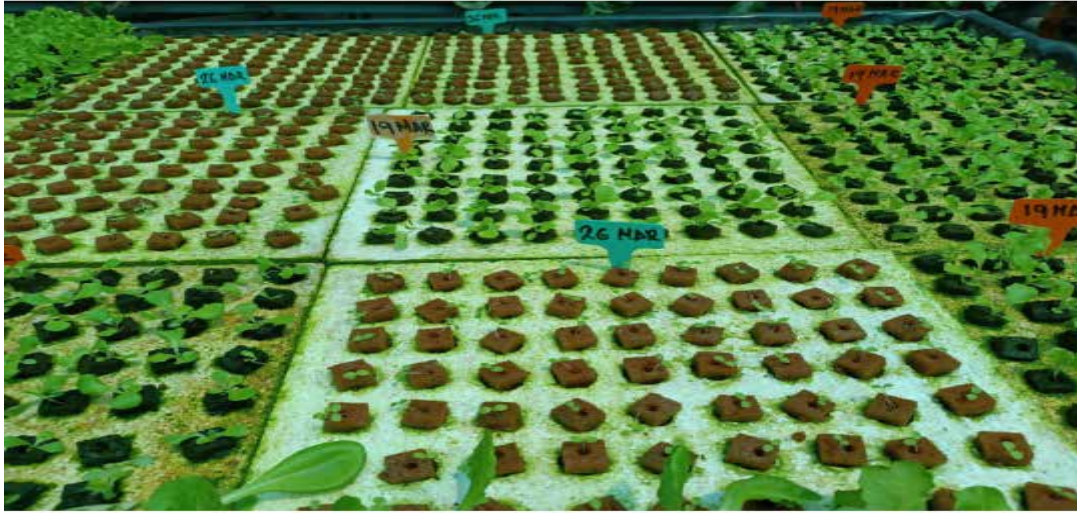
Nota. Prueba de la fuerza germinativa, los resultados nos indica que alrededor en el día 4 germinaron el mayor número de semillas. Adaptado de “prueba de la fuerza germinativa” (UPV, 2011).

$$d = \frac{4(60)+6(10)+7(12)+8(8)+9(8)}{40+20+10+20+8} = 5,938 \text{ dias}$$

$$\text{índice de kotowsky} = \left(\frac{1}{5,938}\right) \times 100 = 0.1684 = 16.84 \%$$

Figura 12

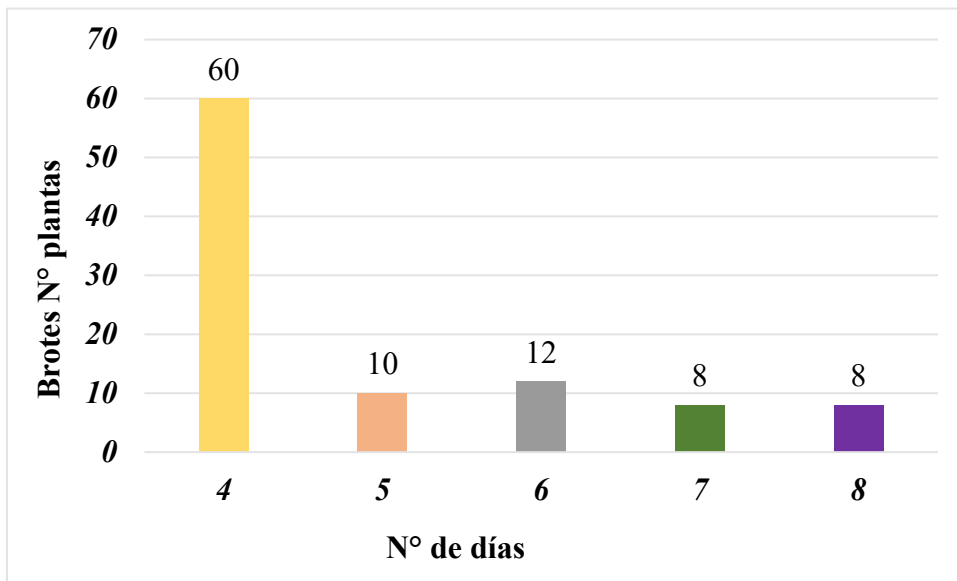
Germinadora primera fase



Nota. Plantas germinadas con dos hojas bandera, Boza (2023)

Figura 13

Prueba de poder germinativo



Nota. En la Figura 7 se observa que índice de Kotowsky en el día sexto presenta el 16% del germinado o brote, con un factor de temperatura promedio de 19 °C. Gráfico prueba el poder germinativo por Chuquicondor (2023) guía práctica hidropónica.

En referencia a la influencia de la temperatura en las etapas de germinación y proceso productivo Del Pino (2021) sostiene:

Las temperaturas óptimas para el crecimiento son de 18 °C, con un rango

entre 7 a 24 °C. La temperatura de base de las raíces es de 7°C, y sufre daños por heladas a los 0 °C, pero al estado de roseta a los -5°C. El crecimiento vegetativo se beneficia por la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas (3-12°C). La capacidad de formación de

cabeza es un carácter genético restringido sólo a ciertas variedades (capitana). Si bien las temperaturas óptimas para este

proceso son de 11 y 19°C, existen muchas variedades adaptadas a otros rangos de temperaturas. (Del Pino, 2021)

Tabla 6

Registro de temperaturas mes de setiembre y octubre

Año	FECHA	T° MAX	T° MIN	PROMEDIO	T° base	GDD
2023	1	23.09	15.3	19.195	11.12	8.075
2023	2	23.1	15.56	19.33	11.12	8.21
2023	3	23.08	14.19	18.635	11.12	7.515
2023	4	23.52	14.11	18.815	11.12	7.695
2023	5	24.46	15.22	19.84	11.12	8.72
2023	6	23.4	15.66	19.53	11.12	8.41
2023	7	23.62	14.4	19.01	11.12	7.89
2023	8	23.32	13.71	18.515	11.12	7.395
2023	9	23.99	14.07	19.03	11.12	7.91
2023	10	24.81	14.01	19.41	11.12	8.29
2023	11	24.19	15.33	19.76	11.12	8.64
2023	12	23.07	14.95	19.01	11.12	7.89
2023	13	22.98	14.69	18.835	11.12	7.715
2023	14	23.87	13.81	18.84	11.12	7.72
2023	15	23.24	13.96	18.6	11.12	7.48
2023	16	23.26	14.76	19.01	11.12	7.89
2023	17	22.64	15.89	19.265	11.12	8.145
2023	18	23.78	15.69	19.735	11.12	8.615
2023	19	23.55	14.89	19.22	11.12	8.1
2023	20	23.3	15.13	19.215	11.12	8.095
2023	21	24.34	15.24	19.79	11.12	8.67
2023	22	23.74	14.7	19.22	11.12	8.1
2023	23	24.83	15.46	20.145	11.12	9.025
2023	24	24.08	15.9	19.99	11.12	8.87
2023	25	24.01	16.53	20.27	11.12	9.15
2023	26	23.44	15.45	19.445	11.12	8.325
2023	27	22.48	15.14	18.81	11.12	7.69
2023	28	23.01	15.88	19.445	11.12	8.325
2023	29	21.92	15.94	18.93	11.12	7.81
2023	30	22.87	15.97	19.42	11.12	8.3
2023	1	22.65	15.19	18.92	11.12	7.8
2023	2	21.02	15.96	18.49	11.12	7.37
2023	3	22.18	15.76	18.97	11.12	7.85
2023	4	21.69	14.69	18.19	11.12	7.07
2023	5	22.86	14.76	18.81	11.12	7.69
2023	6	21.9	14.97	18.435	11.12	7.315
Total				690.08	400.32	

Nacencia es cuando una semilla comienza a crecer. Llamamos germinación al proceso mediante el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en una planta en condiciones de humedad adecuadas y con soporte de los sustratos requeridos. Además, el factor temperatura influye de manera significativa en el crecimiento o retraso.

$$IT = \sum_1^{Nacencia} = (Tk - Tb)$$

$$GD = \sum(171.9 - 100.08)$$

$$GD = 71.8$$

$$171.9 = \sum(19 - 11) * \text{día}$$

$$\text{Día} = 71.8 / 8$$

$$\text{Día} = 8.9875$$

Germinación brotes = 9 días

La recolección o cosecha es la etapa donde la planta finaliza su periodo vegetativo, obteniendo sus características fisiológicas en condiciones óptimas para el consumo humano. Denominado madurez fisiológica.

$$IT = \sum_1^{recoleccion} = (Tk - Tb)$$

$$GD = (690.08 - 400.32)$$

$$GD = 289.76 \text{ integral térmica}$$

$$IT = \sum(19 - 11) = 289.76 / 8 = 36 \text{ días.}$$

Recolección

Conclusiones

- Los valores obtenidos son cálculos referenciales y aproximados, porque dependen de la temperatura registrada durante su periodo vegetativo con un termohigrómetro, pero que pueden ayudar a evaluar la producción de la biomasa foliar de la lechuga bajo estas condiciones ambientales.

- El promedio de temperatura diaria es 19°C y la temperatura mínima 11°C, así mismo la temperatura acumulada durante el periodo vegetativo es de 690.08 °C, también se aprecia que la T° mínima acumulada es 400.32°C
- Aplicando el modelo de la integral térmica en la fase de germinación o nacencia, se calculó que el tiempo que demora en germinar la semilla de lechuga es de nueve días bajo las condiciones de temperatura registrada. De acuerdo con la prueba de poder germinativo al 98 % de brotes es a los ocho días, observándose una relación muy buena en los resultados.
- En cuanto al cálculo de recolección desde el trasplante hasta la cosecha en las condiciones ambientales con sus indicadores, se concluye que el tiempo necesario para su madurez fisiológica es 36 días. Siendo 690.08 T° la temperatura acumulada durante su periodo.

Recomendaciones

Para cultivar lechugas hidropónicas, por el sistema NFT, el productor tiene procedimientos básicos importantes que realizar como son: la preparación de almácigo y germinación, considerando la influencia del factor temperatura en su germinación y su producción foliar hasta su cosecha.

En toda actividad hidropónica, se debe implementar un registro de temperatura con un equipo denominado termohigrómetro con el propósito de controlar el factor que influye en la producción de la biomasa foliar, así como el crecimiento-tamaño-forma-apariencia, características organolépticas apropiadas y el tiempo de cosecha.

Referencias

- (s.f.). Alfredo , L. (2017). Producción de Cultivo Hidropónico Lechuga (*Lactuca Sativa L.*) para la Promoción de la Autogestión en la Escuela Básica Bolivariana. *Revista Científica*, 2(4), 204 - 222. http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/101/98
- Cabezas , R. (s/f). *Hidroponía Manual Práctico. Una guía para aprender de forma rápida.*
- Cajo, A.M. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas, [Proyecto de tesis, Universidad Técnica de Ampato]*. e file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/libros%20hidroponia/TESIS%20LECHUGA.pdf
- Castaño, G. P. (2018). *Monitoreo de la temperatura superficial de la lechuga en un cultivo urbano empleando el sensor AMG 8833, [Tesis de grado Fundación Universitaria los Libertadores]*. https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4649/Casta%C3%B1o_Gina_2018.pdf?sequence=1
- Chamorro, H., & Velastegui, J. (02 de Enero de 2021). Aplicación de la Integral Térmica como herramienta de control bioclimático y de modelamiento ambiental en el cultivo de tuna (*Opuntia Ficus-indica*). *Conciencia Digital*, 4(1), págs. 106 - 120. file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/1537-Texto%20del%20art%C3%ADculo-7433-2-10-20211216%20(3).pdf
- Del Pino, M. (30 de Marzo de 2021). *Guía didáctica: cultivo y manejo de la lechuga* . file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Guia%20apio%20y%20lechuga%202022.pdf
- Dirven, B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez, R. K., & Ticona, A. (2018). *El desarrollo rural establecido en las áreas vulnerables*. Colección Racso.
- Dueñas, A., & Chuquicondor , R. (2012). *Guía Práctica de Campo*. UNFV-FIIS- EPIA.
- Garzón, S. S. (2006). *Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. [Tesis de grado]*, <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/9706303e-4908-4574-823b-b758dbaa9462/content>
- Gestion. (06 de Octubre de 2021). FAO: siete de cada diez distritos en Perú registran problemas de inseguridad alimentaria. <https://gestion.pe/economia/fao-siete-de-cada-diez-distritos-en-peru-registra-problemas-de-inseguridad-alimentaria-noticia/?ref=gesr>
- Gomero, L., & Velasquez , H. (1999). *Manejo Ecológico de suelos* . RAAA.
- GroHo. (s/f). *Germinación hidropónica*. <https://www.groho.es/post/germinacion-en-hidroponia>
- Guerero, E., Revelo , J., Benavides , O., Chavez , G., & Moncayo , C. (2014). Evaluación de sustratos

- en un cultivo de lechuga bajo un sistema hidropónico en el Municipio de Pasto. *Revista Ciencias Agrícolas*, 31(1), 3 -16. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1933/2320>
- hydroenv. (2023). *Guía: NFT y su instalación*. www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=102
- Pachon, J. M. (2020). *Producción y comercialización de lechuga hidropónica (Lactuca sativa L.), como una alternativa económica para pequeños productores de Viotá, Cundinamarca, [tesis de grado, Universidad de la Salle]*. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1180&context=ingenieria_agronomica
- Pertierra, R., & Quipe, J. (2020). Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *La granja*, 31(1), 118 - 130. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/31.2020.09>
- Poma, W. A. (2020). *Revisión bibliográfica de uso de sistemas hidropónicos en el cultivo de hortalizas [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54960/Poma_AW%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Cengage.
- Universidad Politécnica de Valencia -UPV. (11 de Setiembre de 2011). Pureza y Germinación de un lote de Semillas.[video.]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=JyBBjAcwUn8>