

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial, la agricultura hidropónica viene adquiriendo gran importancia social para la seguridad que ofrece a la salud humana y al medio ambiente, donde la agricultura hidropónica es de gran manera una alternativa para producir altos rendimientos en espacios reducidos y con menor cantidad de agua.

La espinaca (*Spinacea oleracea*) es uno de los cultivos que en los últimos años ha incrementado su consumo a nivel mundial, logrando ocupar un importante nicho del mercado si es manejada bajo un sistema de producción orgánica; sin embargo, no se podrá avanzar más en este campo si no se realizan investigaciones sobre el tema, y los posibles beneficios o limitaciones de este sistema de producción, en cultivos altamente exigente en nutrientes (*Davila, 2010*)

La espinaca es muy apetecida por sus cualidades dietéticas y por poseer un sabor característico. Presenta un alto contenido de vitaminas como la A, C y E, todas ellas de acción antioxidante. Asimismo, es muy buena fuente de vitaminas del grupo B, rica en calcio, hierro, magnesio, potasio, sodio y además presenta también buenas cantidades de fósforo y yodo (*Eroski, 2001*).

La espinaca (*Spinacea oleracea* L.) es una planta herbácea de hojas color verde oscuro, que salen de un único tallo central, tomando forma de roseta. Llega a medir más de 30 cm de alto si las condiciones de cultivo son óptimas. Se reproduce principalmente a partir de semillas, que la planta produce luego de su período de floración de estación fría, perteneciente a la familia *Chenopodiaceae*.

En las últimas décadas el recurso suelo ha sido deteriorado por el abuso de explotación y aplicación de sobredosis de fertilizantes químicos su uso de plaguicidas, afectando la sostenibilidad del recurso suelo generando pobreza para los agricultores y finalmente el desequilibrio del ecosistema.

El deterioro progresivo de los suelos agrícolas, en general, debido a una sobreexplotación, exceso de fertilización, contaminación por pesticidas y una salinización cada vez más extendidas, está obligando a los agricultores, sobre todo en

países desarrollados a optar por el uso de tecnologías adecuadas para dar solución a dichos problemas; además de economizar, los cada vez más escasos, recursos hídricos.

En los tiempos actuales es una preocupación constante para todos los agricultores, el incrementar la calidad y cantidad de sus cosechas; asimismo mejorar y aumentar su ingreso económico.

Es por eso la producción hidropónica como técnica, ha demostrado ser una opción interesante para permitir el cultivo de hortalizas de forma sana, eficaz, eficiente, competitiva y para la comercialización de los mismos en los diferentes mercados del país. El cultivo de espinaca, en relación con otros alimentos, es consumido eventualmente como ensalada fresca y nos permite, de otra forma, generar ingresos dentro de la cadena productiva de las familias de escasos recursos su producción en nuestro medio es muy importante desde el punto de vista nutritivo y de balance dietético en la alimentación de las familias.

Por tanto, la hidroponía es un método desarrollado que se basa en sistemas balanceados de control en donde las plantas reciben una nutrición adecuada para su crecimiento y desarrollo, basándose en que las plantas mantienen sus raíces continua o intermitentemente inmersas en una solución acuosa que contiene los elementos minerales esenciales para su crecimiento.

En este sentido, la producción hidropónica de cultivos como la espinaca, bajo diferentes densidades, permite aprovechar áreas reducidas, ofreciendo diversidad, calidad, alta productividad y mayor eficiencia en el uso del agua y de espacios. En Bolivia, estos sistemas de producción se vienen utilizando aún a pequeña escala, pero tienen mucha proyección para el futuro, por las mejoras y ventajas que ofrecen al productor.

Sin embargo, se tiene como desventaja, los costos que se dan a inicio, como la variación del pH que afecta de manera directa al cultivo.

El sistema NFT (Técnica de la Película de Nutriente) está siendo implementado, en sus distintas formas, especialmente en zonas áridas de América Latina para la producción de especialmente, especies de hoja a gran y mediana escala, pues es considerada como

un sistema de producción agrícola apto para la siembra de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales.

El cultivo hidropónico en sistema NFT es una buena alternativa para reducir los espacios e incrementar los rendimientos, sin embargo, no deja de ser difícil ya que se debe de aplicar cuidados necesarios y estar todo el tiempo pendiente del funcionamiento.

Por lo expuesto surge la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación como respuesta agronómica a estas deficiencias, a través del cultivo de la espinaca, la evaluación y comportamiento de 2 variedades de espinaca bajo diferentes densidades.

PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

En la comunidad de Coimata se siembra un 30% del cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea L.*) y uno de los factores es el cambio climático como granizadas, fenómeno del niño, heladas, vientos y las altas temperaturas que se presentan, el ataque de plagas y enfermedades y las condiciones climáticas de la comunidad que no son favorables para el óptimo desarrollo del cultivo, también los comunarios de la zona se dedican más a cultivar flores o hortalizas como la lechuga que es predominante en un 60 %.

La hidroponía es una clara alternativa al problema de la escasez de tierras agrícolas y de agua en todo el mundo. En el año 2012, el consumo total de agua en el Departamento de Tarija, fue de 211,88 Hm³/año. Representando la actividad de riego, el que mayor demanda involucra con el 75% (161,01 Hm³/año) del consumo de agua, seguido del consumo de humano con el 20% (42,41 Hm³/año) y el 4% (8,46 Hm³/año) por el consumo animal

Dado los principios científicos y técnicos en los cuales se basa que la convierten en una tecnología operativamente sencilla, funcionalmente viable y fácilmente aplicable a la solución de problemas de producción de alimentos, ya que los rendimientos por unidad de área cultivada son superiores al cultivo tradicional, en cuanto un cultivo en el campo al permitir altas densidades de siembra y elevada producción por planta.

JUSTIFICACIÓN

La hidroponía permite diseñar estructuras simples o complejas, las cuales permiten el ahorro de espacio en donde se puede cultivar cualquier tipo de plantas, es una buena opción ya que no se necesita mucho espacio y el agua se aprovecha al máximo.

Debido a lo anterior es necesario implementar nuevos métodos de producción como una alternativa de cultivos hidropónicos, se benefician el productor como el consumidor, debido a que el productor tendría una nueva alternativa de producción mediante cultivo hidropónico, lo cual al principio el productor contemplaría de cómo se maneja una producción de hortalizas en la hidroponía y ver las ventajas que tiene este nuevo sistema de producción hidropónica sostenible. En tanto a los consumidores se beneficiarían por el alto valor nutricional que tendría la espinaca, un producto más limpio, para el consumo de la humanidad. En tanto a su crecimiento de producción de la espinaca es de un 15%, una opción más de generar mayores rendimientos para que cualquier persona con un poco de capacitación o conocimiento pueda iniciar en la producción hidropónica, son unas de las razones para realizar la presente investigación.

El rendimiento por hectárea del cultivo de espinacas varía dependiendo de la variedad, las condiciones climáticas, el suelo y la tecnología utilizada. En promedio, se puede esperar un rendimiento de entre 20,000 y 25,000 kilogramos por hectárea. Sin embargo, en algunos casos, el rendimiento puede ser muy diferente dependiendo de las condiciones específicas del cultivo.

La hidroponía es un cultivo 100% ecológico donde se reemplaza el suelo por un mecanismo que permite la producción a gran escala de las plantas comestibles en zona no adecuada para ello. Es por esta razón que se debe estructurar mecanismos que favorezcan el cultivo debido a que mayor es el aprovechamiento por cada m^2 . Proponer como una alternativa de producción, un sistema hidropónico y no depender de una siembra tradicional, de esta manera se obtiene una producción de hortalizas hidropónica más saludable y de esta forma ayudar a una mejor conservación del medio ambiente y a través de los resultados que se tenga sea una fuente de consulta para todos aquellos que quieran implementarlo como un método de producción que les traerá

muchos beneficios económicos como un 10 % de crecimiento en la producción de hortalizas.

La presente investigación tiene como finalidad cultivar espinaca (*Spinacia oleracea L.*) empleando el sistema de cultivo hidropónico NFT y determinar que variedad tiene un mejor comportamiento bajo diferentes densidades en estructura horizontal.

OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

- Evaluar el comportamiento de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en tres densidades diferentes mediante cultivo hidropónico en la comunidad de Coimata.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el mejor comportamiento de las dos variedades de espinaca en cultivo hidropónico.
- Determinar la mejor densidad de la espinaca en el cultivo hidropónico.
- Evaluar la mejor interacción entre variedad y densidad del cultivo de espinaca.

HIPÓTESIS

Ha: Existe diferencias en una variedad de espinaca en las diferentes densidades mediante cultivo hidropónico en estructura horizontal.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. CULTIVO DE LA ESPINACA (*Spinacea Oleracea* L.)

1.1.1. Origen y generalidades

El origen de la espinaca se centra en el sudoeste asiático. Fue introducida por los árabes en España en el siglo XI y posteriormente a Europa. (Hortalizas, 2023)

La espinaca es una planta hortícola herbácea, de hojas comestibles, que se destaca sobre todo por presentar un alto contenido de vitaminas como la A, C y E, todas ellas de acción antioxidante. Así mismo, es muy buena fuente de vitaminas del grupo B, (Eroski, 2001).

1.1.2. Clasificación taxonómica

Reino:	Vegetal
Phylum:	Telemophytae
División:	Tracheophytae
Sub división:	Anthophyta
Clase:	Angiospermae
Sub clase:	Dicotyledoneae
Grado evolutivo:	Archichlamydeae
Grado de ordenes:	Corolinos
Orden:	Chenopodiales
Familia:	Chenopodiaceae
Nombre científico:	<i>Spinacia oleracea</i> L.
Nombre común:	Espinaca

Fuente: Herbario Universitario (T.B) (2022)

1.1.3. Descripción botánica

La planta pertenece a la familia Chenopodiaceae y la especie se denomina *Spinacea oleracea L.* En una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas. (*Jimenez, 2010*).

1.1.4. Raíz

Es pivotante, poco ramificada, capaz de alcanzar apenas un metro de profundidad, ya que es superficial. En los primeros estadios de crecimiento presenta una roseta de hojas con tallo corto. (*Bióloga, 2021*)

1.1.5. Tallo

El tallo es corto y su estructura es rudimentario, de consistencia herbácea, de corta longitud y grosor, con medidas que oscilan entre 0,1 y 1 cm de diámetro. (*Bióloga, 2021*)

1.1.6. Hoja

Son caulíferas, alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Color verde oscuro. Pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo. (*Infoagro, 2005*)

1.1.6.1. Flor

Las flores son de tonalidades blancas o verdosas, dispuestas en grupos de 2 o 3, en estructuras llamadas glomérulos. Las flores son unisexuadas, aunque en algunas ocasiones se han documentado ejemplares hermafroditas.

Las flores masculinas de espinaca poseen un perianto conformado por 5 sépalos, con pétalos ausentes, con 4 o estambres ubicados en la base del mismo. Las flores femeninas están agrupadas en glomérulos, poseen un ovario súpero, uniovular, un estilo y un estigma fragmentado en varios segmentos, en número de 3 a 5. La localización de las flores varía en función del sexo, así las femeninas están en la parte axilar, por su parte, las masculinas en la terminal del tallo. *(Bióloga, 2021)*

1.1.6.2. Fruto y semilla

El fruto de la espinaca es simple, seco e indehisciente, de tipo aquenio y es monospermo, es decir, contienen una única semilla de morfología orbicular, que se encuentra rodeada por un pericarpio de textura membranosa, bien sea liso o espinoso.

La semilla de forma lenticular, lisas en unas variedades y espinosas en otras. Cómo término medio tiene una capacidad germinativa de 4 años, en 1 gr. puede contener de 50 - 70 semillas. *(Bióloga, 2021)*

1.1.7. Propiedades nutricionales

Las espinacas están compuestas mayormente en su mayoría por agua. Su cantidad de hidratos de carbono y grasas es muy baja. Aunque tampoco tiene una cantidad muy alta de proteínas, es uno de los vegetales más ricos en este nutriente. Es rica en fibra especialmente los tallos, al igual que ocurre con la gran mayoría de las verduras, es considerable, lo que resulta beneficioso para la salud. *(Sostenibles, 2018)*.

Las espinacas destacan sobre todo por una riqueza en vitaminas y minerales que sobrepasa a la de la mayoría. Es una excelente fuente de vitaminas y minerales, dentro de los minerales se destacan el calcio, hierro potasio magnesio manganeso y fosforo. En cuanto al contenido de vitaminas la espinaca es rica en vitamina a, c, e, k, como así vitaminas del grupo b como se b6, b2, b1, b9, y ácido fólico; así mismo contiene sustancias antioxidantes como los flavonoides y carotenoides la luteína y la saxantina, neoxantina, también es una buena fuente ácidos grasos omega. *(Bilcosa, 2017)*

1.1.8. Uso del cultivo de la espinaca

La espinaca es un alimento muy completo por su aporte de vitaminas A, B, C, D, minerales, hierro y antioxidantes esenciales para el cuerpo. Contienen además proporciones importantes de Ca, P, K, Cl, Na y Mg. Son ricas también en ácido oxálico un estimulante del páncreas, *(Cedillo, 2021)*

Usadas en ensaladas cuando las hojas son frescas, como verduras apenas cocidas, en sopas y relleno de pastas y otras especialidades como lasañas, ravioles, suflés, etc. Es muy recomendada en personas anémicas o de vida sedentaria ya que ayuda en la evacuación del intestino. Purifica la sangre, así que se la recomienda en las personas con altos índices de arterosclerosis y artritis. Según algunos autores especializados la espinaca es muy buena para las personas que necesitan fortalecer sus nervios y cerebro. *(Westchester, 2018)*

1.1.9. Principales productores a nivel mundial

Actualmente el cultivo de esta planta se encuentra extendido por todo el mundo, siendo los principales países productores China, Japón y Estados Unidos. En 2020 China, Continental fue el principal productor de espinaca en el mundo con 28,507,829 toneladas (92.0%), seguido por Estados Unidos de América con 367,433 toneladas (1.2%) y Kenya con 243,336 toneladas (0.8%), por lo que estas 3 naciones representaron el 93.9% de la producción mundial. Además, China, Continental (724,331 hectáreas), Indonesia (41,128 hectáreas) y Estados Unidos de América (22,743 hectáreas) fueron los países con mayor superficie cosechada, con el 78.7%, 4.5% y 2.5% del total mundial, respectivamente, teniendo en conjunto el 85.6% de la superficie mundial de este cultivo. Mientras tanto, Jordania, China, Continental y Kuwait fueron los países con el mayor rendimiento promedio, con 50.8, 39.4 y 31.4 toneladas por hectárea, respectivamente, por lo que superaron en 51.0%, 16.9% y -6.6% el rendimiento promedio mundial, que fue de 33.7 toneladas por hectárea. *(Bastida, 2023)*

1.1.10. Características del cultivo de la espinaca

Cuadro No.1: Características del cultivo de la espinaca

Concepto	
Días de germinación	7-12 días
Distancias entre plantas	25-30cm
Duración de la primera cosecha	45 - 50 días
Ciclo de vida	3 – 5 meses
Número de cosecha	4 – 5 cosechas
Rendimiento por surco de 30.5 m	18.4 Kg
Época de siembra	Febrero a marzo
Sensibilidad a heladas	Resistente
Número de semilla por gramo	80
Técnica hidropónica recomendada	Sustrato

Fuente:(López, 1994) citado por Callizaya

1.1.11. Requerimientos edafoclimáticos

1.1.11.1. Temperatura

Las espinacas prefieren un clima templado y fresco, en concreto entre 10 y 18°C, aunque dependiendo de la variedad serán más o menos resistentes a altas temperaturas o incluso a heladas. Entre las principales hortalizas de clima frío cuya temperatura media mensual es de 15 a 18°C está la espinaca. La temperatura ideal para el crecimiento vegetativo de la espinaca está entre 15-20°C. Las temperaturas superiores a 25°C pueden hacer que la planta se vuelva lenta y propensa a enfermedades.

Las variedades propias de invierno soportan temperaturas bajas que pueden llegar a 5°C, por debajo de 0 sin llegar a dañarse. (*Serrano, 1980*). citado por Callizaya.

1.1.11.2. Humedad relativa

Las plantas se desarrollan bien donde la humedad relativa del aire fluctúa entre 60 y 80%.

1.1.11.3. Luminosidad

La intensidad de la luz es un factor importante a considerar. Las espinacas no requieren una intensidad de luz extremadamente alta, pero tampoco deben estar en condiciones de sombra completa. (*Betania, 2023*)

1.1.11.4. Suelo

La espinaca es altamente sensible a condiciones de saturación de aluminio, prefiere suelos livianos con alto contenido de materia orgánica (sobre 12%), pH de 6,5 - 7,0, a pH inferiores existe mala respuesta de las plantas, es de arraigamiento superficial y el ciclo de crecimiento es de 45 a 55 días dependiendo de la época del año.

La espinaca puede crecer bien en suelos preferiblemente áridos, secos y ligeros, pero prosperará en un suelo rico en materia orgánica. En general, el tipo de suelo y el pH rara vez se convierten en un factor restrictivo al cultivar espinacas. Sin embargo, se ha informado que las espinacas prosperan en suelos francos arenosos con un pH de 6,5 a 6,8. En los casos de deficiencias graves de P, los agricultores pueden aplicar P_2O_5 a una tasa de 50 kg por hectárea algunos días antes de la siembra. Tenga en cuenta que cada campo es diferente y tiene diferentes necesidades. Los productores deben realizar un análisis de suelo antes de plantar. (*Wikifarmer, 2021*)

1.1.11.5. Salinidad

El cultivo de la espinaca tiene una tolerancia de 10 a 12 ds/m, pero esta depende de las condiciones de clima, suelo y prácticas de manejo.

1.1.12. Requerimiento del cultivo

Las dosis de abono que se aplique al cultivo de espinaca dependerán de la fertilidad del suelo, pueden recomendarse las cantidades siguientes:

Nitrógeno	Fósforo	Potasio
250kg/ha de N	50kg/ha de P_2O_5	200kg/ha de K_2O

Fuente: (*Marulanda, 2003*)

1.1.13. Adaptabilidad del cultivo

Se la puede cultivar sólo en los meses más fríos del año es decir a partir de finales de mayo a julio. En los Valles es una especie que puede cultivarse durante todo el año siempre y cuando no se presenten heladas intensas. (*Unterladstatter, 2000*)

1.1.14. Almacigo

Cuando la siembra se hace en líneas, se separan entre 25 a 35 cm. según la variedad elegida. La profundidad de siembra es aproximadamente de 2 cm. La forma de sembrar (chorrillo o voleo). Cuando la siembra se hace con el fin de recolectar escalonada las hojas la cantidad de semillas que se emplea es de 4 kg/mil m² aproximadamente un gr. por cada metro lineal que se siembra. Las plantas tardan en emerger de 10 a 20 días según las temperaturas ambientales.

1.1.15. Riego

El riego es un aspecto fundamental en el cultivo de espinaca, ya que esta hortaliza requiere de una cantidad adecuada de agua para su desarrollo óptimo. Conocer las necesidades hídricas de la espinaca: Las espinacas necesitan un suministro constante de agua para evitar el estrés hídrico. Se estima que, durante su ciclo de crecimiento, las espinacas requieren aproximadamente de 1 a 1.5 pulgadas de agua por semana. (*Admin, 2023*)

1.1.15.1. Riego por Goteo

Se denomina riego por goteo por la aplicación de agua por dispositivos gota a gota mediante un flujo continuo, El riego por goteo es agrupado en los sistemas de riego que aplican agua en un caudal no mayor a los 16 L/h por punto de emisión.

Frecuencia de riego: una o dos veces por semana al inicio de la siembra, todos los días cuando están desarrollándose las hojas, dos o tres veces por semana hacia el final del proceso. (*Salcedo, 2021*)

1.1.16. Variedades de espinaca

1.1.16.1. Chikara

La variedad Chikara es de crecimiento vigoroso con resistencia a Fusarium raza 1, 3, 4, 5. Su hoja es redonda de color verde oscuro, con un ciclo o precocidad de 45 a 60 días, se la siembra todo el año y con una densidad de siembra de 8kg/ha. (*AgroBesser, 2017*)

1.1.16.2. Samos

La variedad Samos es muy productiva, con hojas verdosas y grandes de gran productividad, resistente al mildiu y tolerante al virus del mosaico del pepino.

1.1.16.3. Viroflay

Variedad de hojas anchas color verde oscuro, de ciclo rápido. Puede empezar a cosecharse a los 45 ó 50 días de su siembra, estando en aprovechamiento mucho tiempo sin endurecerse. Muy apta para el transporte, siendo nuestra selección resistente a la amarillez. (*Battle, 2000*)

1.1.16.4. Lagos

Se cultiva como anual, las plantas se propagan a través de semillas, es planta herbácea. La espinaca de Lagos requiere un suelo húmedo y bien drenado que sea rico en materia orgánica a pleno sol o sombra parcial. Dependiendo de la variedad y la fertilidad del suelo, las plantas pueden crecer hasta 6 ½ pies 2 m. Pero son más comúnmente alrededor de 3 pies poco menos de un metro de altura. (*Celosia, 2021*)

1.1.16.5. Bloomsdale Longstanding

Esta es una popular espinaca de saboya de crecimiento medio. Tiene el clásico verde oscuro, hojas arrugadas y produce de forma proliferativa. El tiempo de maduración es de 48 días. (*Montero, 2020*)

1.1.16.6. Regimiento

Otra saboya, esta es una gran variedad para la cosecha de espinacas bebé. Están listas

para recoger en unos 37 días. (*Montero, 2020*)

1.1.16.7. Espacio

Esta variedad híbrida tiene hojas lisas y crece rápidamente. Se deshoja menos fácilmente que otros tipos de espinacas de hojas lisas. Es una buena espinaca para congelar. (*Montero, 2020*)

1.1.16.8. Gatito rojo

Una espinaca de rápido crecimiento, este tipo tiene venas y tallos rojos. Madura en sólo 28 días. (*Montero, 2020*)

1.1.16.9. Verano Indio

El Verano Indio es una espinaca de hojas lisas. Madura en 40 a 45 días y es una buena opción para la producción de temporada. Con la plantación de sucesión, puede obtener hojas en primavera, verano y otoño. (*Montero, 2020*)

1.1.16.10. Double Take

Esta variedad es lenta de empernar y produce una hoja muy sabrosa. Se puede cultivar para hojas pequeñas o para hojas maduras. (*Montero, 2020*)

1.1.16.11. Cocodrilo

El cocodrilo es una buena variedad de crecimiento lento para la parte más cálida del año. También es una planta compacta si tiene espacio limitado. (*Montero, 2020*)

1.1.17. Labores culturales

El aporque hace que se elimine las malas hiervas y deje el terreno en buen estado de estructura, puede repetirse varias veces hasta que las plantas cubran casi todo el suelo, esta operación puede hacerse a mano o mecánicamente.

1.1.17.1. Control de malezas

La espinaca es un cultivo que es muy susceptible a la competencia por malezas, dado su porte relativamente bajo que presenta, siendo, además, exigente en cuanto a fertilización y humedad del suelo. Por este motivo, la presencia de malezas afecta en

gran manera el desarrollo de este cultivo. Por lo general deben hacerse varias y frecuentes escardas manuales, a medida que aparecen las malezas. (*Unterladstatter, 2000*)

1.1.17.2. Deschuponado

El deschuponado se realiza con el fin de promover un mayor desarrollo de la planta, obtener hojas más grandes y libres para captar mayor radiación solar.

1.1.18. Cosecha

La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40-80 días tras la siembra. Puede efectuarse de dos formas principalmente:

1.1.18.1. Recolección manual

Consiste en ir cortando poco a poco las hojas más desarrolladas de la espinaca.

1.1.18.2. Recolección mecanizada

Las máquinas que se utilizan son unas segadoras que cortan las plantas a 2 o 3 cm. del suelo, dotados de una cinta transportadora, que traslada las hojas, cortadas hasta un remolque o contenedor. (*Borrego, 1995*)

1.1.19. Postcosecha

1.1.19.1. Calidad

Las espinacas, tanto en manojo como en hojas, deben estar uniformemente verdes, totalmente túrgidas, limpias y sin serios daños. En las espinacas en manojos, las raíces deben ser eliminadas y los pecíolos deben ser más cortos que la lámina de la hoja. (*Calderon, 2008*)

1.1.20. Plagas

Áfidos; el áfido es normalmente el enemigo más común de las plantas de espinaca. Los adultos y las ninfas se alimentan de jugos de plantas. Como resultado, terminamos con un producto que no se puede comercializar. (*Wikifarmer, 2021*)

Minadores; en su mayoría se alimentan de las hojas.

Babosas y caracoles; ambos aparecen muy a menudo en suelo empapado y atacan las hojas. Incluso pueden comer toda la planta si no los enfrentamos adecuadamente.

1.1.20.1. Control de Plagas

Existen varias formas de controlar las plagas, sin embargo, las más utilizadas son, de forma natural que, a través del uso de jabón de azufre, ajo cebolla, etc. y la otra a través de productos químicos como los plaguicidas.

1.1.21. Enfermedades

- **Virus del mosaico;** este virus puede infectar alrededor de 150 tipos diferentes de vegetales y plantas. Podemos identificarlo por la decoloración de las hojas. Las hojas infectadas se vuelven para tener manchas amarillas y blancas. La planta deja de crecer en tamaño y muere lentamente.
- **Mildiú lanoso;** es una enfermedad causada por el patógeno *Peronospora farinosa*. Podemos identificarlo mirando las hojas. Aparentan curvarse y tienen moho y cepas negras.
- **Tizón de la espinaca;** este virus infecta las hojas. Las hojas infectadas dejan de crecer y tienen un color amarillo a marrón.

1.2. HIDROPONÍA

1.2.1. Resumen histórico de la hidroponía

El cultivo de las plantas en agua, sin tierra no es un descubrimiento reciente, hace casi 300 años Woodward (en 1699) consiguió cultivar hierbabuena en agua y empezando la hidroponía con los profesores Sachs Knop (1860) de la universidad de Wurtzburg Alemania, quienes a partir del conocimiento científico desarrollado por De Saussure y Boussingault, logran por primera vez cultivar plantas en una solución nutritiva compuesta únicamente por minerales de naturaleza inorgánica desarrollándose así la *nutricultura*. (*biocultivoshidroponicos, 2013*).

Al no usar suelo, ya no se cuenta con el efecto amortiguador o buffer que brinda un suelo agrícola. Tiene también diversos problemas con la oxigenación de las raíces y no es algo que pueda llamarse limpio cuando se realiza a escala comercial. Para gente con

tiempo libre que quiere divertirse, para investigación, para demostraciones a alumnos sobre la esencialidad de ciertos elementos químicos, aun para quien quiera cultivar en un contenedor o una pequeña tina, para cultivar en naves espaciales o para cultivos a gran escala, presentará diversos niveles de complejidad, sobre todo si se quiere que sea una actividad económica y tenga bajo impacto ambiental. (Cillóniz, 2015)

1.2.2. Definición de la Hidroponía

La palabra hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua.

La hidroponía es un sistema de cultivo sin suelo que utiliza agua con nutrientes disueltos para el desarrollo de las plantas. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada, con los minerales necesarios para su desarrollo, disueltos en agua, se ha demostrado que las plantas pueden crecer en una solución mineral únicamente, o bien en un medio inerte, como arena lavada, grava o perlita, entre muchas otras. (Administrator, 2018)

La característica más importante de la técnica hidropónica es que en ninguna de las etapas de crecimiento se requiere del suelo fértil como soporte o fuente de nutrimentos del cultivo; la planta toma los nutrimentos directamente del agua, donde se encuentran disueltos. (Infoagro, 2023)

1.2.3. Ventajas del cultivo hidropónico

- No depende de fenómenos meteorológicos.
- Permite cultivar la misma especie ciclo tras ciclo.
- Rinde varias cosechas al año.
- Presenta buen drenaje.
- Mantiene el equilibrio entre aire, agua y nutrimentos.
- Mantiene la humedad uniforme y controlada.
- Ahorra en el consumo de agua.

- Facilita el control de pH.
- Permite corregir deficiencias y excesos de fertilizante.
- Admite mayor densidad de población.
- Logra productos de mayor calidad.
- Rinde más por unidad de superficie.
- Acorta el tiempo para la cosecha.
- Reduce los costos de producción.
- Facilita la limpieza e higiene de las instalaciones.
- Utiliza materiales nativos y de desecho.
- No requiere mano de obra calificada.
- Reduce la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión.
- Elimina el gasto de maquinaria agrícola.
- Recupera la inversión con rapidez.

1.2.4. Desventajas

- En cultivos comerciales, precisa tener conocimientos acerca de las especies que se siembran y de química inorgánica.
- Inversión inicial relativamente alta.
- Requiere mantenimiento y cuidado de las instalaciones, solución nutritiva, materiales, etc. (*Zarate, 2014*)

1.2.5. Aspectos a tomar en cuenta para la estructura NFT

1.2.5.1. Pendiente de los canales de cultivo

La pendiente longitudinal de los canales de cultivo permite el retorno de la disolución nutritiva al estanque colector. Lo recomendable es un 2% de pendiente.

En este caso se escoge una pendiente del 1%, tanto para los canales de cultivo, como para la tubería recolectora. (*Unileon, 2018*)

1.2.5.2. Longitud de los canales de cultivo

Para favorecer la oxigenación de las raíces los canales han de tener como máximo una longitud de 15 metros, a mayor longitud disminuye la concentración de oxígeno.

En este caso se opta por la elección de canales de PVC de 7 metros de largo. (*Unileon, 2018*)

1.2.5.3. Altura lámina de disolución

La lámina recirculante de la disolución nutritiva que pasa a través de los canales no debe alcanzar una altura superior a los 4 o 5 mm, para favorecer así la aireación de la disolución y de las raíces.

En este caso optamos por una altura de lámina de 4 mm, a lo largo del canal de cultivo. (*Unileon, 2018*)

1.2.5.4. Oxigenación de la disolución nutritiva

Las plantas cultivadas con esta técnica obtienen oxígeno desde la disolución nutritiva y desde la superficie radical expuesta a la atmósfera dentro de los canales de cultivo.

La solución nutritiva se oxigena principalmente al caer abruptamente sobre el remanente de disolución en el estanque colector, donde se produce la turbulencia. Así se recomienda permitir la mayor distancia posible entre la desembocadura de la tubería colectora y el nivel de disolución en el estanque. (*Unileon, 2018*)

1.2.6. Características de los minerales

Los investigadores en fisiología vegetal descubrieron en el siglo XIX que las plantas absorben los minerales esenciales por medio de iones inorgánicos disueltos en el agua. En condiciones naturales, el suelo actúa como reserva de nutrientes minerales, pero el suelo en sí no es esencial para que la planta crezca. Cuando los nutrientes minerales de la tierra se disuelven en agua, las raíces de la planta son capaces de absorberlos.

Hoy en día, esta actividad está alcanzando un gran auge en los países donde las condiciones para la agricultura resultan adversas. Combinando la hidroponía con un buen manejo del invernadero se llegan a obtener rendimientos muy superiores a los que se obtienen en cultivos a cielo abierto. *(Cillóniz, 2015)*

1.2.7. Características de la solución nutritiva

Una solución nutritiva es, por definición, una solución acuosa que contiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes minerales esenciales, necesarios para el normal crecimiento de las plantas, totalmente dissociados. El éxito del cultivo hidropónico está determinado por la constitución de dicha solución nutritiva, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH.

Es necesario conocer la calidad del agua a utilizar para la preparación de la solución nutritiva, debiendo chequearse previamente la cantidad de cationes presentes para verificar el grado de dureza de la misma. *(Carbone, 2015)*

1.2.8. Disponibilidad de oxígeno

La disponibilidad de O_2 juega un rol fundamental en la absorción iónica. La restricción de este elemento por estancamiento en los sustratos hidropónicos o la falta de aireación puede producir acumulación de CO_2 en el medio radicular.

Los bajos niveles de O_2 en la solución nutritiva disminuye la disponibilidad de Fe en los sistemas NFT, asociándose con acumulaciones de Mn en las hojas de las plantas, inhibiendo además la absorción de iones K y NO_3 . Esto producirá síntomas de deficiencias que se observarán visualmente. La disponibilidad de O_2 en la solución nutritiva es fundamental para el normal crecimiento y funcionamiento de las raíces.

1.2.9. Influencia de la temperatura

Los órganos vegetales que están sumergidos en agua deben vivir en condiciones de temperatura adecuadas ya que incrementos excesivos afectan el metabolismo celular, llegando incluso a la muerte de los mismos. La disponibilidad de oxígeno es fundamental para la vida celular y este compuesto se disuelve mejor en aguas frías que calientes.

1.2.10. Tipos de sistemas hidropónicos

1.2.10.1. Sistema hidropónico (NFT)

El sistema de cultivo por NFT (Nutrient Film Technique) que traducido al español significa "la técnica de la película nutriente", es una de las técnicas más utilizadas en la hidroponía, la cual se basa en la circulación continua o intermitente de una fina lámina de solución nutritiva a través de las raíces del cultivo, sin que éstas por tanto se encuentren inmersas en sustrato alguno, sino que simplemente quedan sostenidas por un canal de cultivo, en cuyo interior fluye la solución en donde no existe pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se considera un sistema de tipo cerrado.

El principio del sistema consiste en recircular continuamente una solución nutritiva por una serie de canales de PVC de forma rectangular, llamados canales de cultivo. En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas, y estos canales están apoyados sobre mesas o caballetes con una ligera pendiente o desnivel que facilita la circulación de la solución. Luego la solución es recolectada y almacenada en un tanque. (*Incap, 2006*)

El sistema hidropónico horizontal es una estructura que permite cultivar en poco espacio, no depender del uso del uso del suelo y obtener resultados beneficiosos y totalmente productivos, como también ecológicos. (*Ortega, 2021*)

1.2.10.2. Sistema hidropónico de raíz flotante

En este método, las plantas se encuentran en una lámina o balsa -generalmente de unicel- que flota sobre la solución nutritiva, de modo que sus raíces están sumergidas dentro de la solución. Una bomba de aire les proporciona a las raíces el oxígeno necesario para su óptimo desarrollo.

Éste es uno de los sistemas hidropónicos más simples y baratos y es muy popular en los salones de clases y en actividades con fines didácticos. Sin embargo, muy pocas plantas se desarrollan adecuadamente en este sistema, entre las que destacan la lechuga y otras hojas verdes. (*Verdegen, 2021*)

1.2.10.3. Sistema hidropónico aeroponía

En un tipo de sistema en el que el medio de cultivo es el aire. Es un sistema de cultivo sin suelo, en el que las plantas reciben el agua y los nutrientes a través de una solución acuosa que se nebuliza en el aire formando un rocío o fina niebla, formada por minúsculas gotitas. Este rocío llega hasta las raíces de las plantas, aportándoles el agua y nutrientes que necesitan. (*Garcia, 2023*)

1.2.10.4. Sistema hidropónico de flujo y reflujo

En un sistema de flujo y reflujo se inundan temporalmente las charolas de crecimiento con solución nutritiva y luego ésta es drenada de vuelta al depósito. El flujo se provoca mediante una bomba conectada a un timer que se activa varias veces al día. Cuando ésta deja de funcionar, la solución fluye de vuelta al depósito. (*Verdegen, 2021*)

Este sistema hidropónico tiene la gran ventaja de que puede implementarse con muchos tipos distintos de sustrato y que permite el crecimiento de varias especies vegetales. Sin embargo, es importante asegurarse de que la bomba funciona adecuadamente.

1.2.10.5. Sistema hidropónico por goteo

En estos sistemas de riego, un timer controla una bomba que hace que la solución nutritiva gotee sobre la parte inferior de las plantas. En algunos de estos sistemas, es posible recuperar el exceso de solución nutritiva para reutilizarla, mientras que en otros el exceso de solución se desecha.

Aunque un sistema hidropónico de recuperación permite aprovechar los nutrientes de manera más eficiente, es más fácil controlar el pH y la concentración de los nutrientes en un sistema sin recuperación de solución nutritiva. (*Verdegen, 2021*)

1.2.11. Nutrición de las plantas

Para la preparación de la solución nutritiva se recomienda utilizar productos que presentan una alta solubilidad, una mayor pureza y que introduzcan una menor cantidad de elementos que pueden ser tóxicos para las plantas.

Los 16 elementos considerados como esenciales para el desarrollo y crecimiento de las hortalizas, se dividen en macronutrientes, requeridos en grandes cantidades y los micronutrientes, requeridos en menor cantidad.

Cuadro No.2: Macronutrientes y micronutrientes

ELEMENTO	SÍMBOLO	PESO ATÓMICO
Hidrogeno	H	1
Carbono	C	12
Oxigeno	O	16
MACRONUTRIENTES		
Nitrógeno	N	14
Fosforo	P	39
Potasio	K	40
Calcio	Ca	24,3
Magnesio	Mg	31
Azufre	S	32,7
MICRONUTRIENTES		
Cloro	Cl	35,46
Boro	B	10,8
Hierro	Fe	55,85
Manganeso	Mn	55
Zinc	Zn	65,4
Cobre	Cu	63,5
Molibdeno	Mo	96

Fuente: (Resh, 2005)

1.2.12. Funciones de los elementos nutritivos en las plantas

Los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento saludable de las plantas, 13 son nutrimentos minerales. Ellos en condiciones naturales de cultivo (suelo), entran a la planta a través de la raíz. El déficit de solo uno de ellos limita o puede disminuir los rendimientos y, por lo tanto, las utilidades para el cultivador.

Los elementos nutritivos para las plantas son los siguientes:

ELEMENTO	ABSORBIDO EN FORMA	FUNCIONES
Nitrógeno	NO ₃ y NH ₄	Da el color verde intenso a las plantas. Fomenta el rápido crecimiento. Aumenta la producción de hojas. Mejora la calidad de las hortalizas.
Fosforo	P ₃ O ₅	Estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces. Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos. Ayuda a la formación de semillas.
Potasio	K ₂ O	Otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas. Ayuda a la producción de proteína de las plantas. Aumenta el tamaño de las semillas. Mejora la calidad de los frutos. Ayuda al desarrollo de los tubérculos.
Calcio	Ca O	Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas
Magnesio	Mg O	Es componente esencial de la clorofila. Es necesario para la formación de los azúcares. Ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes. Actúa como transportador del fósforo dentro de las plantas.
Cobre	Cu	El 70% se concentra en la clorofila y su función más importante se aprecia en la asimilación.
Boro	B	Aumenta el rendimiento o mejora la calidad de las frutas, verduras y forrajes, está relacionado con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar dentro de las plantas.
Hierro	Fe	No forma parte de la clorofila, pero está ligado a su biosíntesis.
Magnesio	Mg	Acelera la germinación y la maduración. Aumenta el aprovechamiento del calcio, magnesio y el fósforo. Cataliza en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.
Molibdeno	Mo	Es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.

Fuente: (Huterwal, 1991)

1.2.13. Factores a considerar en la producción de cultivos hidropónicos

1.2.13.1. Calidad de agua

El agua es uno de los elementos que más nos puede limitar en la hidroponía cuando la calidad no es buena. principalmente porque en la hidroponía utilizamos sustratos inertes (sin nutrientes) y/o una solución nutritiva que proporciona todos los minerales necesarios para el desarrollo de las plantas, pero estos deben ser disueltos en agua de calidad para que no cambie la composición química de la solución y todos los nutrientes se encuentren disponibles para las plantas en todo momento. (*Others, 2023*)

El agua en hidroponía debe de ser potable de buena calidad y con bajos contenidos de cloro, el cual en concentraciones altas causa toxicidad a la planta. Se debe evitar el uso de aguas duras, ya que estas contienen calcio y magnesio. (*Resh, 2005*)

1.2.13.2. Temperatura

Una característica de la NFT, es la facilidad con la que la temperatura de la raíz puede ser manipulada para satisfacer los requerimientos de los cultivos. Es importante mantener las soluciones entre 13 y 15°C con el fin de prevenir una absorción reducida de nutrimentos. (*Resh, 2005*)

1.2.13.3. pH

El control del pH es muy importante, ya que, si este se encuentra en el rango adecuado, permite la asimilación y disponibilidad de los nutrientes para nuestras plantas. De lo contrario se acumularían en el sustrato en forma de sales insolubles y las plantas no lo podrían aprovechar o se intoxicarían, en ambos casos el producto final sería una planta enferma o la muerte de la misma.

El rango de los valores de pH para la asimilación de los nutrientes, en la mayoría de las plantas es de 5.5 a 7.5 con un óptimo de 6.5 a 7. (*Others, 2023*)

Al cultivo de espinaca no le convienen valores del pH inferior a 6, Los suelos excesivamente alcalinos pueden provocar problemas de clorosis férrica. Los suelos

ácidos originan un cierto enrojecimiento peciolar, resistente a la salinidad. (*Borrego, 1995*).

1.2.13.4. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un parámetro relacionado con el total de sales disueltas en el agua que permitirá conocer si nuestra solución excede o carece de la cantidad de nutrientes para nuestros cultivos.

El rango de electro conductividad recomendable es de 1.5 mS a 3 mS o de 750 a 1500 ppm. Por debajo de este rango, la planta podría tener carencias nutricionales, así que le debe agregar solución nutritiva (minerales), hasta que llega al rango antes mencionado, si el medidor marca arriba de 3 mS o 1500 ppm entonces se debe agregar agua a la solución para diluir la cantidad de sales. (*Others, 2023*)

Si la solución nutritiva supera el rango óptimo de conductividad eléctrica se debe agregar agua, caso contrario si se encuentra por debajo del rango óptimo deberá renovarse totalmente. La medición de este parámetro se puede realizar con un medidor portátil denominado conductímetro, el cual debe calibrarse según las indicaciones de su proveedor, para evitar errores en el manejo de la solución. (*Rodriguez, 2004*)

1.2.13.5. Oxígeno disuelto en la solución nutritiva

La falta de oxígeno en el agua provoca que las raíces se degraden y se vuelvan más susceptibles al ataque de patógenos, en muchos casos se puede propiciar la muerte de la planta. Por eso es necesario que el agua se encuentre bien oxigenada para facilitar el intercambio gaseoso, promoviendo el desarrollo de las raíces y algunos procesos de las plantas para su crecimiento. (*Others, 2023*)

La falta de oxigenación produce la fermentación de la solución y como resultado la pudrición de la raíz, originada por la aparición de microorganismos. Una raíz sana y bien oxigenada debe ser blanquecina, de lo contrario esta se torna oscura debido a la muerte del tejido radicular. La oxigenación puede ser manual (agitando la solución manualmente por algunos segundos por lo menos dos veces al día, cuando las

temperaturas son altas se requiere mayor oxigenación) o mecánica mediante una compresora, inyectando aire durante todo el día. (Rodríguez, 2004)

1.2.13.6. Vida útil de la solución

La vida útil de la solución nutritiva dependerá de las correcciones oportunas que se hagan durante las lecturas de pH, CE y el nivel de agua, como también se tiene rangos de 15 a 30 días, según el suministro de nutrientes de un cultivo. (Guzman, 2004)

1.2.13.7. Resultados de otras tesis similares al trabajo de investigación

Evaluación de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea L.*) a diferentes densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), en el centro experimental de cota cota.

Para las dos variedades en estudio, quien resultó tener mayor rendimiento fue la variedad Quinto con un 55,6 g/planta, a diferencia de la variedad Viroflay que alcanzó rendimientos menores a comparación de la variedad Quinto. Deduciendo que el tipo de variedad tuvo un efecto directo en el rendimiento, se sospecha que las características no fueron del todo favorables afectando de manera directa al cultivo

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado no significativo, lo que indica que las densidades no influyeron de ninguna manera en el prendimiento del cultivo en el sistema NFT. Para variedades dió como resultado no significativo, deduciendo que el tipo de variedad no influye en el porcentaje de prendimiento. Como también en la interacción de las variedades y densidades dió como resultado no significativo, deduciendo que cada factor actuó de manera independiente. Esto indica que los factores de temperatura, intensidad lumínica, variedades, densidades y la interacción de factores no influyeron en la variable porcentaje de prendimiento siendo esta variable independiente de estos factores.

Según la comparación de medias Duncan que se detalla, la mejor densidad de trasplante fue la D1 (15 cm x 15 cm), con un aproximado de 12 hojas promedio, seguidamente D2 (20 cm x 20 cm) y D3 (25 cm x 25 cm) con un número de hojas estadísticamente

similares a 11 hojas promedio. La peor densidad fue la D4 (30 cm x 30 cm) con 10 hojas en promedio.

Afirmando en la presente investigación, donde la Variedad Viroflay obtuvo menor largo de hoja, a diferencia de la variedad Quinto, debido a la procedencia de la semilla o características no aptas para estas condiciones.

Respecto al rendimiento del cultivo se tiene a la D1 (15 cm x 15 cm) que alcanzó un rendimiento promedio de 58,54 gr/planta como la mejor, a diferencia de la D4 (30 cm x 30 cm) que obtuvo un promedio de 51,48 gr/planta. Para variedades se tiene a Quinto con 55,6 g/planta como la mejor variedad, y como la que menores rendimientos alcanzó a la variedad Viroflay. De igual manera la variedad Viroflay no tuvo un normal consumo de los nutrientes.

Fuente: *(Ticona, 2016)*

Comportamiento agronómico de seis variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) con la técnica hidropónica nft en el centro experimental de cota – cota

El experimento fue realizado en la carpa de Horticultura del Centro Experimental de Cota – cota de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés en la ciudad de La Paz. De acuerdo a los resultados obtenidos, la variedad de espinaca que mejor se adaptó al sistema hidropónico NFT a los 80 días después de la siembra (DDS) fue la variedad Majestic y Quinto con un rendimiento de 1626,35 g/m² y 1572,16 g/m² respectivamente, seguida por las variedades Skokum con 1339,84 g/m² y Viroflay con 1264,96 g/m². Según los resultados obtenidos a 110 DDS, se presentan 3 niveles de rendimientos diferenciados: en primer lugar, tenemos a la variedad Quinto con 1739,4 g/m² luego tenemos a Viroflay con 1540,7 g/m² como tercer puesto tenemos a las variedades Skokum y Bolero con 1394,1 g/m² y 1289,9 g/m² respectivamente. Las variedades de espinaca que presentaron mayor largo de hoja a los 80 días fueron Viroflay, Majestic y Quinto con 25 cm, y a los 110 días después de la siembra fueron las variedades Quinto y Scoku con 16,9 cm y 15,37 cm de largo respectivamente. La variedad de espinaca que presentó mayor ancho de hoja a los 80 días después de la siembra, fue la variedad Viroflay con 8,93 cm de largo.

Y a los 110 días fueron las variedades Scoku y Quinto, con 9,27 cm y 8,59 cm respectivamente. La variedad New Zelanda Presento el mayor número de hojas con relación a las demás, 28,5 unidades de hoja en promedio. Las variedades de espinaca que presento mayor área folial fue la variedad Quinto, con 1167,767 cm² a 80 DDS y 1028,65 cm² a los 110 DDS.

La variedad Skokum fue la de mayor rendimiento con relación al peso de hojas de cultivo con 798,54 g/m² a los 80 días y con 656,17 g/m² a los 110 días de la siembra. La variedad Majestic presento la mayor velocidad de desarrollo, pudiendo ser cosechada en menos días con relación a las demás variedades.

Fuente: (Santana, 2016)

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

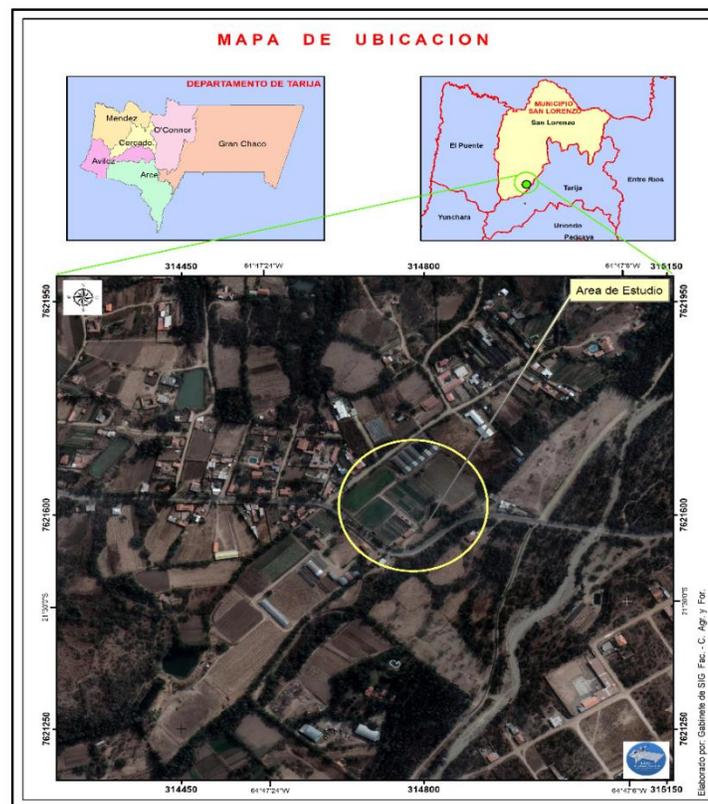
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

2.1.1. Localización de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico Eustaquio Méndez de la comunidad de Coimata, provincia Méndez del Departamento de Tarija.

El Instituto Tecnológico Eustaquio Méndez de Coimata se ubica a una distancia aproximada de 7 km al nor oeste de la ciudad de Tarija, entre el camino intercomunal Tomatitas – Coimata. Sus coordenadas geográficas son $64^{\circ}47'20''$ de longitud Oeste y $21^{\circ}29'57''$ de latitud Sud, con una altitud promedio de 2.027 m.s.n.m.



Como se ve en la imagen se puede observar parcelas, el punto referencial del círculo se encuentra el Instituto Tecnológico Eustaquio Méndez de Coimata, a lado está el Centro Experimental de Coimata, área de estudio, perteneciente a la Institución de SEDAG de Tarija, como también existe un camino que se conecta con Tomatitas rumbo a la ciudad de Tarija.

2.1.1.1. Condiciones climáticas de Coimata

La zona se caracteriza por tener un clima templado semiárido con temperaturas medias. Las condiciones climáticas de la comunidad de Coimata donde se realizó el presente trabajo, cuentan con una temperatura máxima media de 25. 4° C, una temperatura mínima media de 9. 4° C, con una precipitación anual de 685,6 mm. Distribuidos en un periodo lluvioso entre noviembre a febrero, finalmente una humedad relativa de 65%.

Cuadro No.3: Resumen climatológico

Período Considerado: 1980 - 2022														
Estación: COIMATA Provincia: MENDEZ Departamento: TARIJA										Latitud S.: 21° 29' 57" Longitud W.: 64° 47' 20" Altura: 2.027 m.s.n.m.				
Índice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	26,0	25,4	25,2	24,7	24,1	24,1	24,3	25,5	26,0	27,0	26,4	26,2	25,4
Temp. Min. Media	°C	13,9	13,5	12,9	10,5	6,2	3,2	2,9	4,7	7,4	10,9	12,1	13,5	9,3
Temp. Media	°C	20,0	19,4	19,0	17,6	15,1	13,7	13,6	15,1	16,7	18,9	19,3	19,8	17,4
Temp.Max.Extr.	°C	34,8	35,2	35,0	35,0	36,4	35,0	35,8	35,8	37,0	37,0	38,8	36,8	38,8
Temp.Min.Extr.	°C	7,3	2,2	2,3	-2,6	-6,4	-9,8	-10,5	-8,7	-6,2	0,0	-1,0	4,8	-10,5
Días con Helada		0	0	0	0	2	6	7	4	1	0	0	0	20
Humed. Relativa	%	72	74	75	71	66	58	56	55	56	60	64	69	65
Nubosidad Media	Octas	6	6	6	5	3	3	2	2	3	5	5	6	4
Insolación Media	Hrs	5,4	5,3	5,1	5,9	6,8	7,1	7,5	7,9	7,2	6,4	5,9	5,3	6,3
Evapo. Media	mm/día	4,04	4,17	3,90	3,30	2,82	2,86	2,84	3,78	4,34	4,85	4,75	4,88	3,88
Radiación Solar	cal/cm2/día	463,1	432,8	411,0	372,0	353,3	354,2	368,8	396,1	428,1	454,5	436,8	456,8	410,6
Precipitación	mm	154,1	132,3	105,3	27,8	3,0	0,5	0,8	2,4	10,2	37,9	68,1	143,2	685,6
Pp. Max. Diaria	mm	81,0	79,0	72,8	53,4	13,4	5,8	10,0	27,1	39,2	45,8	63,0	71,6	81,0
Días con Lluvia		14	12	10	4	1	0	0	1	2	6	9	12	72
Velocidad del viento	km/hr	4,7	4,5	4,5	4,8	5,3	5,3	5,7	6,2	6,0	6,3	5,6	5,2	5,3
Dirección del viento		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Fuente: SENAEMI, 2022

2.1.1.2. Fisiografía

La comunidad de Coimata tiene paisajes dominantes con terrazas aluviales y piedemontes, se caracterizan por tener un relieve plano o casi plano, con material reciente de granulometría media a fina; arcillas aluviales, cuenta con ríos y colinda con cerros que es la reserva de cordillera de sama y que es parte de la reserva, ubicadas al pie de la serranía de Sama, de donde escurren aguas de alta torrencialidad. El aumento de la disponibilidad de nutrientes en un grado en todos los componentes de todas las unidades de tierra. (*ZONISIG, 2001*)

2.1.1.3. Suelo

Los suelos generalmente son profundos, sin o con pocos fragmentos gruesos en el perfil y con disponibilidad de nutrientes moderada a baja. Se encuentran suelos finos, es decir limos y arcillas franco arenosos. En sitios puntuales se presentan valores moderados de salinidad o sodicidad. (*ZONISIG, 2001*)

2.1.1.4. Vegetación de la zona

La vegetación natural está compuesta por una diversidad de especies arbóreas como churquis distribuidos en las partes altas y plantas herbáceas, en las partes bajas se encuentran pinos, algarrobos, jarcas, sauces.

Otra vegetación que se tiene es casuarinas, nísperos, álamos, molles, frutales como duraznero, higueras y producción de flores.

2.1.1.5. Uso actual del suelo

El uso actual del suelo corresponde a cultivos agrícolas anuales a riego, flores y parcelas en descanso.

2.1.1.6. Aspectos socioeconómicos

Los aspectos económicos que hay en la comunidad de Coimata son los siguientes:

2.1.1.6.1. Principal Actividad Económica

La comunidad de Coimata tiene una vocación esencialmente agrícola, la economía gira en torno a este sector, cuenta con diferentes tipos de cultivos, así como los anuales como maíz, trigo, arveja, hortalizas, también cuenta con cultivos de riego como la producción de flores, los cuales se producen para el consumo, como y el excedente para llevar al mercado de Tarija.

2.1.1.6.2. Población

Coimata es una comunidad, de la provincia Méndez del Departamento de Tarija, Bolivia y tiene alrededor de 698 habitantes aproximadamente.

2.1.1.6.3. Accesibilidad

Los servicios con que cuenta en la actualidad la comunidad de Coimata cuenta con un sistema de Agua Potable administrada por la comunidad, energía eléctrica administrada por SETAR (Servicios Eléctricos de Tarija).

2.1.1.6.4. Vías de comunicación

La infraestructura caminera que existe hacia la zona nos permite tener buena accesibilidad desde la zona hasta la ciudad de Tarija, siendo esta una carretera asfaltada lo que facilita la comercialización de los productos agrícolas.

2.1.2. Material vegetal

Las variedades seleccionadas han sido elegidos por los siguientes motivos:

- La variedad 1(Chikara): Semilla híbrida de buen crecimiento.
- La variedad 2 (Samos): Semilla hibrida, semilla disponible.

2.1.3. Materiales para el almacigo

- Bandejas de germinación, sustrato
- Regadera, tijera

2.1.4. Materiales para la construcción del sistema hidropónico NFT

Los materiales que se utilizaran para la realización de la presente investigación fueron los siguientes:

Materiales	Unidad	Cantidad
Tubos PVC de 4" de diámetro	Pieza	14
Tubos de presión de 1" de diámetro	Pieza	5
Tubos de desagüe de 1 ½" de diámetro	Pieza	5
Tapón de desagüe de 4" de diámetro	Pieza	18
Tapón de presión 1" de diámetro	Pieza	3
Tapón de desagüe 1 ½" de diámetro	Pieza	3
Niple PVC Rosca de 1" de diámetro	Pieza	4
Tracaro de rosca/liso PVC de 1" de diámetro	Pieza	4
Codo PVC de presión 1" de diámetro	Pieza	14
Te PVC de presión 1" de diámetro	Pieza	3
Te de desagüe de 1 ½" de diámetro	Pieza	2
Unión universal PVC 1" Rosca	Pieza	3
Niple PVC rosca de 1" de diámetro	Pieza	3
Mini válvula de 16mm para manguera ciega con goma	Pieza	9
Gomas	Pieza	9
Conectores iniciales de 16 mm con goma	Pieza	18
Manguera ciega de 16 mm	Metro	6
Codos de desagüe de 1 ½"	Pieza	6
Pegamento para tubo de presión	Pieza	2
Cinta teflón	Pieza	6
Canastillos	Pieza	216
Tinaco- tanque de agua de 450 L	Pieza	1
Esponja de 2 x 1m	Pieza	1
Filtro con válvula de retención	Pieza	1
Caballetes para soporte de tubos PVC	Pieza	12
Interruptor	Pieza	1
Bomba eléctrica de 0.5 HP	Pieza	1
Temporizador digital	Pieza	1

Puntales de 3m	Pieza	5
Puntales de 2.5 m	Pieza	5
Alambre galvanizado	Kilo	1/2
Tezador de alambre	Pieza	3

2.1.5. Material de campo

- Pala
- Picota
- Flexómetro, lija
- Cuaderno de registro
- Cámara fotográfica
- Guantes
- Malla media sombra
- Hilo para tutorado

2.1.6. Material de escritorio

- Lápiz
- Computadora
- Hojas
- Calculadora
- Cuaderno

2.1.7. Solución nutritiva

- Nitrato de potasio
- Nitrato de calcio
- Fosfato monoamónico
- Sulfato de magnesio
- Micronutrientes

2.2. MÉTODOLÓGIA

2.2.1. Diseño experimental

Para efectuar la presente investigación se utilizará el diseño experimental completamente al azar, bifactorial (2×3) con 6 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 18 unidades experimentales.

2.2.2. Descripción de los factores

Para efectuar la investigación se consideró 2 factores los cuales son: el factor V que contiene (dos variedades de espinaca, Chikara y Samos), el factor D refiriendo a las tres densidades, por lo cual hacen un total de seis tratamientos.

- **Factor V: Variedades de espinaca *Spinacea olerácea L.***

V1: Chikara

V2: Samos

- **Factor D: Densidades**

D1= 20 cm

D2 = 25 cm

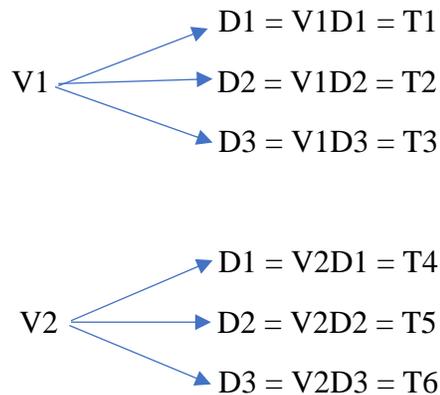
D3 = 30 cm

En base a recomendaciones de Docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Carrera de Ingeniería Agronómica, nos basamos en estas densidades de 20 cm, 25 cm, 30 cm para tener un manejo correcto de distancias de planta a planta, mejor producción en cultivo hidropónico en malla media sombra.

También se ha consultado tesis de cultivos en hidroponía con diferentes densidades con el cultivo de la espinaca, se pudo verificar que las densidades más aptas son de 20 a 30 cm, que daría un mejor resultado utilizando estas densidades más precisas y mayor

crecimiento adecuado de la planta de espinaca en estructura horizontal en cultivo hidropónico en malla media sombra.

2.2.3. Tratamientos



2.2.4. Unidad experimental

Para el área de estudio, el primer bloque para cada unidad experimental del sistema hidropónico NFT, fue de 3 metros lineales, con una producción de plantas de espinaca de 14 plantas, la distancia de planta a planta es de 20cm. El segundo bloque para cada unidad experimental fue de 3 metros lineales, con una producción de plantas de espinaca de 12 plantas, la distancia de planta a planta es de 25 cm. El tercer bloque para cada unidad experimental fue de 3 metros lineales, con una producción de plantas de espinaca de 10 plantas, la distancia de planta a planta es de 30 cm.

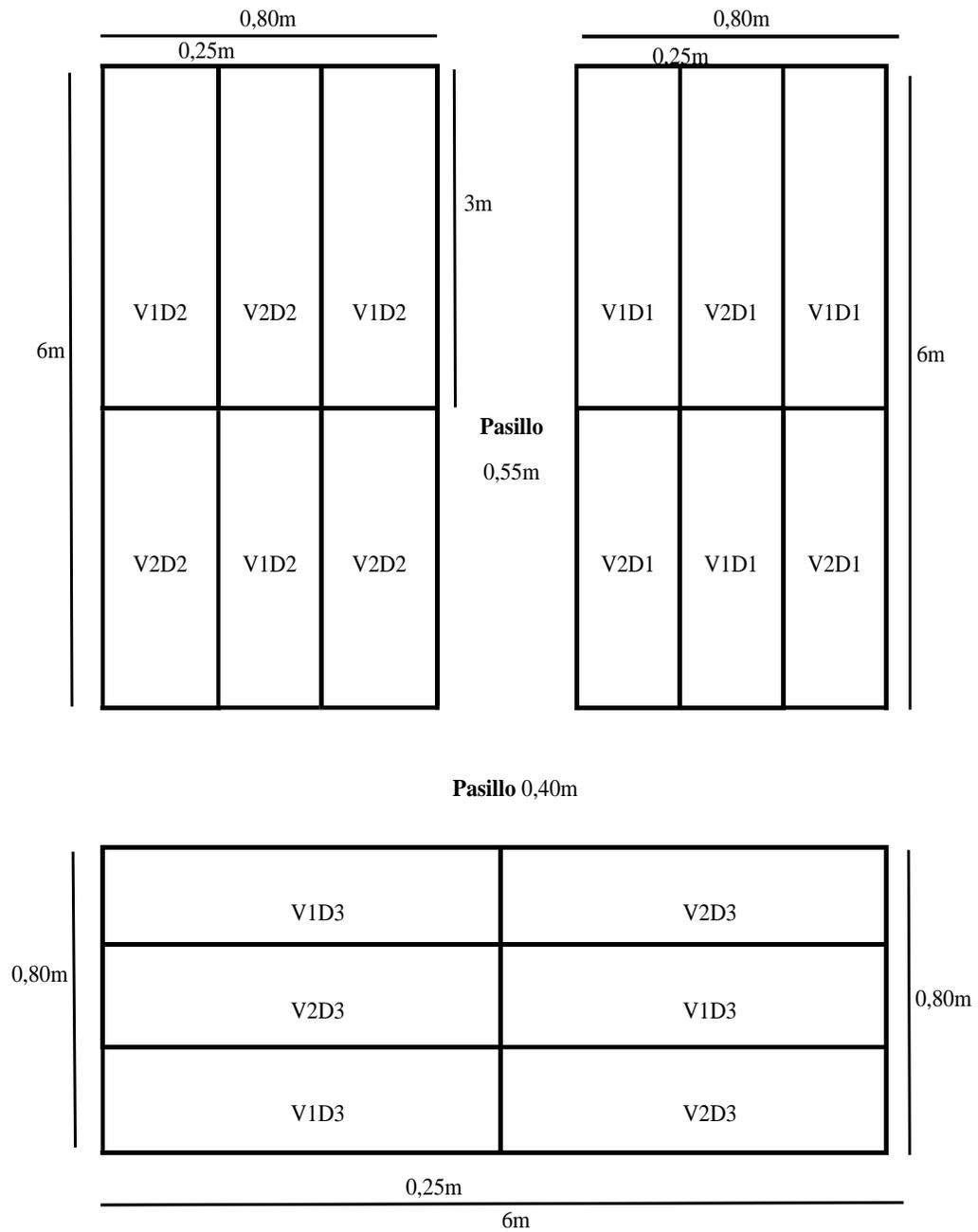
2.2.5. Características del área experimental

La distribución de las unidades experimentales se realizó con malla media sombra teniendo las siguientes dimensiones:

- Largo de la malla media sombra: 8 m
- Ancho de la malla media sombra: 7 m

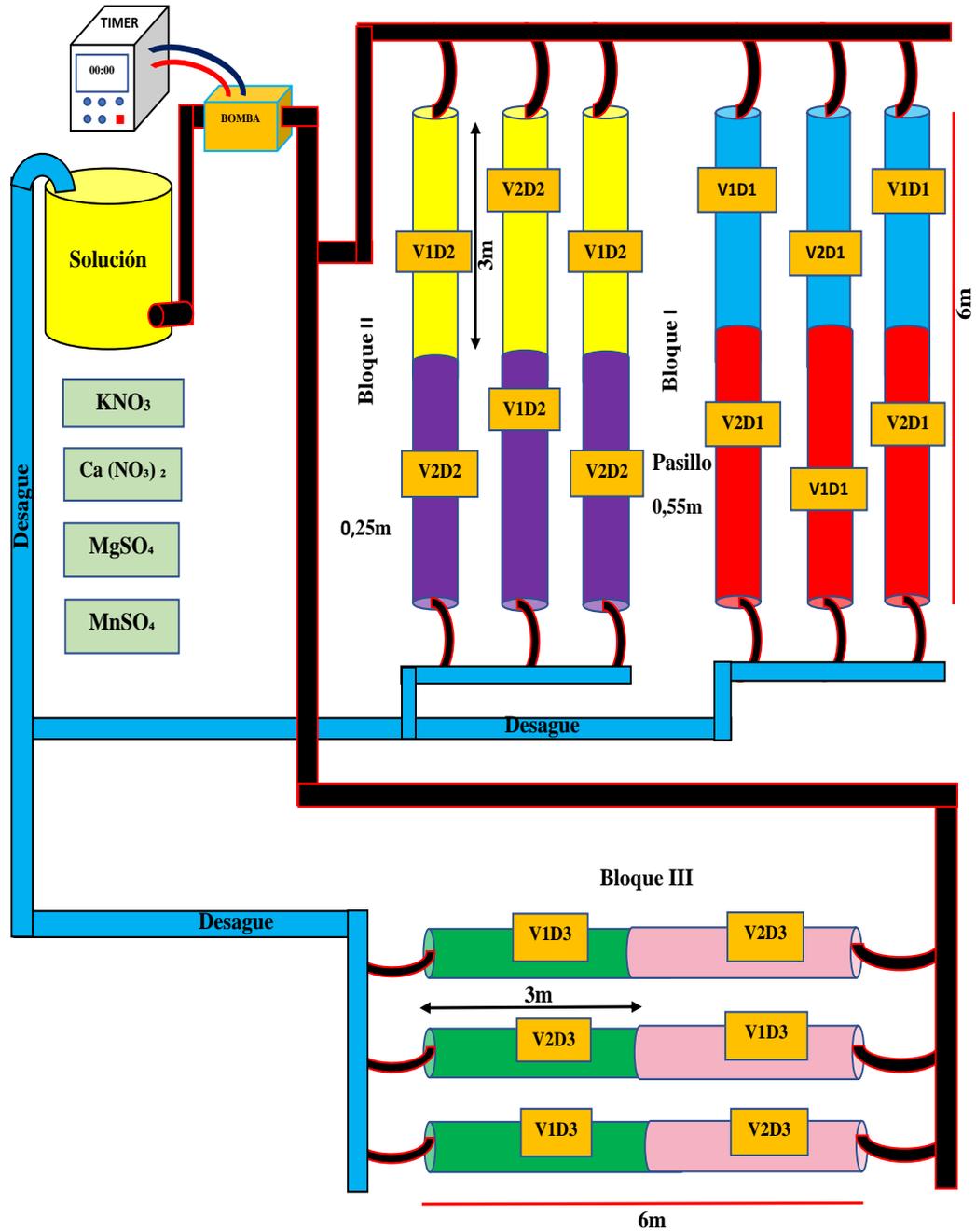
- Largo de la estructura horizontal: 6 m
- Ancho de la estructura 0,80 m
- Altura de la estructura: 1 m

2.2.6. Croquis del experimento



Fuente: Elaboración propia

2.2.7. Diseño del sistema NFT, en estructura horizontal



Fuente: Elaboración propia

2.2.8. Procedimiento experimental

El procedimiento metodológico de la presente investigación se presenta en siguiente cuadro:

Cuadro No.4: Cronograma de actividades

Actividades	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Limpieza del terreno		X				
Colocado de la malla media sombra para la instalación del sistema hidropónico		X				
Construcción e instalación del sistema NFT		X				
Instalación del temporizador		X				
Análisis de agua		X				
Almacigado de la semilla		X				
Trasplante o post almacigo			X			
Preparación de la solución nutritiva				X		
Manejo del pH en la solución de nutrientes				X		
Manejo de la conductividad eléctrica				X		
Monitoreo del cultivo				X	X	
Cosecha					X	

2.2.8.1. Limpieza del terreno

Se hizo una limpieza en el lugar de la investigación (terreno), desyerbe o retiro de malezas.

2.2.8.2. Construcción de la malla media sombra para la instalación del sistema hidropónico

Se colocó puntales de madera, 6 puntales con dimensiones de medida de 3 metros de largo, 4 puntales con medida de 2,5 metros de largo para la base de la malla media sombra, seguidamente se colocó el alambre galvanizado de punta a punta de los palos de madera, luego se procedió a colocar la malla media sombra que tenía de largo 8 m y de ancho 7 m, se tensó con teizador la malla media sombra.

2.2.8.3. Construcción e instalación del sistema NFT

Para una adecuada instalación del trabajo de investigación se siguieron los siguientes pasos:

a) Excavación para el tanque de agua

Se realizó una excavación de suelo para colocar el tanque de agua, que almacenará la solución nutritiva a través del periodo de cultivo, el tanque de agua se colocó a 1 metro de profundidad y con un diámetro de 1,60 metros.

b) Nivelación del suelo para la estructura

Se realizó la nivelación suelo para la ubicación de la estructura dejando el suelo plano para luego posteriormente armar la estructura horizontal.

c) Construcción de la estructura horizontal

Para construir esta estructura se armó el soporte con tubo 20x20, con medidas: 0,80 metros de largo, 0,60 metros de ancho y 1 metro de altura lo cual fueron 12 caballetes, se colocó 0,30 metros bajo suelo, con 1,70 metros de distancia de caballete a caballete.

d) Construcción de los canales de cultivo

Para los canales de cultivo, se utilizó 9 tubos PVC de 4" de diámetro, con un largo de 6 metros y se abrieron orificios de 5 cm de diámetro para las plantas, con las respectivas densidades de 20cm, 25cm y 30cm entre planta a planta. Los canales de cultivo en los dos extremos se taparon con tapón de 4" de diámetro para evitar el derrame de agua.

e) Tanque recolector

Se instaló un tanque de 450 L y que se hizo la conexión con la bomba de 0,5 HP lo cual el tanque recolector fue un sistema de distribución de nutrientes y sistema de retorno, que fue un factor importante para el cultivo de la espinaca hidropónica.

f) Instalación del sistema de distribución

El canal de distribución se construyó con tubos PVC de presión de 1" de diámetro, conectado con la bomba que hará recircular los nutrientes por los canales de cultivo, después se procedió a la instalación de los tubos repartidores de la solución, colocando conectores iniciales con goma con sus respectivos emisores, posteriormente se utilizó codos de presión de 1" de diámetro, de la misma manera Te de presión de 1" de diámetro para la distribución de los canales de cultivo.

g) Instalación del sistema de retorno

Para el sistema de retorno que está junto a la estructura horizontal se utilizó tubos de PVC de 1 ½" de diámetro al final de los canales de cultivo. Debidamente se utilizó codos de 1 ½" de diámetro colocados con tubos de PVC de la misma medida y con Te de desague de 1 ½" para unir todos los canales de cultivo para el retorno de la solución nutritiva al tanque recolector.

h) Bomba de agua

La bomba de agua tendrá una potencia de 0,5 HP, la cual se instaló en el tanque recolector, de esa forma a través de la bomba distribuía el caudal de la solución nutritiva a los canales de cultivo.

2.2.8.4. Instalación del temporizador

Se instaló un temporizador con programación en base al circuito arduino, siguiendo la siguiente programación de tiempo:

Cuadro No.5: Temporizador para el riego del sistema hidropónico NFT

Tiempo en min.		Tiempo parcial
Encendido	Apagado	
06:00 – 06:15	06:15 – 07:00	15 min
07:00 – 07:15	07:15 – 08:00	15 min
08:00 – 08:15	08:15 – 09:00	15 min
09:00 – 09:15	09:15 – 10:00	15 min
10:00 – 10:15	10:15 – 11:00	15 min
11:00 – 11:15	11:15 – 11:30	15 min
11:30 – 11:45	11:45 – 12:00	15 min
12:00 – 12:15	12:15 – 12:30	15 min
12:30 – 12:45	12:45 – 13:00	15 min
13:00 – 13:15	13:15 – 13:30	15 min
13:30 – 13:45	13:45 – 14:00	15 min
14:00 – 14:15	14:15 – 14:30	15 min
14:30 – 14:45	14:45 – 15:00	15 min
15:00 – 15:15	15:15 – 15:30	15 min
15:30 – 15:45	15:45 – 16:00	15 min
16:00 – 16:15	16:15 – 17:00	15 min
17:00 – 17:15	17:15 – 18:00	15 min
18:00 – 18:15	18:15 – 19:00	15 min
19:00 – 19:15	19:15 – 20:00	15 min
20:00 – 20:15	20:15 – 21:00	15 min
Tiempo total de riego diario		5 horas

Fuente: Elaboración propia

2.2.8.5. Análisis de agua

Se hizo el respectivo análisis de agua y los resultados fueron: es un agua de apariencia cristalina, con una conductividad eléctrica de 30,07 meq K*/ L, con un pH de 7,09 y se puede decir que la agua es apta para el riego. Tiene un bajo contenido de sodio.

2.2.8.6. Preparación de la solución nutritiva

Para la preparación de la solución se obtuvo del Instituto Eustaquio Méndez, se mezcló en un recipiente primero los micronutrientes y luego los macronutrientes, una vez preparada las soluciones nutritivas se incorporó al tanque recolector y se removió durante 10 a 15 minutos.

Para preparar 450 litros de solución nutritiva para el cultivo hidropónico se utilizan los siguientes fertilizantes:

Cuadro No.6:Detalle de la cantidad de nutrientes

	Fertilizante	Cantidad requerida
Solución concentrada "A"	(A1) Nitrato de potasio	286 gr
	(A2) Fosfato Monoamónico	58,5 gr
Solución concentrada "B"	(B1) Sulfato de Magnesio	193,5 gr
"B2" sales minerales fuente de micronutrientes	(B2) Ácido bórico	1,25 gr
	(B2) Sulfato de zinc	0,29 gr
	(B2) Sulfato de cobre	0,18 gr
	(B2) Sulfato de manganeso	1,8 gr
	(B2) Molibdato de amonio	0,04 gr
	(B3) Quelato de hierro (10%Fe)	4,5 gr
Solución concentrada "C"	(C1) Nitrato de Calcio	299,7 gr

Fuente: Instituto Eustaquio Méndez, 2023

2.2.8.7. Almacigo de la semilla

Para el almacigo se utilizó sustrato UNIVERSAL, en la cual se realizó la desinfección con almacigol, se llenaron las bandejas con el sustrato, seguidamente se pusieron las semillas de espinaca una en cada alveolo de la bandeja de la almaciguera cubriéndolo con un poco de sustrato, se regó con la regadera de esa forma habrá un proceso de germinación de la semilla.

2.2.8.8. Trasplante

El trasplante se realizó aproximadamente a los 20 a 25 días después del almacigo, los plantines trasplantados en los canales de cultivo, cada planta estaba con su esponja y dentro de los canastillos, respectivamente verificando que la raíz tenga contacto con la solución nutritiva que circulaba en el sistema NFT. Se trasplantó un total de 216 plantines de espinaca (*Spinacea oleracea* L.).

2.2.8.9. Manejo del pH en la solución de nutrientes

El pH recomendado según (*Others, 2023*) es de 5,5 a 6,5 valor óptimo para la absorción de nutrientes.

Con respecto al manejo del pH se hizo su debida revisión durante su ciclo del cultivo, antes de añadir las soluciones concentradas, se midió el pH del agua que era de 7,2 a 7,6 seguidamente se añadió las soluciones concentradas A, B y C , se tomaron los datos luego de preparar la solución nutritiva , donde se pudo apreciar que el pH era de 6,4 y a partir de la segunda semana el pH fue bajando a 5,7 lo cual estaba en el rango óptimo, es así que no se agregó otra solución para subir o bajar el pH.

2.2.8.10. Manejo de la conductividad eléctrica

Con respecto al manejo de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva según (*Others, 2023*). El rango de electro conductividad recomendable es de 1.5 mS a 3 mS o de 750 a 1500 ppm.

Se tomaron datos de la conductividad eléctrica, teniendo como resultado cambios a partir del quinto día, con reducción de 0.1 ms/cm por lo cual se añadió más solución concentrada A, B y C hasta alcanzar un rango de 2,5 a 3 ms/cm.

2.2.8.11. Monitoreo del cultivo

Se realizó el respectivo monitoreo del cultivo y no se observó enfermedades o plagas que afectaran al cultivo de la espinaca durante su ciclo.

2.2.8.12. Cosecha

La cosecha se realizó a los 42 días después del trasplante cuando el cultivo de la espinaca llegó a su mayor tamaño y su madurez respectiva para comercializarla, solo se hizo una cosecha.

2.2.9. Variables de estudio evaluados

- Largo de la hoja
- Ancho de la hoja
- Número de hojas por planta
- Hoja de costo

2.2.9.1. Instrumentos

Se tomó los datos con una regla graduada de cada unidad experimental, se hizo la respectiva medida para las variables.

Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Número de hojas por planta
cm	cm	cm

2.2.9.2. Procedimiento

Bloque I	Bloque II	Bloque III
Variedad 1,2 con densidad 1	Variedad 1,2 con densidad 2	Variedad 1,2 con densidad 3

El levantamiento de los datos se realizó de la siguiente manera:

2.2.9.2.1. Largo de la hoja

El largo de la hoja se realizó la toma de datos, considerando la medición con una regla desde el peciolo hasta el ápice de la hoja, de todas las plantas.

2.2.9.2.2. Ancho de hoja

El ancho de la hoja se hizo la toma de datos desde el borde de cada hoja extremo de cada hoja por planta.

2.2.9.2.3. Número de hojas por planta

Se realizó de forma visual la toma de los datos, contando el número de hojas de todas las plantas de espinaca.

2.2.10. Hoja de costo

Se registró todos los gastos de los materiales e insumos para este trabajo de investigación para la relación de beneficio costo.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El presente trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados

3.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL AGUA

Cuadro No.7: Análisis de agua

RESULTADOS			
Parámetro	Método	Unidades	Concentración
pH	Electroquímico	-	7,09
Conductividad eléctrica	Electroquímico	$\mu\text{S/cm}$	30,07
Potasio	Fotometría de llama	$\text{meq K}^+/\text{L}$	0,004
Sodio	Fotometría de llama	$\text{meq Na}^+/\text{L}$	0,060
Calcio	Volumétrico	$\text{meq Ca}^{2+}/\text{L}$	0,630
Magnesio	Volumétrico	$\text{meq Mg}^{2+}/\text{L}$	0,450
Carbonatos	Volumétrico	$\text{meq CO}_3^{2-}/\text{L}$	0,000
Bicarbonatos	Volumétrico	$\text{meq HCO}_3^-/\text{L}$	0,300
Cloruros	Volumétrico	$\text{meq Cl}^-/\text{L}$	0,350
Sulfatos	Espectrofotométrico	$\text{meq SO}_4^{2-}/\text{L}$	0,479

Como se puede observar en el cuadro No.7 de acuerdo al C.E.= $30,07 \mu\text{S/cm}$ y R.A.S.= 0,082, el agua se clasifica como clase C1-S1.

C1: Quiere decir que es un agua de baja salinidad, apta para el riego, pero puede existir problemas solo con suelos de muy baja permeabilidad.

S1: se deduce que tiene un agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos, sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio. En este sentido vemos que el agua es óptima para el cultivo y es de suma importancia y su aprovechamiento benéfico que nos puede ayudar.

3.2. LARGO DE LA HOJA

Cuadro No.8: Largo de la hoja de las plantas a los 42 días después del trasplante

Tratamientos	Replicas			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (V1D1)	20	20	20	60	20,00
T2 (V1D2)	21	21	16	58	19,33
T3 (V1D3)	19	20	15	54	18,00
T4 (V2D1)	15	10	14	39	13,00
T5 (V2D2)	15	11	12	38	12,67
T6 (V2D3)	13	11	13	37	12,33
SUMA	103	93	90	286	15,88

Fuente: Elaboración propia 2023

Como se puede observar en el cuadro No.8 el tratamiento que presento un mayor promedio del largo de la hoja a la cosecha fue el tratamiento T1:V1D1 constituido por la variedad Chikara, con la densidad 1 (20 cm) con un promedio de 20 cm de altura.

En respecto al tratamiento con el menor promedio fue el tratamiento T6: V2D3 constituido por la variedad Samos, con la densidad 3 (30 cm) con un promedio de 12,33 cm del largo de la hoja.

Cuadro No.9: Interacción variedad/densidad

V/D	V1	V2	SUMA	MEDIA
D1	60	39	99	16,50
D2	58	38	96	16,00
D3	54	37	91	15,17
SUMA	172	114	286	
MEDIA	19,11	12,67		

Fuente: Elaboración propia 2023

En cuanto al largo de la hoja, la mejor variedad obtuvo la V1 con 19,11 cm seguido de la variedad V2 con 12,67 cm de la altura de las plantas.

La mejor densidad en cuanto al largo de la hoja de la planta es la D1 con 16,50 cm, seguido de la D2 y D3 con 16 y 15,17 cm de altura.

Cuadro No.10: Análisis de varianza ANOVA para el largo de la hoja a los 42 días

ANOVA						
Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	249,78				
Tratamientos	5	193,78	38,76	9,56**	3,33	5,64
Replicas	2	15,44	7,72	1,90NS	4,1	7,56
Factor Variedad V	1	186,89	186,89	46,08**	4,96	10,04
Factor Densidad D	2	5,44	2,72	0,67NS	4,1	7,56
Interacción V/D	2	1,44	0,72	0,18NS	4,1	7,56
Error	10	40,56	4,06			

Fuente: Elaboración propia 2023

CV= 12,68

NS= No existe diferencias significativas

*= Diferencias significativas

**= Diferencias altamente significativas

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos y variedad y no existen diferencias entre las réplicas, densidad y en la interacción variedad/densidad (V/D).

Siendo necesario realizar la prueba de DUNCAN para saber recomendar cual fue la variedad más adaptable en cuanto a la altura en la investigación.

Prueba de Duncan

$$S_x = \frac{\sqrt{CMe}}{r} = \frac{\sqrt{4,06}}{3} = 0,67$$

Cuadro No.11: Orden de méritos

Tratamientos	Medias	
T1(V1D1)	20,00	A
T2(V1D2)	19,33	A
T3(V1D3)	18,00	A
T4(V2D1)	13,00	B
T5(V2D2)	12,67	B
T6(V2D3)	12,33	B

Fuente: Elaboración propia 2023

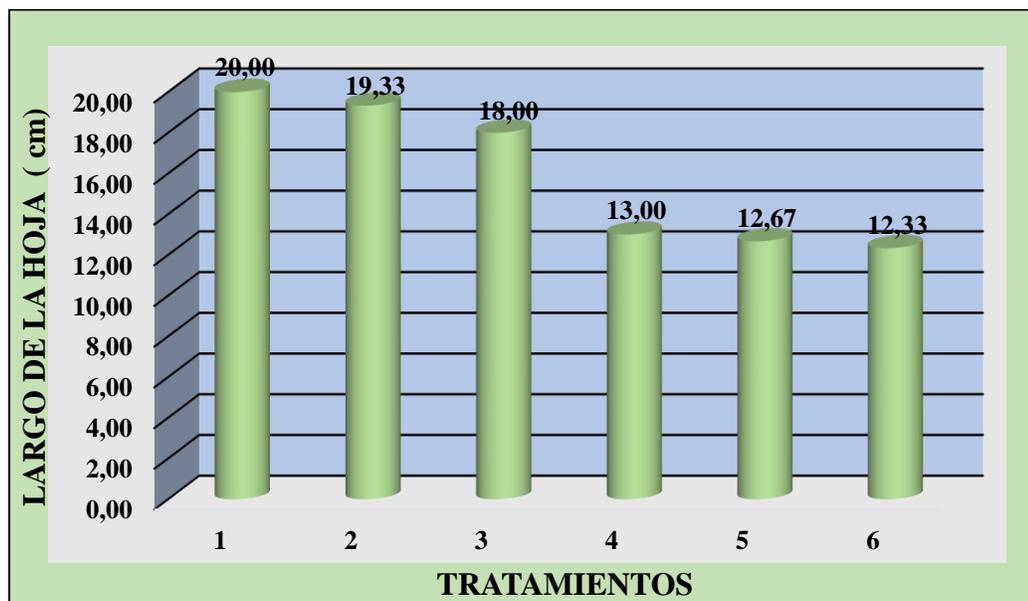
En la prueba de DUNCAN sobre el largo de la hoja de las plantas del cultivo de la espinaca en el cuadro No.11 se tiene que el tratamiento T1 (V1D1) con 20 cm es significativamente diferente de los tratamientos T4 (V2D1), T5 (V2D2) y T6 (V2D3) con 13.00 cm, 12,67 cm y 12,33 cm.

Cuadro No.12: Prueba para el factor variedad

Largo de la hoja		
Variedades	Medias	
V1(Chikara)	19,11	A
V2 (Samos)	12,67	

Fuente: Elaboración propia 2023

Como se puede observar en el cuadro No.12 la mejor variedad que presento un mayor promedio de 19,11cm del largo de la hoja fue la V1(Chikara), seguido de la V2(Samos) con un promedio de 12,67 cm del largo de la hoja.

Gráfica No.1: Valores promedio del largo de la hoja de la planta

Según la comparación de medias de acuerdo con la gráfica No.1 se puede indicar que el promedio más alto de la variable del largo de hoja obtuvo el T1 (V1D1), con un aproximado de 20,00 cm de largo de la hoja, en comparación del T6 (V2D3) obtuvo un menor promedio de 12,33 cm del largo de la hoja.

En el estudio realizado por Ticoná (2016) evaluación de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) a diferentes densidades de trasplante en sistema hidropónico

(NFT), en el centro experimental de cota cota, obtuvo resultados en el sistema hidropónico NFT de 20,28 cm en el largo de la hoja de la espinaca.

En la presente investigación se obtuvo prácticamente resultados similares en el sistema hidropónico NFT a comparación del estudio realizado por Ticona (2016).

3.3. ANCHO DE LA HOJA

Cuadro No.13: Ancho de la hoja de las espinacas

TRATAMIENTOS	Replicas			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1(V1D1)	4,2	5,4	6	15,6	5,20
T2(V1D2)	6,2	6,3	5,9	18,4	6,13
T3(V1D3)	5,4	4,8	5	15,2	5,07
T4(V2D1)	4,6	4,5	3,8	12,9	4,30
T5(V2D2)	3,5	4,9	4	12,4	4,13
T6(V2D3)	4,6	3,7	4,2	12,5	4,17
SUMA	28,5	29,6	28,9	87	9,27

Fuente: Elaboración propia 2023

Como se puede observar en el cuadro No.13 el tratamiento que presento mayor ancho de la hoja fue el tratamiento T2:V1D2 constituido por la variedad Chikara, con la densidad 2 (25cm) con un promedio de 6,13cm de ancho.

En respecto al tratamiento con el menor promedio fue el tratamiento T5: V2D2 constituido por la variedad Samos, con la densidad 2 (25cm) con un promedio de 4,13 cm de ancho de la hoja.

Cuadro No.14: Interacción variedad/densidad

V/D	V1	V2	SUMA	MEDIA
D1	15,6	12,9	28,5	4,75
D2	18,4	12,4	30,8	5,13
D3	15,2	12,5	27,7	4,62
SUMA	49,2	37,8	87	
MEDIA	5,47	4,20		

Fuente: Elaboración propia 2023

En cuanto al ancho de las hojas la mejor variedad obtuvo la V1 con 5,47cm seguido de la variedad V2 con 4,20cm de ancho de la hoja.

La mejor densidad en cuanto al largo de las hojas es la D2 con 5,13cm, seguido de la D1 y D3 con 4,75cm y 4,62 cm de ancho de la hoja.

Cuadro No.15: Análisis de varianza ANOVA para el ancho de las hojas

ANOVA						
Fuentes de variación	gl	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	13,04				
Tratamientos	5	9,29	1,86	5,10*	3,33	5,64
Replicas	2	0,10	0,05	0,14	4,1*	7,56
Factor Variedad V	1	7,22	7,22	19,82**	4,96	10,04
Factor Densidad D	2	0,86	0,43	1,18	4,1	7,56
Interacción V/D	2	1,21	0,60	1,66	4,1	7,56
Error	10	3,64	0,36			

Fuente: Elaboración propia 2023

CV= 6,47

NS= No existe diferencias significativas

*= Diferencias significativas

**= Diferencias altamente significativas

Existen diferencias en los tratamientos y diferencias altamente significativas entre el factor variedad y no existen diferencias entre las réplicas, el factor densidad y en la interacción variedad/densidad (V/D).

Siendo necesario realizar la prueba de DUNCAN para saber recomendar cual fue la variedad más adaptable en cuanto al largo de la hoja en la investigación.

Prueba de Duncan

$$S_x = \frac{\sqrt{CMe}}{r} = \frac{\sqrt{0,36}}{3} = 0,2$$

Cuadro No.16: Orden de méritos

Tratamientos	Medias	
T2(V1D2)	6,13	A
T1(V1D1)	5,20	B
T3(V1D3)	5,07	B
T4(V2D1)	4,30	C
T6(V2D3)	4,17	C
T5(V2D2)	4,13	C

Fuente: Elaboración propia 2023

En la prueba de DUNCAN sobre el ancho de la hoja de las plantas del cultivo de la espinaca en el cuadro No.16 se tiene que el tratamiento T2 (V1D2) con 6,13cm es significativamente diferente de los tratamientos T1 (V1D1), T3(V1D3), T4(V2D1), T6(V2D3) y T5(V2D2), con 5,20cm, 5,07cm, 4,30cm, 4,17cm y 4,13cm.

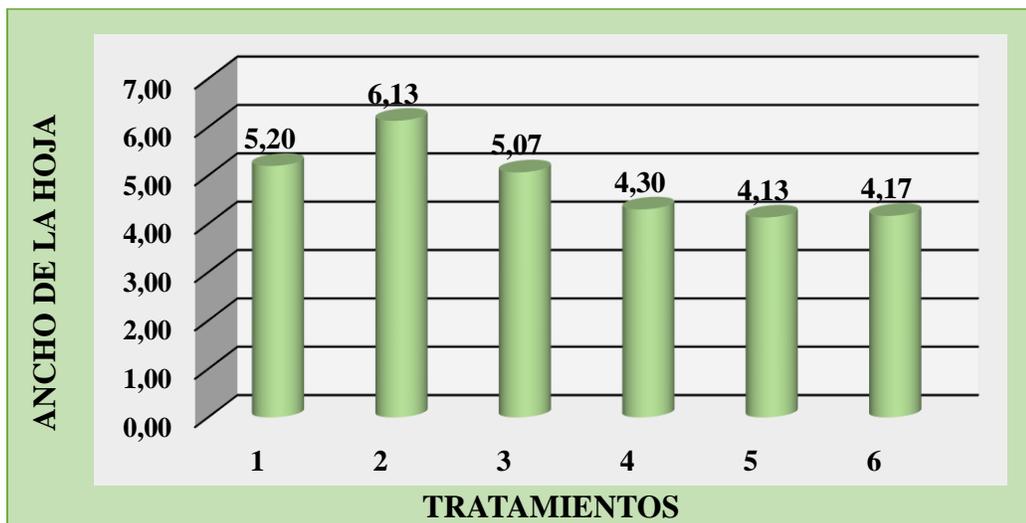
Cuadro No.17: Prueba para el factor variedad

Ancho de la hoja		
Variedades	Medias	
V1(Chikara)	5,47	A
V2 (Samos)	4,27	

Fuente: Elaboración propia 2023

Como se puede observar en el cuadro No.17 la mejor variedad que presento un mayor promedio de 5,47 cm del ancho de la hoja fue la V1(Chikara), seguido de la V2(Samos) con un promedio de 4,27 cm del ancho de la hoja.

Gráfica No.2: Valores promedio del ancho de la hoja por planta



Según la comparación de medias de acuerdo con la gráfica No. 2 se puede indicar que el promedio más alto de la variable del ancho de la hoja obtuvo el T2 (V1D2), con un aproximado de 6,13 cm del ancho de la hoja, en comparación del T5 (V2D2) obtuvo un menor promedio de 4,13 cm en el ancho de la hoja.

En el estudio realizado por Ticona (2016) evaluación de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) a diferentes densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), en el centro experimental de cota cota, obtuvo resultados en el sistema hidropónico NFT de 6,18 cm en el ancho de hoja de la espinaca.

En la presente investigación se obtuvo prácticamente resultados similares en el sistema hidropónico NFT a comparación del estudio realizado por Ticona (2016).

3.4. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA

Cuadro No.18: Número de hojas por planta

TRATAMIENTOS	Replicas			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1(V1D1)	11	11	12	34	11
T2(V1D2)	10	11	11	32	11
T3(V1D3)	12	11	10	33	11
T4(V2D1)	9	10	10	29	10
T5(V2D2)	11	8	9	28	9
T6(V2D3)	10	9	10	29	10
SUMA	63	60	62	185	10,28

Fuente: Elaboración propia 2023

Como se puede observar en el cuadro No.18 el tratamiento que presento mayor número de hojas a la cosecha fueron los tratamientos T1:V1D1 constituido por la variedad Chikara con densidad 1 (20cm), T2:V1D2 constituido por la variedad Chikara con densidad 2 (25cm) y el T3:V1D3 constituido por la variedad Chikara con densidad 3 (30cm) con un promedio de 11 unidades de hojas por planta.

En respecto al tratamiento con el menor promedio fue el tratamiento T5: V2D2 constituido por la variedad Samos, con la densidad 2 (25cm) con un promedio de 9 unidades de hojas por planta.

Cuadro No.19: Interacción variedad/densidad

V/D	V1	V2	SUMA	MEDIA
D1	34	29	63	11,00
D2	32	28	60	10,00
D3	33	29	62	10,33
SUMA	99	86	185	
MEDIA	11,00	10,00		

Fuente: Elaboración propia 2023

En cuanto al número de hojas por planta la mejor variedad obtuvo la V1 con 11hojas seguido de la variedad V2 con 10 hojas por planta.

La mejor densidad en cuanto al número de hojas por planta es la D1 con 11hojas seguido de la D2 y D3 con 10 hojas por planta.

Cuadro No.20: Análisis de varianza ANOVA para el número de hojas por planta

ANOVA						
Fuentes de variación	gl	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	19,61				
Tratamientos	5	10,28	2,06	2,40NS	3,33	5,64
Replicas	2	0,78	0,39	0,45NS	4,1	7,56
Factor Variedad V	1	9,39	9,39	10,97**	4,96	10,04
Factor Densidad D	2	0,78	0,39	0,45NS	4,1	7,56
Interacción V/D	2	0,11	0,06	0,06NS	4,1	7,56
Error	10	8,56	0,86			

Fuente: Elaboración propia 2023

CV= 9,02

NS= No existe diferencias significativas

*= Diferencias significativas

**= Diferencias altamente significativas

Existen diferencias altamente significativas entre el factor variedad y no existen diferencias entre los tratamientos, réplicas, factor densidad y en la interacción variedad/densidad (V/D).

Siendo necesario realizar la prueba de DUNCAN para saber recomendar cual fue la mejor variedad en cuanto al número de hojas por planta.

Prueba de Duncan

$$S_x = \frac{\sqrt{CMe}}{r} = \frac{\sqrt{0,86}}{3} = 0,31$$

Cuadro No.21: Orden de méritos

Tratamientos		
Tratamientos	Medias	
T1(V1D1)	11	A
T2(V1D2)	11	A
T3(V1D3)	11	AB
T4(V2D1)	10	B
T6(V2D3)	10	B
T5(V2D2)	9	C

Fuente: Elaboración propia 2023

En la prueba de DUNCAN sobre el número de hojas por planta del cultivo de la espinaca en el cuadro No.21 se observa que el tratamiento T1 (V1D1), T2 (V1D2) y el T3 (V1D3) con 11hojas por planta es significativamente diferente de los tratamientos T4 (V2D1), T6 (V2D3) y T5 (V2D2) con 10 y 9 hojas por planta.

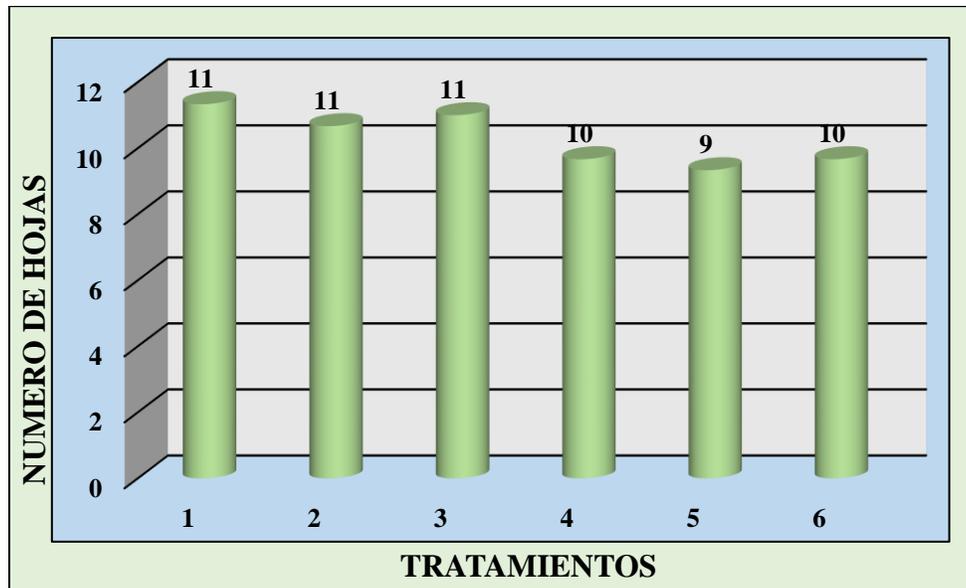
Cuadro No.22: Prueba para factor variedad

Número de hojas		
Variedades	Medias	
V1 (Chikara)	11,00	A
V2 (Samos)	9,56	

Fuente: Elaboración propia 2023

Como se puede observar en el cuadro No.22 la mejor variedad que presento un mayor promedio de 11,00 del número de hojas fue la V1(Chikara), seguido de la V2(Samos) con un promedio de 9,56 cm del número de hojas.

Gráfica No.3: Valores promedio del número de hojas por planta



Según la comparación de medias de acuerdo con la gráfica No. 3 se puede indicar que el promedio más alto de la variable del número de hojas por plantas, obtuvo el T1 (V1D1), T2 (V1D2), T3 (V1D3), con un aproximado de 11cm de promedio en el número de hojas en comparación del T5 (V2D2) obtuvo un aproximado de 9 de promedio en el número de hojas.

En el estudio realizado por Ticona (2016) evaluación de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) a diferentes densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), en el centro experimental de cota cota, obtuvo resultados en el sistema hidropónico NFT de 10,67 promedio aproximado en el número de hojas de espinaca.

En la presente investigación se obtuvo resultados mejores en el sistema hidropónico NFT a comparación del estudio realizado por Ticona (2016).

Cuadro No.23: Hoja de costo de la espinaca en relación Beneficio/Costo.

Tratamiento	Ingresos	N.º de cosechas	Ingreso total	Costos	Beneficio	B/C
T1=V1D1	168	20	3360	1142,7	2217,3	1,94
T2=V1D2	144	20	2880	1142,7	1737,3	1,52
T3=V1D3	120	20	2400	1142,7	1257,3	1,10
T4=V2D1	126	20	2520	1152,7	1367,3	1,19
T5=V2D2	108	20	2160	1152,7	1007,3	0,87
T6=V2D3	90	20	1800	1152,7	647,3	0,56

Fuente: Elaboración propia 2023

Los tratamientos que presentaron mayor margen de ganancia en cuanto a la relación beneficio/costo, después de 20 cosechas fue el T1= V1D1 constituido por la variedad Chikara, con una densidad de 20cm, con una ganancia de 1,94bs.

En cuanto al tratamiento de menos rentabilidad después de 20 cosechas se presenta el T6=V2D3 constituido por la variedad Samos, con una densidad de 30cm, con una ganancia de 0,56bs siendo el tratamiento con una baja rentabilidad.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Según los objetivos propuestos y en base a los resultados obtenidos el estudio se establece las siguientes conclusiones:

- De acuerdo al comportamiento de las variedades de espinaca en sistema NFT, existen diferencias estadísticamente ya que la variedad Chikara tuvo una mejor respuesta sobre la variedad Samos.
- En cuanto a las densidades mediante cultivo hidropónico, se pudo notar que no hay diferencias estadísticamente entre las tres densidades (20cm, 25cm y 30cm) por lo cual económicamente se recomienda utilizar la densidad de 20cm para tener un mayor número de plantas en los canales de cultivo.
- De acuerdo al comportamiento de la espinaca en sistema hidropónico NFT dado los resultados obtenidos se puede notar que el tratamiento con mejor respuesta, fue el Tratamiento 1 (variedad Chikara, densidad de 20 cm).
- De acuerdo al largo de la hoja, tomando en cuenta las densidades no existen diferencias estadísticamente.
- Con relación a las variedades para el largo de la hoja, se notaron que hay diferencias estadísticamente, que la mejor variedad es Chikara con 19,11 cm y la variedad Samos con 12,67 cm.
- Con respecto al ancho de la hoja se evidencia que no existen diferencias entre variedades en cultivo hidropónico.
- En cuanto a la relación beneficio/costo de la producción de espinaca en cultivo hidropónico NFT en la mayoría de los tratamientos después de 20 cosechas recién se obtendrán ganancias, el tratamiento que obtendrá mayor margen de ganancia es el T1: V1D1 constituido por la variedad Chikara con una densidad de 20cm con 1,94bs. El tratamiento menos rentable es el tratamiento T6: V2D3 constituido por la variedad Samos con una densidad de 30cm que se obtendrían ganancias a más de 20 cosechas.

4.2. RECOMENDACIONES

Tomando como base a las conclusiones obtenidas me permito poner en consideración las siguientes recomendaciones:

- En la comunidad de Coimata se recomienda incentivar a nuevas formas de producir hortalizas mediante cultivos hidropónicos y que es una alternativa a la demanda de hortalizas que hay en el mercado.
- Se debe de tener todos los equipos necesarios para poder cultivar en hidroponía ya que a falta de alguno se pueda dar de baja la producción agrícola de la espinaca.
- Utilizar la variedad Chikara como primera opción, ya que fue quien mejores resultados dio.
- Utilizar para cualquier investigación la densidad de 20cm de distancia entre plantas para obtener mejores resultados.
- Antes de realizar el trasplante al sistema NFT se recomienda activar el sistema una semana antes haciendo correr agua, para detectar posibles fugas, goteras, desbordes o malos funcionamientos eléctricos y detectar emisores de riego no funcionales.
- Se debe llevar a cabo todas las medidas de sanidad adecuadas para evitar posibles brotes de enfermedades puesto que bajo es sistema NFT el contagio entre plantas es mucho más rápido.
- Continuar con la misma investigación, implementando nuevos sistemas hidropónicos, nuevas variedades de semillas y nuevas soluciones, etc.
- Se recomienda a toda persona que tenga conocimiento mínimo en hidroponía o experiencia con sistemas hidropónicos, implementar este método de producción hidropónica, debido que es un beneficio económico superior.