

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

El forraje hidropónico verde consiste en la germinación de semillas de especies gramíneas y leguminosas (poáceas y fabáceas) que pueden ser utilizadas como forrajeras, entre ellas, trigo, avena, centeno, soja, sorgo, alfalfa, entre otras. Obtener un ahorro significativo de agua, una alimentación más nutritiva y la utilización de un espacio agrícola reducido para la alimentación animal son parte de las ventajas descubiertas con el cultivo de forraje verde hidropónico. Además, es una parte importante de la alimentación animal donde se forma grupos de vegetales plantas herbáceas, anuales o plurianuales, gramíneas o leguminosas, cuyo aprovechamiento ganadero donde se puede realizar directamente mediante pastoreo o una producción. La experiencia innovadora dio a conocer que en épocas de sequía se puede mantener la alimentación y engorde necesario de los animales destinados a producir carne y leche.

A nivel nacional la producción de forraje verde hidropónico en Bolivia está más enfocado en los departamentos de La Paz específicamente al norte como el principal departamento que cuenta con más investigación en cuanto a la producción de forraje verde hidropónico con las especies de mayormente de cebada y pocas de las especies de maíz, avena, alfa alfa y sorgo seguido con el departamento de Cochabamba como segundo departamento en cuanto a la producción de forraje verde hidropónico con las especie de cebada, maíz, trigo y avena como otros departamentos está el departamento de Santa Cruz con la producción con la especie del maíz para ganado lechero también se encuentra el departamento de Oruro en cuanto de la producción con la especie de la cebada con el objetivo de alimentación a animales menores y ganado lechero también se puede recalcar la producción en el departamento de Tarija, a nivel departamental en la provincia de Gran Chaco donde hubo una producción con la especie de maíz con el objetivo de alimentar ganado vacuno en épocas de sequía.

Un facilitador de la carrera de producción bovina de leche, en la comunidad de Arenales del Municipio de Villamontes, puso en marcha esta experiencia que es impulsada por

el ámbito temático de Formación técnica profesional de la Cooperación Suiza en Bolivia a través de la Fundación FAUTAPO. (Barrero, 2013)

También en las cuencas de Tajzara perteneciente de la provincia Avilés se implementó la producción de forraje verde hidropónico en la especie de cebada por el año 2001, también surgió una investigación de las especies de cebada y avena en la comunidad de la Mamora perteneciente al municipio de Padcaya provincia Arce según fuentes de bibliotecas web de universidades del país de Bolivia.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La falta de información y difusión de la producción de forrajes verdes hidropónico a las organizaciones agropecuarias en el departamento de Tarija, lo que limita la innovación tecnológica y el desarrollo sostenible en producción de lechería y animales menores.

El sector ganadero y productores de animales menores del departamento de Tarija no conocen de este método y sus beneficios al producir forraje verde hidropónico.

También se puede afirmar la falta de forraje o material vegetal forrajero para bastecer a productores pecuarios del departamento de Tarija por esta razón con la presenta investigación se implementará este método de producción de forraje verde hidropónico como una opción para obtención de forraje.

## **JUSTIFICACIÓN**

Con el presente trabajo se dio a conocer una forma opcional de una mejor distribución de grano y una mejor composición nutricional para los productores de forraje o productores que se dedican a lechería y crianza de animales menores como, por ejemplo: gallinas, conejos, cuis y ovinos.

También se puede hacer una dieta balanceada para animales equinos, la producción de forraje verde hidropónico a nivel del departamento de Tarija hasta ahora no toma

mucha relevancia porque los ganaderos desconocen y carecen de conocimientos de como armar y los costos para hacer una instalación que produzca forraje hidropónico.

Este método de forraje hidropónico aparte de reducir los costos de abonados se obtiene forraje verde en el menor tiempo lo cual podría ser una ventaja muy sobresaliente a la hora de producir, este método aparte de estos beneficios anteriormente mencionados se puede producir en espacios muy reducidos lo cual no se necesita en extensiones muy grandes lo que también es una buena ventaja.

Lo cual los objetivos serían implementar conocimientos en este campo de producción de forraje hidropónico y dar a conocer los costos para la producción de forraje verde hidropónico.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Establecer el nivel de la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor*), maíz (*Zea mays*) con tres densidades, bajo en invernadero en la comunidad de Coimata.

### **Objetivos Específicos**

1. Evaluar el rendimiento de dos especies sorgo y maíz bajo en invernadero en un sistema de FVH.
2. Determinar la mejor densidad de siembra de forraje verde hidropónico de las dos especies sorgo y maíz.
3. Evaluar la interacción de las especies y densidades bajo invernadero.

## **HIPÓTESIS**

Ha. Existe diferencia de un rendimiento de las densidades en las dos especies forrajeras bajo en invernadero.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

## CAPÍTULO I

### MARCO TEORICO

#### **1.1 Sorgo (*Sorghum bicolor*)**

##### **1.1.1 Origen**

El origen de este cultivo ha sido discutido a través de los años, ya que se plantea que procede del noreste de África, en la región ocupada por Etiopía, aunque se ubicó inicialmente en la India. Se introdujo en América en el siglo XVIII. Se considera que muchas especies distintas se cultivan de forma esporádica en países de América, y que los sorgos actuales son híbridos de esas introducciones o de mutantes que han aparecido (Perez et al., 2015).

El sorgo es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, siendo considerado uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria. Es por ello que en Argentina se adapta muy bien a la Región Pampeana de clima templado (Carrasco N. et al., 2011).

##### **1.1.2 Descripción botánica del sorgo**

El sorgo es una planta de la familia de las gramíneas, considerada una variedad de mijo que se cultiva como planta anual, aunque es perenne y en los trópicos se puede cosechar varias veces al año. Tiene un sistema radicular fasciculado, que le permite crecer en condiciones extremas de sequía y resistir heladas (Masats, 2021).

La producción se utiliza prácticamente en su totalidad para el consumo animal. Las denominaciones “sorgo forrajero” y “sorgo grano” provocan algunas confusiones, debido a que se trata de la misma planta y el sorgo grano está también considerado como un producto forrajero. La diferencia es que cuando se habla de sorgo forrajero, se refiere a la utilización de toda la planta, ya sea verde o seca, y no sólo del grano. El sorgo forrajero puede achicalarse, ensilarse o henificarse; siempre para consumo animal (Siap, 2015).

### **1.1.2.1 Resistente a la Sequía:**

Tiene cañas de dos a tres metros de altura, llenas de un tejido blanco y algo dulce, vellosas en los nudos. Tiene hojas lampiñas, ásperas en los bordes. Las flores aparecen en una panoja floja, grande y derecha; o bien espesa, arracimada y colgante. La planta se adapta bien en zonas áridas o semiáridas con calor. Es capaz de soportar la sequía durante un periodo bastante largo y reanudar su crecimiento cuando vuelve a llover. Para germinar necesita una temperatura de 12 o 13°C. Se desarrolla bien en terrenos alcalinos, especialmente las variedades azucaradas, que aumentan su contenido de sacarosa en tallos y hojas. Prefiere suelos sanos, profundos, no demasiado pesados (Siap, 2015).

### **1.1.3 Taxonomía**

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Sub Familia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Nombre científico: *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Nombre común: Sorgo

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2023)

## **1.1.4 Morfología del Cultivo**

### **1.1.4.1 Raíz**

Sistema fibroso, alcanza profundidades de 0,90 a 1,20 m. Tiene tres clases de raíces, laterales, adventicias y aéreas. Hay dos veces más raíces de corona en sorgo que en maíz. La planta de sorgo crece lentamente, hasta que el sistema radical está bien desarrollado (Vallati, 2007).

### **1.1.4.2 Tallo**

Llamado caña, es compacto, a veces esponjoso, con nudos engrosados. Puede originar macollos, de maduración más tardía que el tallo principal. La presencia de macollos es varietal influenciada por fertilidad, condiciones hídricas y densidad (Vallati, 2007).

### **1.1.4.3 Las hojas**

Se desarrollan entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, alternas, opuestas, de forma linear lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa (Vallati, 2007).

### **1.1.4.4 Inflorescencia o panoja**

Compacta, semi compacta o semilaxa con espiguillas de a pares. La fértil con dos flores, una estéril, la fértil es una típica flor de gramínea. Las glumas a la madurez cubren solo la base del grano. Tiene pulvino que en condiciones de estrés se contrae y cierra la panoja. Se buscan en general híbridos con buena excerción o sea buen largo de pedúnculo (Vallati, 2007).

### **1.1.4.5 Semilla**

Cariopse blanco, amarillo, castaño, rosado o castaño rojizo. Los castaños tirando a marrones café durante la madurez suelen contener alto tanino, sustancia astringente que afecta la digestibilidad del grano y ahuyenta a las aves. Los sorgos graníferos sin taninos condensados, tienen un valor nutritivo equivalente a un 96 % del valor nutritivo del maíz (Vallati, 2007).



### **1.1.5 Etapas Fenológicas**

#### **1.1.5.1 Etapa 0 - Emergencia**

La emergencia ocurre cuando el coleóptilo es visible en la superficie del suelo, que es por lo general 3 a 10 días después de la siembra. Para lograr una buena emergencia es fundamental lograr un rápido crecimiento, que se alcanza con una correcta temperatura, humedad del suelo, profundidad de siembra, y un buen vigor de la semilla (Carrasco N. et al., 2011).

#### **1.1.5.2 Etapa 1 – Estado de tres hojas**

La etapa de tres hojas se produce cuando las lígulas de tres hojas se pueden ver sin tener que romper la planta. Esta etapa se produce aproximadamente 10 días después de la emergencia, dependiendo de la temperatura. Es importante que la fecha de siembra sea lo suficientemente tarde como para asegurar que las plantas crezcan rápidamente en esta etapa (Carrasco N. et al., 2011).

#### **1.1.5.3 Etapa 2- Etapa de las 5 hojas**

La etapa dos se produce cuando las lígulas de cinco hojas se pueden ver sin necesidad de romper la planta, y se produce cerca de 3 semanas después de la emergencia. El sistema radical se desarrolla rápidamente en esta etapa. La materia seca se acumula a una velocidad constante con condiciones de crecimiento satisfactorias. Durante esta etapa se determina el desarrollo potencial de la planta, ya que se establece el número total de hojas que tendrá (Carrasco N. et al., 2011).

#### **1.1.5.4 Etapa 3- Diferenciación del punto de crecimiento**

En esta etapa el punto de crecimiento de la planta de sorgo cambia de vegetativo a reproductivo, que es cuando la planta ha alcanzado el 5% de su crecimiento total, y ha tomado el 10-15% de todos los nutrientes que tomará durante el ciclo. A partir de este momento se define el tamaño potencial de la panoja. La absorción de nutrientes es rápida, por lo que el suministro adecuado de nutrientes y agua son necesarios para proporcionar el máximo crecimiento. Esta etapa se produce aproximadamente 30 días

después de la emergencia, cuando el cultivo ha llegado a un tercio del ciclo (Carrasco N. et al., 2011)

#### **1.1.5.5 Etapa 4- Última hoja visible**

En este punto, todas, excepto las últimas 3 o 4 hojas se han expandido totalmente, es decir, se ha determinado el 80% del área foliar. Las últimas 2-5 hojas (inferiores) se han perdido (Carrasco N. et al., 2011).

#### **1.1.5.6 Etapa 5- Panoja embuchada**

En esta etapa todas las hojas se han expandido totalmente, lo que significa que la planta se encuentra en sus niveles máximos de área foliar e intercepción de luz. El tamaño potencial de la panoja se ha determinado, y la misma se encuentra embuchada en la vaina de la hoja bandera. Continúa un rápido crecimiento y absorción de nutrientes. El estrés por falta de humedad o por acción de algún herbicida puede provocar que la panoja no termine de salir de la vaina de la hoja bandera, provocando así una polinización incompleta (Carrasco N. et al., 2011).

#### **1.1.5.7 Etapa 6- 50% de floración**

Esta etapa se define cuando la mitad de las plantas están en la etapa de floración, la cual comienza en la parte superior de la panoja, y baja en 4-9 días. En esta etapa, la planta ha formado la mitad del peso seco total (Carrasco N. et al., 2011).

#### **1.1.5.8 Etapa 7- Grano pastoso**

En esta etapa, el grano tiene una consistencia pastosa y el llenado de granos se produce rápidamente. Aproximadamente la mitad del peso seco del grano se acumula entre las etapas 6 y 7. Las hojas inferiores siguen envejeciendo, entre 8 a 12 hojas mueren en esta etapa (Carrasco N. et al., 2011).

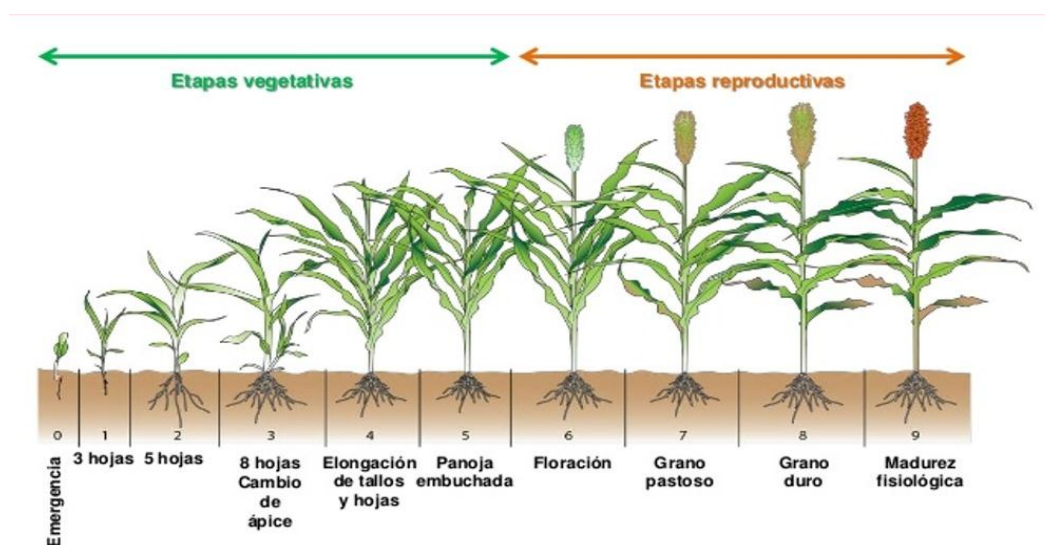
#### **1.1.5.9 Etapa 8 – Grano duro**

En esta etapa se alcanza las tres cuartas partes del peso seco del grano. La absorción de nutrientes en este momento es prácticamente nula. Un estrés hídrico severo, así como una helada temprana se traducirá en un grano chuzo (Carrasco N. et al., 2011).

### 1.1.5.10 Etapa 9- Madurez fisiológica

En esta etapa se alcanza el máximo peso seco de la planta. En los granos se forma un punto oscuro. La humedad del grano depende del híbrido, con valores que oscilan entre 25% y 35%. Esta madurez fisiológica no es la madurez de la cosecha, ya que el grano aún debe perder humedad antes de poder ser cosechado para un almacenamiento convencional. En cambio, si lo que se busca es un grano húmedo, o cosechar temprano para luego hacer un secado artificial, el sorgo se puede cosechar en cualquier momento a partir de esta etapa (Carrasco N. et al., 2011).

**Figura N° 1      Etapas Fenológicas del Sorgo**



FUENTE: INTA, Fenología del sorgo,2020

## 1.1.6 Tipos de sorgos forrajeros

### 1.1.6.1 Sorgo graníferos

Tiene granos relativamente grandes, que se separan de las glumas con más facilidad que los de escoba, los forrajeros y las diversas variedades de los azucarados. La sabia del tallo no es dulce o a veces un poco. En general los granos son blancos, amarillos, rosado salmón o rojos (Ross, 1975).

Los sorgos del tipo graníferos son utilizados para aportar energía en los sistemas de engorde intensivo, para suplementación estratégica. Para la elección del híbrido es fundamental tener en cuenta su adaptación a la zona, largo del ciclo, fecha de siembra, necesidad de producir rastrojo de cobertura, fecha probable de cosecha (Carrasco N. et al., 2011).

### **Imagen N° 1 Sorgo Graníferos**



**Fuente: Albert,2021**

#### **1.1.6.2 Sorgos azucarados o silaje**

En estos los tallos son altos, jugosos y dulces y por lo general tienen granos más pequeños que los tipos graníferos. Los granos de muchas variedades tienden a permanecer dentro de sus largas glumas después de la trilla, pero otros se separan con facilidad (Ross, 1975).

El ensilaje de sorgo es una reserva forrajera que aporta un gran volumen de forraje volumen de forraje fresco, pero presenta un limitado aporte de proteína y en muchos casos también de energía. El híbrido a elegir para hacer silaje

debería ser del tipo silero azucarado silero BMR o doble propósito, para obtener un buen equilibrio entre cantidad y calidad de forraje (Carrasco N. et al., 2011).

### **Imagen N° 2 Sorgo Silaje**



**Fuente: Experticia, 2021**

#### **1.1.6.3 Sorgo de escoba**

Se caracteriza por presentar raquis muy cortos y ramificaciones muy largas. Los granos son pequeños y casi encerrados en glumas largas y elipsoides. Sus tallos secos, no azucarados, tienen corteza dura. (Ross, 1975)

La producción de materia seca de un sorgo diferido varía según genotipos y años, entre 4.000 a 9.000 kg de materia seca por hectárea. Este gran volumen de forraje permite mantener una alta carga animal durante el período invernal, momento en el cual la producción de pasto de otros recursos se ve limitada principalmente por condiciones ambientales (Carrasco N. et al., 2011).

**Imagen N° 3 Sorgo de Escoba**



**Fuente: INTA, 2022**

#### **1.1.6.4 Sorgos herbáceos (forrajeros)**

Tiene tallos tiernos, hojas angostas, números macollos, espiguillas y semillas pequeñas en comparación con los graníferos y azucarados. Las espiguillas tienen glumas largas que encierra por completo a los granos. Casi todas estas sub especies tienen panojas laxas y abiertas (Ross, 1975).

La utilización del sorgo forrajero como verdeo estival es muy interesante ya que presenta mayor producción con respecto a otros verdeos, como el mijo y la moha y se diferencia del maíz por la gran capacidad de rebrote que presenta. Un aspecto relevante de los cultivares forrajeros actuales es su alta producción de biomasa, su gran capacidad de rebrote y la alta relación hoja/tallo que beneficia el aprovechamiento directo por los animales y la posibilidad de confeccionar henos de buena calidad nutricional (Carrasco N. et al., 2011).

#### **Imagen N° 4 Sorgo herbáceo forrajero**



Fuente: Istock, 2017

### **1.1.7 Requerimientos edafoclimáticos**

#### **1.1.7.1 Suelo**

El sorgo se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido de sacarosa en tallos y hojas (Agrícola, 2020).

#### **1.1.7.2 Elevación**

El sorgo puede cultivarse desde 0 a 1000 msnm, sin embargo, las mejores producciones se obtienen en zonas comprendidas de 0 a 500 msnm (Cordova, 2018).

#### **1.1.7.3 Cantidad de horas luz**

El sorgo, dependiendo de su condición fisiológica, puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo demanda para su desarrollo y floración. Las variedades fotoinsensitivas son aquellas cuya floración

no es afectada por la cantidad de horas luz y florecen independientemente de la época en que sean sembradas (Cordova, 2018).

#### **1.1.7.4 Humedad del suelo**

Los sorgos fotoinsensitivos necesitan una mayor cantidad de humedad en el suelo para la polinización y llenado del grano; comparados con los fotosensitivos (criollos) que requieren una mínima reserva de humedad en el suelo para completar satisfactoriamente las etapas de desarrollo (Cordova, 2018).

#### **1.1.7.5 Temperatura**

El sorgo requiere temperaturas altas para su desarrollo normal, siendo por lo tanto más sensible a las bajas temperaturas que otros cultivos. Para la germinación necesita una temperatura de suelo no inferior a los 18 °C. El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15 °C, situándose el óptimo hacia los 32 °C (Agrícola, 2020).

#### **1.1.7.6 Agua**

El sorgo tolera mejor la sequía y el exceso de humedad en el suelo que la mayoría de los cereales y crece bien bajo una amplia gama de condiciones en el suelo. Responde favorablemente a la irrigación, requiriendo un mínimo de 250 mm durante su ciclo, con un óptimo comprendido entre los 400-550 mm. Es fundamental que el suelo tenga una adecuada humedad en el momento de la siembra para lograr una emergencia rápida y homogénea y con ello una buena implantación del cultivo (Agrícola, 2020).

**Cuadro N° 1 Requerimiento del agua en el cultivo del sorgo**

Requerimiento	mm
Óptimo	400-500
Conveniente	350
Mínimo	250

Fuente: Agrícola, 2020



### 1.1.8 Contenido nutricional del sorgo forrajero

Composición nutricional de las variedades de sorgo forrajero por materia fresca (MF) y materia seca (MS) (González, 2020).

**Cuadro N° 2 Contenido Nutricional del Sorgo Forrajero**

Parámetro	Sorgo Forrajero
<b>Materia Seca (% MF)</b>	27.9
<b>Proteínas (% MS)</b>	4.9
<b>Fibra a neutro detergente (% MS)</b>	54.9
<b>Almidón (%MS)</b>	17.1
<b>Carbohidratos no Fibroso (% MS)</b>	34.5
<b>Grasa (% MS)</b>	2.2

## 1.2 Maíz (*Zea mays*)

### 1.2.1 Origen:

El maíz (*Zea mays L.*) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea* (Flores, 2012).

Esta planta acepta los tres climas: frío, templado y cálido. Es uno de los vegetales más necesarios para la vida del hombre. Es un cereal gramináceo, monocotiledóneo, hermafrodita, monoico (con ambos sexos), el cual se puede confeccionar en muy variadas formas y aspectos en general (Arguello, 2012).

Tres teorías sobre el centro de expansión natural del maíz han circulado en los últimos años, cada una con sus defensores y detractores, basados unos y otros en estudios, descubrimientos y constataciones arqueológicas, históricas, botánicas (Paliwal, 2001).

Una primera teoría, actualmente con escasos seguidores, habla del origen asiático del maíz. La gran variedad de formas nativas de maíz encontradas en Perú, Ecuador y Bolivia, y la hipótesis histórica de que algunas poblaciones de esta área geográfica llegarían a América a través del océano Pacífico, son los fundamentos principales de tal teoría (Paliwal, 2001)

Otros autores, como Reeve y Mangelsdorf, basados en el hecho de haberse encontrado polen fósil de maíz en el valle de México, establecieron la posibilidad de que esta planta fuera originaria de América Central, pero ciertos hechos les inclinaban a pensar que su origen podía encontrarse en sub América. Estos hechos eran fundamentalmente los siguientes:

1. La existencia de una gran diversidad de maíces en los altiplanos peruanos
2. Todas las gamas de colores del pericarpio del maíz que se conocen en todo el mundo pueden hallarse en el departamento de Ancash, también en Perú.
3. presencia frecuente de formas de maíz tunicado en los valles orientales de los Andes, haci como de algunas otras razas primitivas del maíz (Paliwal, 2001).

### **1.2.2 Taxonomía**

Reino: Vegetal

Phylum: Tracheophyta

División: Tracheophyta

Sub División: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub Clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Pinacoideae

Tribu: Maydeae

Nombre científico: *Zea mays* L.

Nombre común: Maíz

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2023)

### **1.2.3 Morfología del cultivo**

El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo de porte robusto y con un rápido desarrollo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2,50 metros (Ortugoza G. et al., 2019).

#### **1..2.3.1 Raíces**

Son fasciculadas y robustas y su misión es, además de aportar alimento a la planta, ser un perfecto anclaje de la planta que se refuerza con la presencia de raíces adventicias (Ortugoza G. et al., 2019).

#### **1.2.3.2 Tallos**

El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales. Los entrenudos superiores son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas (Ortugoza G. et al., 2019).

#### **1.2.3.3 Hojas**

Este cereal tiene la hoja similar a la de otras gramíneas; está constituida de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de

la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta.

La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1,5 m. de largo por 10 cm. de ancho, que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en el lado superior (Ortugoza G. et al., 2019).

### 1.2.3.4 Inflorescencia

El maíz es una planta monoica, tiene flores masculinas y flores femeninas separadas, pero en la misma planta. La flor masculina tiene forma de panícula y está situada en la parte superior de la planta. La flor femenina, la futura mazorca, se sitúa a media altura de la planta. La flor está compuesta en realidad por numerosas flores dispuestas en una ramificación lateral, cilíndrica y envuelta por falsas hojas, brácteas o espata (Ortugoza G. et al., 2019).

**Figura N° 2 Morfología del Maíz**



Fuente: (Krebs, 2020)

### **1.2.4 Fenología y fisiología en cultivo del maíz**

El desarrollo de los cultivos está regulado por la genética, factores ambientales y la sucesión de los distintos estados o procesos fisiológicos y morfológicos (Valle, 2022).

Para describir las etapas de desarrollo en el cultivo de maíz se pueden utilizar varios sistemas, los más usados son:

- ✓ Cuello de la hoja (Universidad del Estado de Iowa)
- ✓ La escala BBCH
- ✓ Sistemas de altura de la planta
- ✓ Numeración de puntas de hojas (Valle, 2022).

#### **1.2.4.1 Sistema de cuello de hoja**

Es una de las escalas más utilizadas para describir los estadios del maíz, en este sistema hablamos de estadios Vegetativos (V) que se corresponden a crecimiento activo (previo a la floración) y Reproductivos (R) a los estadios posteriores (Valle, 2022).

##### **1.2.4.1.1 Etapas vegetativas**

- ✓ VE Emergencia: El coleóptilo emerge de la superficie del suelo.
- ✓ V1 Primera hoja: Es visible el cuello de la primera hoja.
- ✓ V2 Segunda hoja: Es visible el cuello de la segunda hoja.
- ✓ V3 Tercera hoja: Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
- ✓ V(n) Enésima hoja.
- ✓ VT Aparición de panojas: Es completamente visible la última rama de la panícula (Valle, 2022).

##### **1.2.4.1.2 Etapas reproductivas**

- ✓ R1 Aparición de los estigmas: Antesis o floración masculina: Son visibles los estigmas.
- ✓ R2 Blíster: Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.

- ✓ R3 Grano lechoso: Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
- ✓ R4 Grano pastoso: Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
- ✓ R5 Grano dentado: Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
- ✓ R6 Grano madurado: Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35% (Valle, 2022).

#### **1.2.4.2 Escala BBCH**

La escala extendida BBCH es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono – y dicotiledóneas (Valle, 2022).

La fenología del maíz de acuerdo a la codificación de la escala BBCH, cuenta con varios estadios fenológicos de desarrollo; basados en:

- La germinación
- El desarrollo de hojas
- El crecimiento longitudinal del tallo principal
- La aparición del órgano floral principal
- La floración
- La formación del fruto
- La maduración de frutos y semillas
- La senescencia

En este caso las etapas vegetativas inician con la germinación y culminan con la aparición del órgano floral y las etapas reproductivas, inician con la floración y finalizan con la senescencia (Valle, 2022).

#### **1.2.4.3 La importancia de las etapas vegetativas**

El desarrollo fenológico del maíz se refiere al ritmo de crecimiento vegetativo y reproductivo expresado en función de los cambios morfológicos y fisiológicos de la planta, relacionados con el ambiente (Valle, 2022).

Entendiendo que una de las principales causas de los bajos rendimientos del cultivo tiene que ver con la incidencia de plagas, entre las mejores prácticas de protección está el seguimiento al comportamiento del cultivo y así poder estructurar oportunamente aplicar un programa de manejo integrado de plagas, ya que el daño causado depende directamente del estado del desarrollo (Valle, 2022).

#### **1.2.4.4 En cuanto a la calidad de la semilla**

- ✓ El maíz presenta una disminución gradual del potencial fisiológico de la semilla causado por el envejecimiento, que afecta negativamente la capacidad de germinación, el crecimiento inicial y el vigor de la plántula.
- ✓ El porcentaje de germinación y el vigor inicial son determinantes para el establecimiento del cultivo, principalmente en ambientes restrictivos donde el desarrollo de la nueva plántula depende de la movilización de reservas y eficiencia de utilización de las mismas.
- ✓ Reséndiz et al. Realizaron un ensayo donde evaluaron la germinación de semillas de maíz con 2 y 36 meses de almacenamiento respectivamente, encontrando que las semillas con 2 meses de almacenamiento presentaron 97% de germinación, mientras que las semillas con 36 meses sólo presentaron 47% de germinación (Valle, 2022).

#### **1.2.4.5 Captación y uso de la radiación**

- ✓ La producción de los cultivos depende de la interceptación de la radiación solar y su posterior conversión en biomasa.

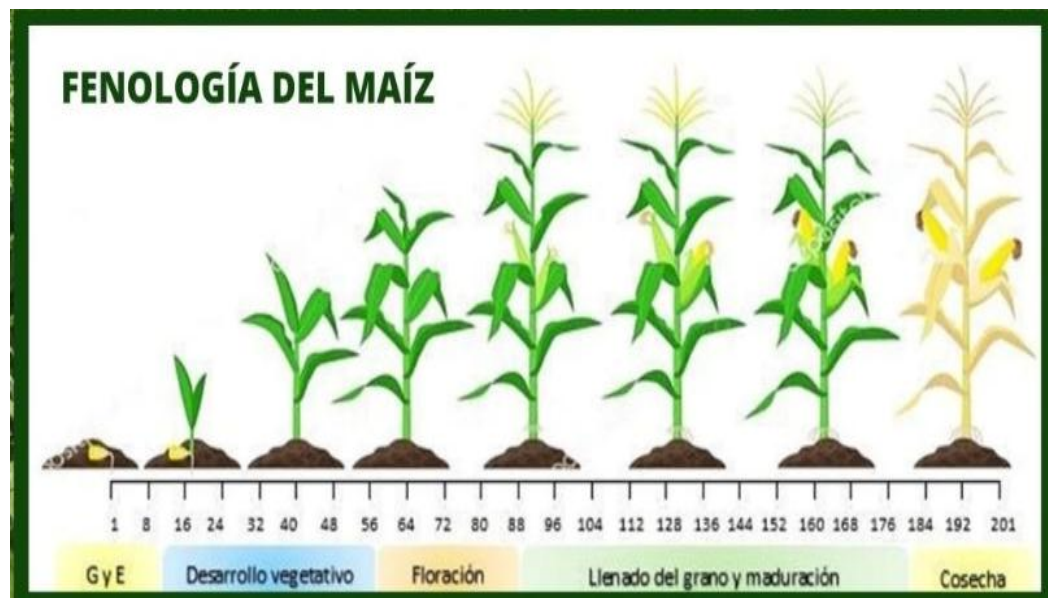
- ✓ La cantidad de radiación incidente que es efectivamente interceptada por el cultivo está determinada por el área foliar, la orientación de la hoja y la duración del área verde de la hoja.
- ✓ La orientación de la hoja hace referencia al ángulo de inclinación de la hoja respecto al tallo.
- ✓ Hay una amplia y altamente heredable variación genética para el ángulo de inserción de la hoja del maíz. Los efectos simulados indican que las hojas superiores erectas combinadas con las hojas horizontales inferiores dan lugar a un uso más eficiente de la radiación por parte de la capa total de hojas.
- ✓ La iluminación de las hojas inferiores es importante para la continua absorción de nutrientes durante la etapa de llenado de los granos y también es favorecida por las hojas erectas en la parte superior de la planta. Por tanto, cuando se presenta un más tiempo las hojas verdes en la planta, se favorece el llenado y así el rendimiento (Valle, 2022).

#### **1.2.4.6 Fisiología del nitrógeno**

- ✓ Entre los elementos minerales esenciales, el nitrógeno es el que limita el crecimiento y el rendimiento del maíz con mayor frecuencia.
- ✓ Las necesidades de nitrógeno son variables de acuerdo con la localidad y el año, sin embargo, el requerimiento de nitrógeno para obtener un rendimiento máximo suele ser alrededor de 20 kg de N por tonelada de grano producida.
- ✓ Below (2002) reporta que cuando la fertilización nitrogenada es suficiente contribuye a tener una alta productividad ya que el N es esencial para el proceso de fotosíntesis, y se ha observado que el incremento de las dosis de nitrógeno produce un aumento en el número de granos y una reducción en total de abortos y granos que detienen su crecimiento.
- ✓ Deficiencias de N resultan en plantas pequeñas y de color pálido. Y en estadios más avanzados de las plantas se observa una coloración amarillenta en forma de V invertida en las hojas, iniciando en la nervadura principal y continuando hacia la punta de la hoja. En caso de deficiencias mayores se puede presentar necrosis en las puntas (Valle, 2022).



**Figura N° 3 Fenología del Maíz**



### 1.2.5 Requerimientos edafoclimáticos:

#### 1.2.5.1 Suelo

El maíz muestra notoria predilección por suelos ricos en materia orgánica y dotada de adecuadas propiedades físicas y biológicas del suelo. La adaptabilidad en este aspecto es igualmente importante, aunque sean más favorables los suelos francos, profundos y con elevado nivel de fertilidad. El suelo ideal para el cultivo de maíz es de textura intermedia, de franco a franco-arcilloso. Los suelos para el maíz deben ser bien drenados y aireados, al ser éste uno de los cultivos menos tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo. El pH ideal para la siembra de maíz es de 5,5 a 7,0 existiendo fuera de estos límites problemas de toxicidad de ciertos elementos (Guerreño, 2019).

#### 1.2.5.2 Clima

Para la germinación, la temperatura media diurna mínima debería de ser no menos de 10 °C, siendo la óptima entre 18 y 20 °C. Para el crecimiento soportan temperaturas como mínimo de 15 °C y como máxima de hasta 40 °C, siendo la ideal entre 20 a 30 °C. Y para la floración necesita temperaturas que estén en promedio de 20 a 30 °C. y con días soleados y noches frías. El periodo más crítico se sitúa durante e

inmediatamente después de la floración. La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales y subtropicales. Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento. Sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento. Cerca de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas, hasta dos semanas después de ésta) el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período (Guerreño, 2019).

#### **1.2.5.3 Radiación solar**

Las plantas crecen porque producen su alimento a partir de la luz y otros ingredientes, en el proceso de la fotosíntesis. La eficiencia con que el maíz utiliza la radiación solar, dependerá de su desarrollo foliar (Guerreño, 2019).

#### **1.2.5.4 Temperatura**

El maíz es un cultivo que precisa temperaturas relativamente altas para un máximo desarrollo. Por debajo de los 8 grados centígrados el crecimiento es nulo en la mayoría de los cultivares utilizados en nuestro país. Con temperaturas superiores, el desarrollo de hojas es más veloz, siendo beneficioso ya que en éstas se produce el proceso de fotosíntesis, producto del cual la planta se alimenta y crece. Por ello, temperaturas medias están asociadas con mejores rendimientos finales del cultivo (Guerreño, 2019).

#### **1.2.5.5 Duración del día o fotoperiodo**

El ciclo del maíz es una especie de días cortos. Es decir, su ciclo se acorta al acortarse la duración del día. Por ello es importante una siembra temprana del cultivo, para que cada etapa tenga un desarrollo óptimo, contribuyendo a un mayor rendimiento. 3.6 Agua El cultivo de maíz es muy susceptible a la falta de agua, especialmente en el período entre floración y llenado de grano. Esta etapa es crítica para la determinación del rendimiento del cultivo. El requerimiento hídrico del cultivo de maíz en todo su

ciclo está 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo (Guerreño, 2019).

### 1.2.6 Composición nutricional del maíz

Como se mencionó los silajes, son recursos principalmente fibrosos/energéticos, es decir que la fibra de la planta y la energía a través del almidón del grano, y los azúcares simples de la planta son los parámetros más relevantes no así la proteína, lo cual es razonable si consideramos que el maíz en planta tampoco posee elevados valores de este nutriente. Considerando entonces que la fibra es uno de sus principales componentes es que es tan importante “mirar la planta entera al momento de cortapicar”, la misma debe estar verde y el grano pastoso, este estado garantiza el equilibrio entre estos dos componentes principales, “fibra y grano digestibles” (TodoAgro, 2021).

**Cuadro N° 3 Valor nutricional del maíz**

PARÁMETROS	PROMEDIO
Materia seca (%)	35 - 38
Almidón (%)	15 -31
Energía (Mcal EM) <sub>ç</sub>	2,2 – 2,6
Proteína (%)	6 – 9
Fibra digestible – FDN (%)	38 – 54
Fibra indigestible (%)	22 – 30
Digestibilidad (%)	58 – 63
pH	3,5 – 3,8

Fuente: Infoluro, 2021

### 1.3 Invernadero

Hasta hace un tiempo, los invernaderos eran una práctica costosa, que solo se justificaba para cultivos muy valiosos. Hoy, gracias a la existencia en el mercado de

nuevos materiales, los invernaderos constituyen una herramienta útil y económica con la cual es posible prolongar los periodos de crecimiento de las plantas en general. Los invernaderos consisten en una estructura simple, con una cobertura transparente a la luz y que a su vez ofrece protección contra algunos factores agresivos del clima, (por ejemplo: viento, lluvias, bajas temperaturas) que afectan la vida de las plantas (Torres, 2013).

### **1.3.1 Invernaderos tipo capilla modificado (chileno)**

Se trata de una variante del tipo capilla (muy utilizados en la V región de Chile y promovidos por el programa Hortalizas del INIA), en nuestro país son muy utilizados en la provincia de Corrientes. La modificación respecto al capilla, consiste en el ensamble a diferentes alturas de cada cambio, lo que permite generar un espacio para una ventana cenital (lucarna). Las dimensiones más comunes de estos invernaderos son:

- Ancho de cada módulo: 6,0 m
- Altura lateral: 2,4 m
- Altura cenital: 3,6 m
- Abertura cenital: 0,3-0,5 m

Los postes se plantan cada 2,0 m, tanto en el lateral como en la parte central, utilizándose postes sulfatados o bien, impregnados con brea al menos en los 0,40-0,60 m que van enterrados (Dante, 2014).

#### **1.3.1.1 Ventajas**

Construcción de mediana complejidad.

Excelente ventilación (al igual que el diente de sierra), siendo muy adecuados para la conformación de baterías.

Empleo de materiales de bajo costo (Dante, 2014).

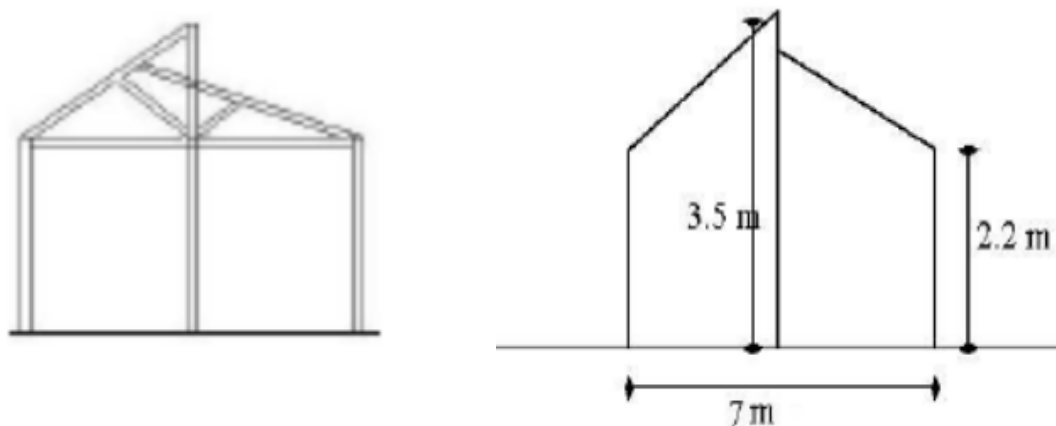
### 1.3.1.2 Desventajas

Sombreo mayor que capilla (debido a mayor número de elementos estructurales de sostén), pero menor que diente de sierra.

A igual altura cenital, tiene menor volumen encerrado que los invernaderos curvos.

Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivos (Dante, 2014).

**Figura N° 4 Estructura del invernadero capilla modificada ( chileno)**



### 1.3.1.3 Estructura

Puede estar constituida por diversos materiales, los más comunes son el metal y la madera. Actualmente, el costo entre estos dos materiales mantiene una relación de 3:1, es decir que una estructura de metal cuesta tres veces más que una de madera. Con respecto a la vida útil de estas estructuras, la de metal está estimada en 25 años, con un pequeño mantenimiento cada tres años; mientras que en madera podemos esperar una duración de 5, con mantenimiento cada 2 años (Torres, 2013).

### 1.3.1.4 Cubierta

Es el elemento que ejerce la verdadera protección del cultivo, porque si bien permite el paso de la luz y el calor, constituye una barrera para el frío, el viento, y cualquier otra

condición climática que no favorezca el buen desarrollo de las plantas. La cobertura debe cumplir los siguientes requisitos fundamentales:

- Resistencia física.
- Duración suficiente para que su utilización sea rentable.
- Máxima transparencia a la radiación de onda corta, que es la luz solar que se recibe durante el día.

Esta última característica es la que conducen a que la temperatura del interior sea superior a la del exterior. Los materiales más comunes utilizados como cobertura son el plástico y el vidrio, cada uno con sus ventajas y sus limitaciones (Torres, 2013).

El plástico puede ser:

**El plástico rígido** (policarbonatos, PVC, etc.) se utiliza por lo general con estructuras metálicas. Tienen un costo elevado.

**El plástico flexible** (polietileno), es el más difundido debido a su menor costo y amplias variedades existentes en el mercado. Se utiliza por lo general con estructuras de madera.

**Por otro lado, el vidrio** tiene una muy larga duración debido a que no se desgasta, pero es el material más caro (Torres, 2013).

### 1.3.1.5 Ubicación

Para elegir el lugar donde construir un invernadero debemos tener en cuenta:

- Exposición al sol y duración del foto-período.
- Vientos predominantes, debemos lograr la exposición mínima.
- Suelo con profundidad efectiva apta para producción de plantines.
- Área libre de anegamientos (inundaciones) estacionales.
- Accesibilidad vehicular.
- Cercanía a fuente de agua y energía eléctrica (Torres, 2013).

### **1.3.1.6 Orientación**

Uno de los factores que más incide en la producción de cualquier especie vegetal es la luz, por lo que debemos procurar que ésta llegue lo mejor posible al invernadero. La orientación del mismo hará que los rayos solares penetren en mayor o menor grado. La orientación más conveniente es ESTE – OESTE, o sea que el lado más largo del invernadero mire hacia el NORTE. Otro factor a tener en cuenta al decidir la orientación del invernadero es el viento. Como mencionáramos anteriormente al hablar de la ubicación, debemos intentar tener una mínima exposición a los vientos predominantes. El viento fuerte trae el peligro de daño tanto en la estructura como en el material de la cubierta. Lo ideal es que el invernadero presente la menor resistencia posible, esto se logra orientando el invernadero con su lado más largo en la misma dirección que el viento o bien, en diagonal (Torres, 2013).

### **1.3.1.7 Forma y tamaño**

La forma del invernadero se elige en función de:

- Los materiales que se utilizan para su construcción.
- La mayor comodidad para la instalación de ventilación.
- El volumen de aire que quede en el interior. (Lo ideal es mantener una relación de 3 m<sup>3</sup> de aire/1 m<sup>2</sup> de superficie cubierta, con lo que se puede garantizar que el aire del interior amortiguará mejor los cambios de temperatura). La superficie cubierta se determina calculando la superficie que se necesitará para el cultivo (Torres, 2013).

### **1.3.1.8 Ventilación**

La ventilación es un aspecto básico a tener en cuenta para el manejo de ambientes controlados. Esto se debe a que no sólo es el método más económico de refrigerar un invernadero, sino que regula también la humedad del aire y favorece la renovación de dióxido de carbono. El área total de ventilación, incluyendo puertas y ventanas debe ser como mínimo equivalente al 20 % de la superficie cubierta del invernadero. Para zonas poco ventosas donde pueda dificultarse la ventilación del invernadero es

conveniente optar por un sistema de ventilación cenital, ésta consiste la ubicación de las ventanas en la parte más alta del techo para crear un efecto de tiraje en el cual no necesitamos de la acción del viento para lograr la renovación del aire. El aire caliente se concentra en la parte superior del invernáculo, y al abrir las ventanas éste sale, simplemente porque sigue subiendo, y a la vez se crea una succión de aire fresco desde las aberturas de abajo, que ocupa el lugar del aire que está saliendo. De ésta manera, con solo abrir las ventanas cenitales, y las puertas o las ventanas laterales, logramos una renovación constante del aire del invernadero inclusive durante los días totalmente calurosos (Torres, 2013).

#### **1.3.1.9 Construcción**

El invernadero tendrá particulares características de acuerdo con el clima en que se vaya a establecer la producción de forraje. Si es para climas cálidos, se puede hacer alto y sin cubrir las partes laterales del invernadero o cubrirlas parcialmente. Si es para clima frío y con el fin de regular la temperatura, especialmente en horas de la noche, se ha de construir un invernadero hermético y con doble pared de plástico (Sangalli, 2015).

#### **1.3.1.10 El piso**

La experiencia aconseja que el piso de invernadero para la producción de forraje verde hidropónico debe ser de concreto, ya que por la gran frecuencia de riegos y la alta humedad relativa es el más funcional para evitar encharcamientos proliferación de hongos y enfermedades. Es ideal para un correcto manejo sanitario de la explotación. También se puede hacer con gravillas u otros materiales similares (Sangalli, 2015).

#### **1.3.1.11 Estructuras de soporte**

Comprende toda la estantería para soportar las bandejas en que se va a cultivar el forraje y puede ser de madera, metal, PVC. Su altura debe ser tal que ofrezca comodidad en las diferentes labores de cultivo. Cada módulo tendrá pendientes longitudinales y transversales para permitir el drenaje de la solución nutritiva en todos los sentidos. (Sangalli, 2015).



#### **1.3.1.12 Modulaci3n**

Generalmente se construyen m3dulos de 4 a 6 niveles, separados entre s3 por calles de 1 metro, para facilitar las labores de siembra, cosecha y aseo. Los niveles van separados entre s3 cada 50 cm y el primer nivel dista 30 cm del suelo, cada nivel debe tener una pendiente del 10 % para drenar la soluci3n sobrante de las bandejas (Sangalli, 2015).

#### **1.3.1.14 Recipientes de cultivo o bandejas**

Con los recipientes que se usan para colocar la semilla para el desarrollo del cultivo, pueden ser diferentes materiales, como asbestos – cemento, l3mina galvanizada, fibra de vidrio, material pl3stico, o formaletas de madera cubiertas de polietileno. Sus medidas var3an de 40 a 60 cm de ancho y de 80 a 120 cm de largo, su profundidad es de 2 a 5 cm (Sangalli, 2015).

#### **1.3.1.15 Sistema de riego**

Hay varios sistemas de riego: por gravedad, por micro aspersi3n y por nebulizaci3n. En el sistema por gravedad, se coloca una tuber3a perforada en la parte superior de 3ltimo nivel, para la cual sale el agua de riego. Esta recorre las bandejas superiores y va drenando hacia los dem3s niveles. El sistema por aspersi3n, la tuber3a va colocada a cierta altura de las bandejas, normalmente 30 o 40 cm, y de ella salen los micro aspersores o boquillas de atomizaci3n que asperjan el agua sobre el cultivo. Se necesita una l3nea de tuber3a por cada piso de bandejas. Este es el sistema que ha dado mejores resultados.

Presenta ventajas considerables frente a los dem3s riegos, ya que es uniforme en el tama3o de gota, no ocasiona ning3n da3o a la semilla, adem3s de aumentar la humedad relativa del invernadero, regula la temperatura y el intervalo de cada riego las ra3ces se oxigenan (Sangalli, 2015).

### **1.4 Hidropon3a**

Hidropon3a, es un conjunto de t3cnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidropon3a permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herb3ceo aprovechando sitios o 3reas como azoteas,

suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. La palabra hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. La hidroponía es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, es decir sin tierra. Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes. Basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes. No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia. Generalmente asociamos esta forma de cultivo con grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología; sin embargo, los orígenes de la hidroponía fueron muy simples en su implementación. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad (Beltrano, 2015).

#### **1.4.1 Origen del forraje verde hidropónico**

El forraje verde hidropónico lleva varias décadas implementándose en Centroamérica y Sudamérica, pero no es sino hasta la década de los 90's que se comienza a estudiar para producirlo comercialmente. A partir de 1990 en México también comienza la investigación siendo el principal objetivo conocer la composición nutritiva en forrajes de distintas semillas (Axayacatl, 2021).

### **1.4.2 Nutrición hidropónica**

Consiste en una novedosa alternativa de producción del forraje verde hidropónico, un modo de sembrar que no requiere tierra ni nutriente, la planta crece sólo con agua. Técnicamente, la producción de FVH es una tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir de semillas con una alta tasa de germinación para producir un forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y apta para la alimentación de animales. (Raimunda, 2013 citado por (Vargas, 2015)).

Indica que la Producción de Forraje Verde Hidropónico, que se caracteriza por ser un suplemento nutricional de alto poder nutritivo. La experiencia, permite la obtención de 7,5 kg. de forraje utilizando 1 kg. de grano de especies comercializadas a bajo costo. Los cultivos necesitan de 70% de humedad y 25°C de temperatura para ser cosechado en 7 a 12 días, sin la utilización de ningún tipo de fertilizante o sustrato. (Neri, 2013 citado por (Vargas, 2015)).

### **1.4.3 Producción de forraje verde hidropónico**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal que se obtiene a partir de la germinación y crecimiento de semillas de cereales. El FVH es de alta digestibilidad, calidad nutricional y es apto para la alimentación animal. El FVH se produce en ausencia del suelo y en condiciones protegidas donde se controlan algunas variables ambientales (luz, temperatura y humedad). El proceso se realiza en contenedores de plástico rígido (charolas) por un periodo de entre 10 y 14 días, con riegos de agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 cm; a partir de ese momento, se continúan los riegos con una solución nutritiva con el fin de proporcionarle los nutrimentos necesarios para el óptimo crecimiento del forraje. El FVH es una alternativa para la alimentación de animales como bovinos, caprinos, ovinos, equinos, porcinos, aves, entre otros; y es especialmente útil en periodos de escasez de forraje verde (Juárez P. et al., 2013).

Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. El forraje verde hidropónico es el resultado de la germinación de los granos de cebada, maíz, sorgo,

avena, trigo, en condiciones óptimas de temperatura, iluminación y riego. En el proceso de germinación de una semilla se producen una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas muy importantes. El germen, embrión de la futura planta, a partir de un almacén de energía en forma de hidratos de carbono o lípidos, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía lumínica (fotosíntesis) y absorber elementos minerales de la solución nutritiva. En este estado, la planta, tanto en su parte aérea como en la zona radicular, se encuentra en un crecimiento acelerado, con muy poca fibra y alto contenido de proteína en su composición, ésta última, se encuentra en estado de formación, por lo que gran parte de los aminoácidos están en forma libre y son más fácilmente aprovechables por los animales que la consumen. El forraje verde hidropónico es, por tanto, un producto de especiales características alimenticias (Valdivia, 1996 citado por (Angel, 2005)).

#### **1.4.4 Factores que influyen en la producción de FVH**

**Calidad de la Semilla:** El éxito del FVH inicia con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica (Juárez P. et al., 2013).

**Iluminación:** En ausencia de luz la fotosíntesis se ve afectada negativamente, por lo que la radiación solar es básica para el crecimiento vegetal y, en consecuencia, en el rendimiento final (Juárez P. et al., 2013).

**Temperatura:** La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH, por lo que se debe efectuar un adecuado control de la temperatura. La producción óptima del FVH de maíz se sitúa entre los 21 y 28 centígrados (Juárez P. et al., 2013).

**Humedad:** La humedad relativa en el interior del invernadero es muy importante. Ésta no debería ser menor a 70 %. Valores de humedad superiores a 90 % sin adecuada ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido enfermedades fungosas difíciles de eliminar, además de incrementar los costos operativos (Juárez P. et al., 2013).

**Calidad del agua de riego:** La calidad de agua de riego es otro de los factores importantes en la producción de FVH. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su potabilidad. (Juárez P. et al., 2013)

**pH del agua de riego:** El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.5 y 6.0 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7.5, el resto de las semillas empleadas en la producción de FVH, no se comportan eficientemente por arriba de 7 (Juárez P. et al., 2013).

**Conductividad eléctrica del agua y de la solución nutritiva:** La conductividad eléctrica (CE) del agua indica cual es la concentración de sales en una solución. Su valor se expresa en deciSiemens por metro ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) y se mide con un conductímetro previamente calibrado (Juárez P. et al., 2013).

#### **1.4.5 Ventajas y desventajas del FVH**

##### **1.4.5.1 Ventajas**

Las ventajas del sistema de producción de forraje verde hidropónico son:

**Ahorro de agua.** Al utilizar el sistema de producción FVH la pérdida de agua por escurrimiento superficial, infiltración y evapotranspiración es mínima comparada con la producción convencional de forraje. La técnica del FVH emplea menos de dos litros de agua para producir un kg de forraje, lo que equivale a 8 litros para promover un kg de materia seca de FVH (considerando un 25% de materia seca del FVH), cantidad notablemente menor a los 635, 521, 505, 372 y 271 litros de agua por kg de materia seca producida de avena, cebada, trigo, maíz y sorgo respectivamente, cultivados a campo abierto. Menor costo de producción y eficiencia en el uso del espacio. En general, el costo de producción de FVH es 10 veces menor comparado con la producción de cualquier forraje en espacios abiertos. El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en sistema vertical lo que optimiza el uso del espacio útil por metro cuadrado. Se ha estimado que 170 m<sup>2</sup> de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena son equivalentes a 5 hectáreas con producción convencional de forraje de la misma especie (FAO, 2001).

**Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH tiene un ciclo de 10 a 14 días. En algunos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza después de los 14 días, a pesar de que el óptimo definido por varios estudios ha mostrado que la cosecha no debería extenderse más allá del día 12, debido a que a partir de ese día el valor nutricional del FVH disminuye (FAO, 2001).

**Calidad del forraje.** El FVH es un alimento succulento de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de adecuada aptitud comestible para los animales. Su valor nutritivo deriva de la germinación de las semillas. El FVH es rico en vitaminas, especialmente la A y E, contiene carotenoides que varían de 250 a 350 mg por kg de materia seca (MS), posee una elevada cantidad de hierro, calcio y fósforo, su digestibilidad es alta puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa (FAO, 2001).

**Inocuidad.** El FVH producido en condiciones adecuadas de manejo representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de plagas ni enfermedades. Con el FVH los animales no comen hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción (FAO, 2001).

#### **1.4.5.2 Desventajas**

Las principales desventajas de producción de FVP son las siguiente:

**Desinformación y falta de capacitación.** En la producción de FVH se debe considerar la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de agua, nutrientes, condiciones de luz, temperatura, humedad relativa, entre otros. Asimismo, la producción de FVH es una actividad continua y exigente en cuidados diariamente, por lo que la falta de conocimientos e información pueden representar desventajas para los productores (FAO, 2001)

**Costos de instalación.** Algunos autores mencionan como desventaja el costo de instalación, sin embargo, se ha demostrado que utilizando estructuras de invernaderos de bajo costo (tipo túneles), se pueden obtener excelentes resultados (FAO, 2001)

**Bajo contenido de materia seca.** En general, el FVH tiene bajo contenido de materia seca, lo que se resuelve agregando diversos rastrojos o alimento concentrado para complementar la ración en la alimentación del ganado. Como se puede apreciar, al comparar las ventajas con las desventajas imperan las ventajas, sobre todo por la posibilidad de producir forraje inocuo en corto tiempo, con menor cantidad de agua y en menor espacio. Las condiciones climáticas durante el año 2012 han sido críticas debido a la sequía que afectó principalmente a la región norte de México, Adicionalmente, diversos escenarios climáticos prevén aumento de la temperatura en varias regiones de México así como mayor incidencia de eventos extremos durante los próximos años, por lo que se considera que la producción de FVH podría representar una alternativa para complementar la alimentación del ganado y contrarrestar los efectos de cambio climático en los sectores agrícola y ganadero (FAO, 2001).

#### **1.4.6 Sistema de producción de forraje verde hidropónico**

Además, es el resultado del proceso de germinación de granos de semillas de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, trigo, alfalfa) sobre bandeas, durante un periodo de 7 a 14 días, las cuales captan y transforman la energía del sol y asimilan los minerales de la solución nutritiva. La producción de FVH, se desarrolla en nueve etapas: (FAO, 2001).

##### **1.4.6.1 Semillas**

Las tres partes fundamentales de la semilla son:

- El tegumento, que es la capa que envuelve a la semilla, le sirve de protección, es impermeable y solamente después de un tiempo prolongado de humedecimiento se reblandece permitiendo el paso de la humedad.
- El albumen, que constituye la materia de reserva, es rico en azúcares y almidones, y facilita la germinación del embrión, es decir, mientras la planta no pueda sintetizar minerales, se alimenta de estas reservas.

- El embrión, que una vez desarrollado será la futura planta, es decir, toda la información genética que determina las características de la planta estará contenida en el embrión (Torres, 2013).

#### **1.4.6.2 Selección de la semilla**

En términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento (FAO, 2001).

Se deben tener en cuenta los siguientes factores:

**Semillas certificadas:** son muy caras y tienen agregados de sustancias químicas que pueden no ser aptas para el cultivo de forrajes sino de plantas de producción.

**Semillas no certificadas:** Son las ideales porque no son costosas, pero conseguirlas no es fácil. Hay que tratar de establecer relación directa con un productor de semillas que sea responsable y que le permita probar las semillas antes de comprarlas. Se pueden probar de la siguiente manera: tomar un puñado de semillas de uno de los sacos y viértalas en un recipiente lleno de agua. Las buenas semillas deben hundirse y no flotar (al menos 95% deben hundirse) de no ser así, se sabe que no están frescas y no van a germinar. Recordar que las semillas no son para hacer grandes plantas de producción de calidad sino pequeñas plántulas que crezcan un máximo de 15 a 20 cm.

Entonces lo que interesa es que germinen bien todas las semillas posibles (Torres, 2013).

#### **1.4.6.3 Desinfección de la semilla**

Una vez que se han seleccionado semillas que sabemos tienen frescura (por el método antes descrito), se deben lavar las semillas con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (lejía 10cc en un litro de agua). Se hace por no menos de 30 segundos ni más de tres minutos. Esto asegura que no haya patógenos en los cultivos (hongos o bacterias). No hay riesgo de inactivar las semillas. Se deben luego lavar las semillas con agua limpia para eliminar los



restos de cloro (Torres, 2013).

#### **1.4.6.4 Lavado de la semilla**

Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (“solución de lejía”, preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias (FAO, 2001).

#### **1.4.6.5 Remojo y germinación de las semillas**

Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo se dividirá a 3 su vez en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procede a sacarlas, escurrirlas y orearlas durante 1 hora. Mediante este fácil proceso se está induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que se le efectúa a su embrión. Esta pre germinación asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo se estará utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. El cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas (FAO, 2001).

Luego, se deben colocar las semillas en bolsas de tela que no sea impermeable y se deben colocar en remojo durante 12 horas, luego se deben dejar airear por 2 horas. Esto asegura que las semillas tengan suficiente oxígeno y humedad. Al terminar las 2 horas de estar al aire se deben colocar nuevamente en la bolsa y remojar 12 horas más para luego airearlas dos horas más (Torres, 2013).

12 horas de remojo (1litro de agua por kilo de semilla) 2 horas de aireación, 12 horas más de remojo, 2 horas más de aireación. Este proceso se llama pre-germinación y asegura la estimulación de la semilla a que germine de forma rápida y fuerte. Después de la pre germinación, se debe hacer la verdadera germinación, que se realiza en bandejas de plástico o en bandejas de fibra de vidrio o en lo que usted quiera con tal que tenga amplia superficie, baja profundidad (10cm) y pueda almacenar agua. Hay

muchas técnicas de germinación de semillas para el FVH, pero la que más se ha comprobado que es costo efectivo es el siguiente: Se esparce una fina capa de semillas ya germinadas del mismo cereal que vamos a sembrar (de 1 a 1,5 cm) Sobre esta capa se agregan las semillas recién salidas del proceso de pre-germinación con una densidad de 2,4 a 3,4 kilos de semillas por metro cuadrado, recordando no superar 1,5 centímetros de altura en la bandeja. Se cubren con periódicos que vamos a humedecer. Tapamos con plástico negro para proveer un ambiente sin luz que estimula a las plántulas a brotar (buscando luz por supuesto), además que así ahorramos agua (Torres, 2013).

#### **1.4.6.6 Dosis de Siembra**

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja (FAO, 2001).

#### **1.4.6.7 Siembra en las Bandejas e Inicio de los Riegos**

Realizados los pasos previos, se procede a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuye una delgada capa de semillas pre germinada, la cual no debe sobrepasar 1,5 cm de altura o espesor. Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente se tapa todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación (FAO, 2001).

#### **1.4.6.8 Riego de las bandejas**

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. El riego por inundación no es recomendado dado que causa generalmente excesos de agua que estimulan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo (FAO, 2001)

#### **1.4.6.9 Riego con Solución Nutritiva**

Indica que la solución nutritiva allí expuesta se puede utilizar para la producción de FVH a una concentración de “¼ full”, es decir, por cada litro de agua se usa 1,25 cc de solución concentrada “A” y 0,5 cc de solución concentrada “B”. Finalmente, no olvidar que cuando se llega a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. (Izquierdo, 1993 citado por (FAO, 2001)

#### **1.4.6.10 Fertilización en la producción de FVH**

El uso de fertilización en la producción de FVH resulta positiva como para recomendar su uso. Probando distintas dosis de fertilización en avena, encontró los mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo de FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en solución nutritiva. La pérdida de materia seca durante los primeros 11 días es menor en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada (100; 200 y 400 de nitrógeno) que en el caso del testigo (sin fertilizar). El tratamiento de 200 ppm presento a los 11 días un 94% de materia seca respecto al primer día, mientras que en el día 15, marco tan solo 76% (Dosal, 1987 citado por (FAO, 2001)

#### **1.4.6.11 Cosecha del FVH**

Comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi germinadas. Todo esto forma un solo bloque alimenticio, el cual es sumamente fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado, para favorecer una fácil ingesta y evitar rechazos y pérdidas de forraje en el suelo. Se recomienda utilizar el FVH recién cosechado, sin embargo, no existen problemas sanitarios de conservación por unos cuantos días salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional (FAO, 2001)

**CAPÍTULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODO**

## CAPÍTULO II

### 2 MATERIALES Y MÉTODOS

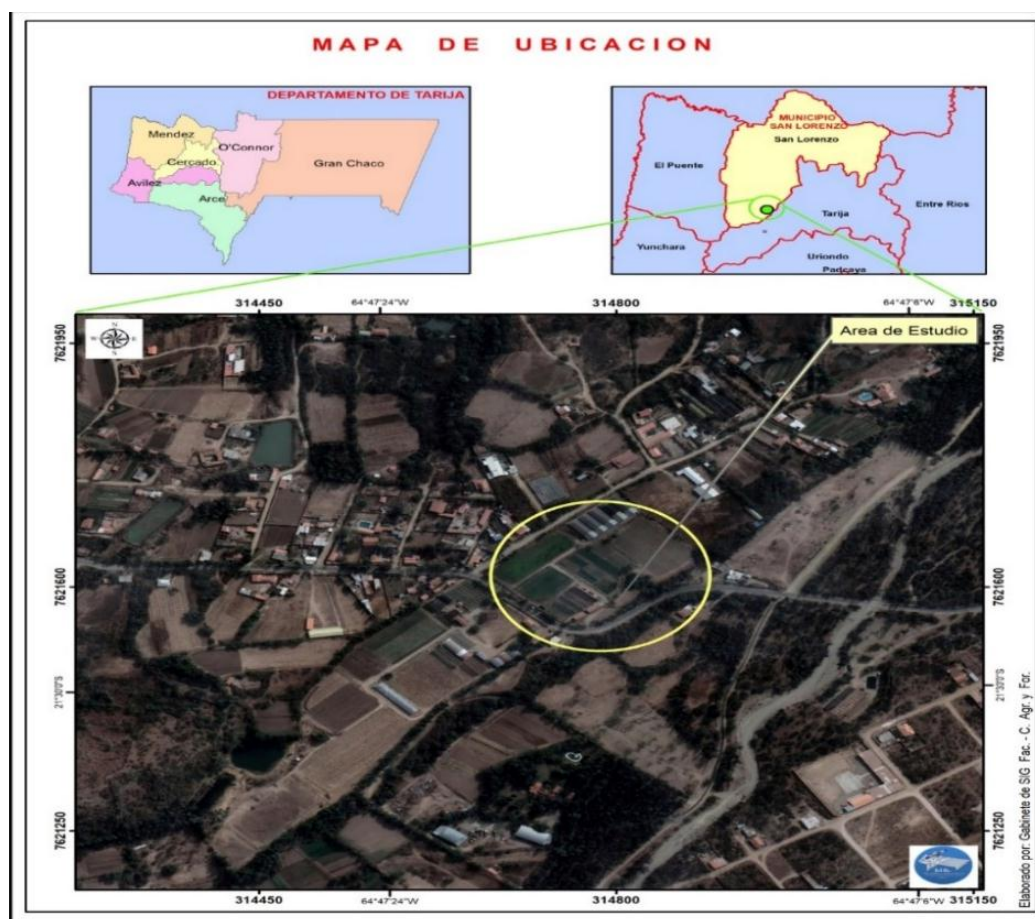
#### 2.1 Localización

Se realizó el presente trabajo de la producción de forraje verde hidropónico que estuvo ubicado en la zona de Coimata, en el instituto Tecnológico Eustaquio Méndez, provincia Cercado del departamento de Tarija.

#### 2.2 Ubicación

Con las coordenadas: Latitud  $-21,49715^{\circ}$  o  $21^{\circ} 29' 50''$  sur, Longitud  $-64,79388^{\circ}$  o  $64^{\circ} 47' 38''$  oeste.

**Mapa N° 1 Ubicación en el contexto regional**



Fuente: SIG,2023

## 2.3 Características del área

### 2.3.1 Clima

En cuanto a las temperaturas de Coimata está con una temperatura media de 18,83 C, con una máxima de 26 y mínima de 10,5 C.

### 2.3.2 Precipitación

Cuentan con una precipitación anual de 1042,3 mm, una temperatura máxima media de 25,8, una temperatura mínima media de 9,4, una humedad relativa de 68%.

### 2.3.3 Viento

**Cuadro N° 4 Estación de Coimata**

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
Dirección del viento	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Velocidad del viento (Km/hr)	4,2	4,1	3,5	3,7	4,1	3	3,9	5,1	5,1	4,5	4,5	4,3	4,2

**Fuente: (Condori, 2019)**

En la estación de Coimata la dirección predominante del viento es del Sur, la misma alcanza una velocidad promedio de 4.2 Km/hr. La intensidad de la velocidad máxima del viento alcanza en los meses de agosto a febrero de 5,1- 4,1 Km/hr (Condori I. , 2019).

## 2.4 Materiales

En la presente investigación se utilizó los siguientes materiales.

#### **2.4.1 Material vegetal**

Se utilizó 3,61 Kg de semilla certificada de sorgo (*Sorghum bicolor*) para las tres densidades de la variedad Jumbo Argentino, semilla forrajera de la ciudad de Tarija. También se utilizó 3,73 kg de semilla de maíz (*Zea mays*) para las tres densidades de la variedad criolla procedente del Villa Abecia es una localidad y municipio de Bolivia, capital de la Provincia de Sud Cinti en el departamento de Chuquisaca.

#### **2.4.2 Material de campo**

Bandejas de plástico 24 unidades

Balanza electrónica de 100 kg de capacidad

Hipoclorito de sodio al 1% de concentración

Plástico negro

Baldes de 10 L

Termómetro de máximas y mínimas

Regla metálica de 30 cm

Cámara fotográfica

Temporizador

Bomba

Instrumentos de aseo

#### **2.4.3 Materiales de riego tecnificado**

Nebulizadores

Manguera ciega de 16 mm

Microaspersores

Implementos para la manguera ciega

Tacho de 110 lts.

Válvula de retención

Cintas plásticas

#### **2.4.4 Material de escritorio**

Equipo de computación

Tablas de registros

Lapiceras

### **2.5 Metodología**

#### **2.5.1 Diseño experimental**

El diseño experimental que se realizó para esta investigación fue el diseño bloques al azar con arreglo bifactorial con (3 x 2) con 6 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo en total de 24 unidades experimentales.

##### **2.5.1.1 Factores:**

###### **Factor Especie:**

E1= Sorgo

E2=Maíz

###### **Factor Densidades:**

D1= 0,550 kg por bandeja

D2= 0.450 kg por bandeja

D3= 0.400 kg por bandeja



### 2.5.1.2 Tratamientos

**Figura N° 5 Descripción de los Tratamientos**

TRATAMIENTOS		DESCRIPCIÓN
<b>T1</b>	E1D1	Sorgo + 0,550 Kg
<b>T2</b>	E1D2	Sorgo + 0,450 Kg
<b>T3</b>	E1D3	Sorgo + 0,400 Kg
<b>T4</b>	E2D1	Maíz + 0,550 Kg
<b>T5</b>	E2D2	Maíz + 0,450 kg
<b>T6</b>	E2D3	Maíz + 0,400 Kg

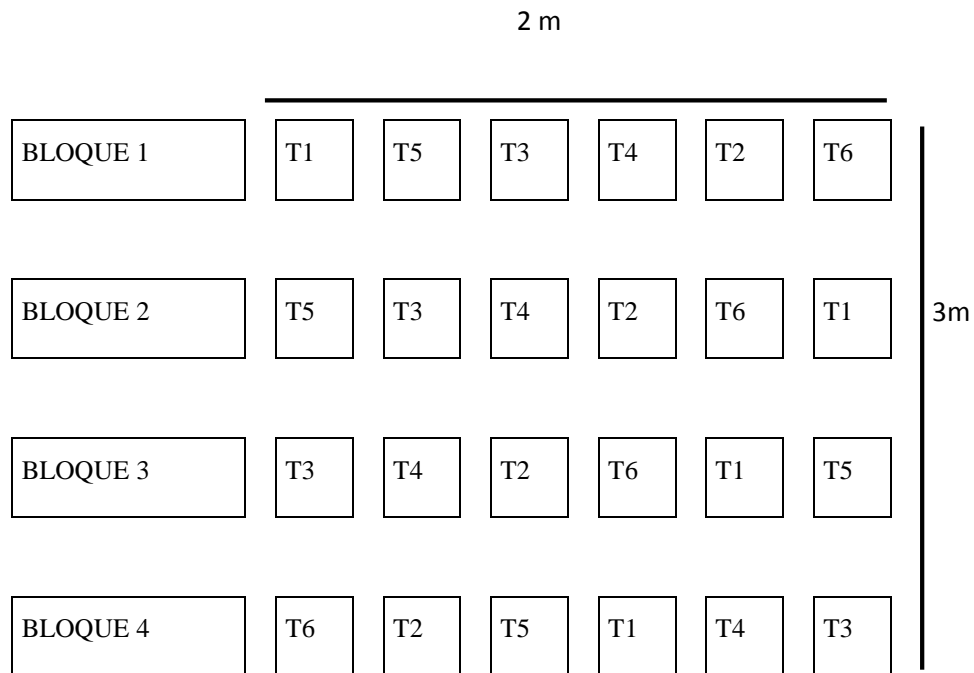
### 2.5.1.3 Unidades Experimentales:

Un total de 24 unidades experimentales compuestas por una bandeja de plástico para una producción de forraje verde hidropónico.

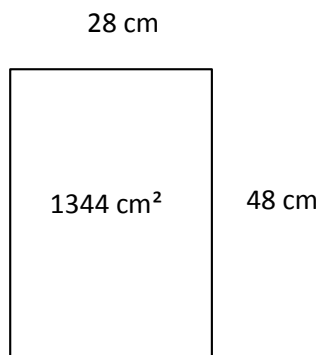
Estas bandejas tenían un área de 28cm x 48cm donde se colocó separadamente un tratamiento para cada bandeja las cuales tenían orificios de drenaje para evitar el exceso del agua.

## 2.6 Croquis del diseño

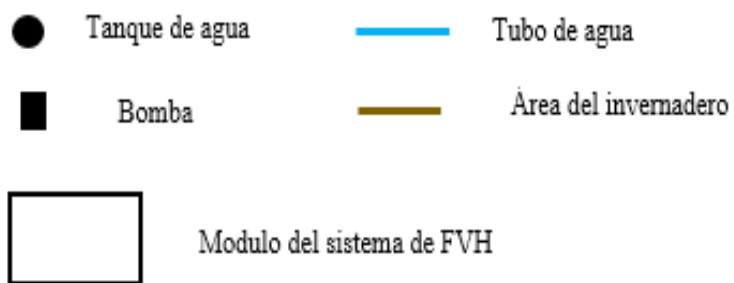
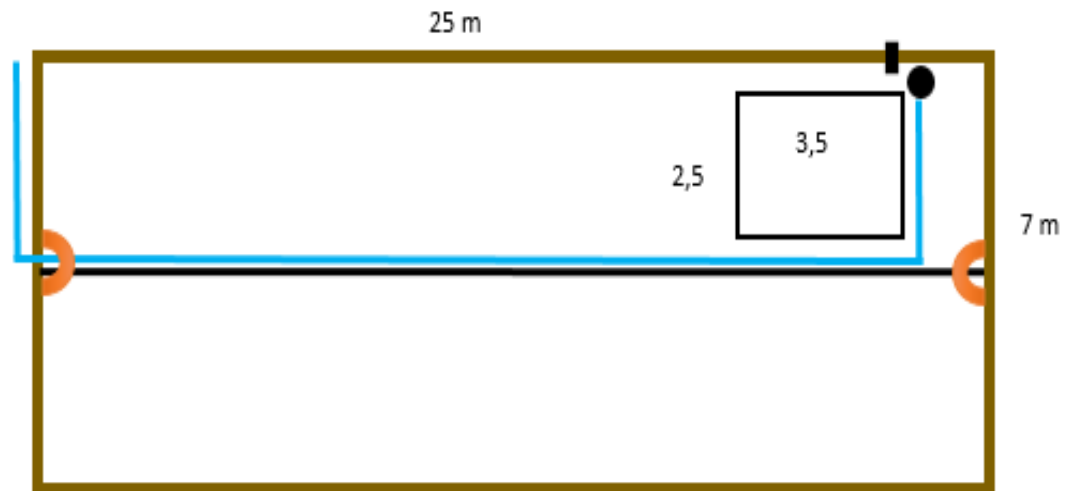
Croquis experimental en el invernadero



Tamaño de las bandejas de largo 48cm y de ancho 28cm.



**Figura N° 6 Estructura referencial del sistema hidropónico que se utilizó en la producción FVH**



## **2.7 Descripción del procedimiento**

### **2.7.1 Ubicación de la investigación**

El trabajo de investigación se realizó en el Instituto Tecnológico Eustaquio Méndez, ubicado en la comunidad de Coimata de la ciudad de Tarija donde las características son favorables para un invernadero, el cual es un sitio plano con agua y luz.

### **2.7.2 Preparación del área del terreno**

Se hizo el desmonte del área donde se fijó el invernadero procediendo luego a nivelar el área, se alineó, ver la posturas y orientación para fijar el invernadero y la excavación de los hoyos para la fijación de postes.

### **2.7.3 Construcción de invernadero**

El invernadero se construyó de un tipo capilla modificado estilo chileno con las dimensiones de 25 metros de largo y 7 metros de ancho con el cual nos dan un invernadero de 175 m<sup>2</sup>. Una vez tenido las medicas del invernadero se procedió a realizar la excavación en los lugares de donde se colocarán los postes, la distancia de poste a poste fueron de 2 metros con una profundidad de 50 centímetros.

Luego de nivelar y alinear los postes de los costados uniéndoles entres sí, se colocaron los postes centrales. Para la construcción del techo se dejó una lucarna que es una ventana superior de 40 centímetros a lo largo de un extremo de la construcción. Para la orientación de la lucarna debe ser de la dirección del viento y no contra a ello. Después que se obtuvo la estructura montada se colocó el plástico de polietileno (agro fil) asegurando con las puntas juntas y los clavos de 3 pulgadas.

### **2.7.4 Estructura del Soporte del FVH**

Se comprendió con un tipo estantería de metal para el soporte de las bandejas que se cultivó el forraje. Donde sus dimensiones fueron de 2 de ancho, 3 de largo donde se dio la comodidad para las bandejas y 2 de altura para proceder la instalación del riego

y se procedió a desinfectar tanto la estructura de forraje verde hidropónico mangueras y bandejas que se utilizaron.

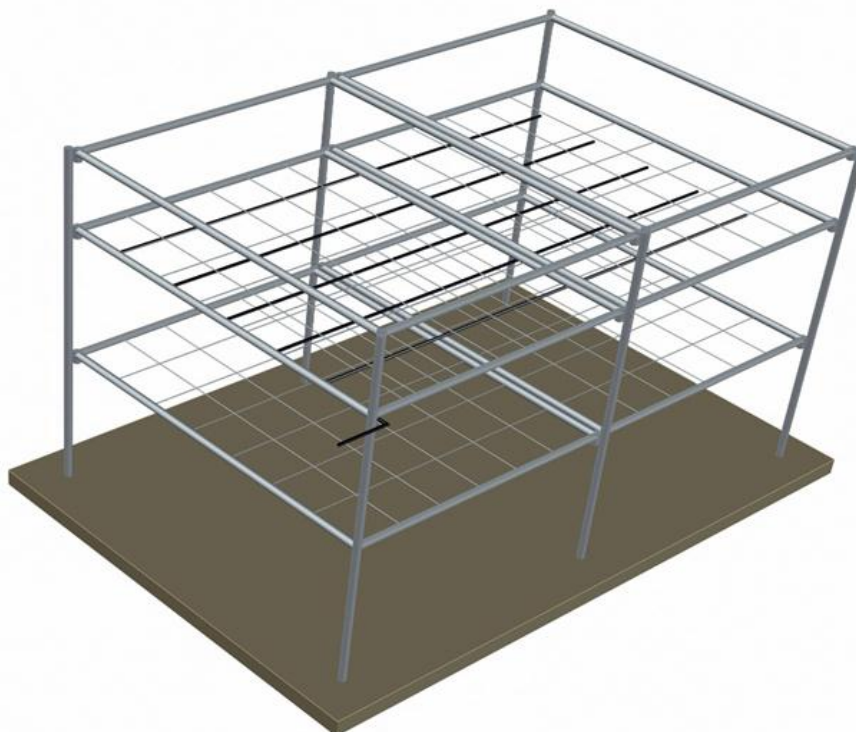
**Figura N° 7 Estructura de soporte para las bandejas para la producción de FVH vista frontal**



**Vista lateral**



### Vista Perspectiva desde arriba

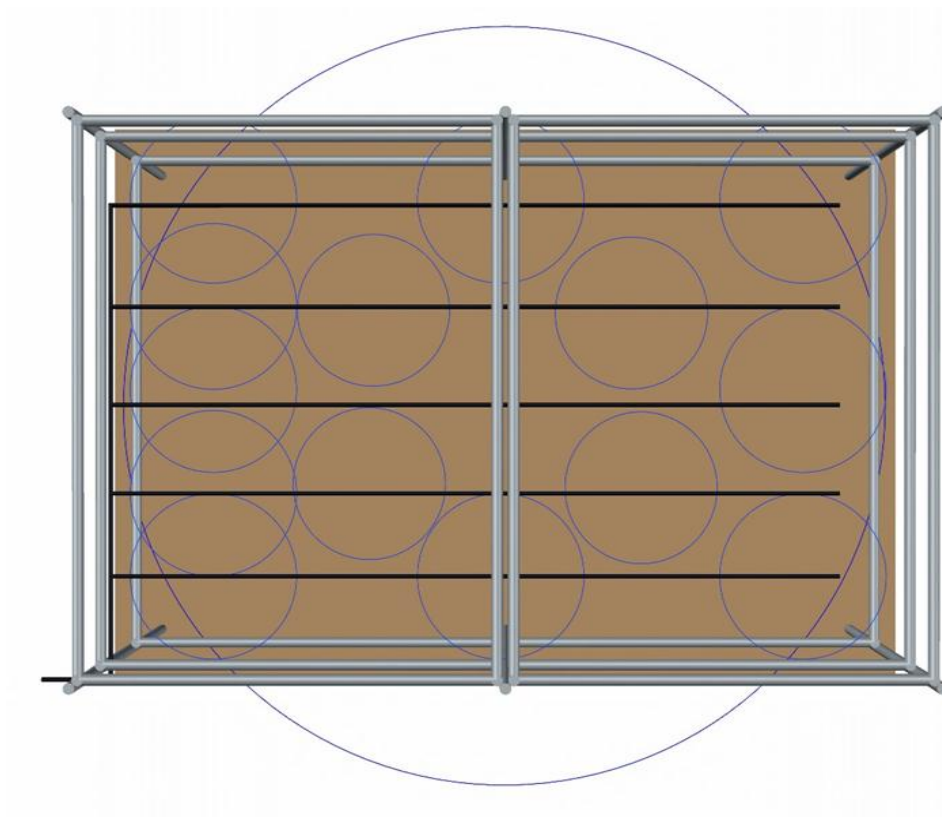


#### 2.7.5 Instalación del sistema de riego

El sistema de riego estuvo compuesto por un tanque con una capacidad de 120 litros de agua, una bomba de agua de capacidad  $\frac{1}{2}$  HP de presión. Luego se instaló la cañería de la bomba hacia el tanque de agua que se recorrió en un costado del módulo distribuyendo el agua de riego al piso de donde se encontró las bandejas.

En la conducción del agua de riego se llevó a cabo con manguera ciega donde se instaló los emisores de tipo nebulizadores y un micro aspersor.

**Figura N° 8 Distribución de la Instalación de Riego vista desde arriba**



**Fuente: Elaboración Propia.**

#### **2.7.5.1 Las características de los nebulizadores:**

FOGDA24-250BRB, gotas de 65 micras de tamaño de media a 4,1 bar (60 psi), capa uniforme de gotas finas para la propagación y la aplicación de productos químicos, la incorporación de una válvula anti-goteo permite un arranque instantáneo del sistema y evita el drenaje de la tubería, el desmontaje y montaje para la limpieza y mantenimiento es sencillo y sin necesidad de herramientas, construcción en termoplástico de grado de ingeniería resistente a la radiación UV para protección contra la corrosión, presión operativa: 3,10 a 4,1 bar (45 a 60 psi), caudal medio por boquilla: 6,05 l/h (1.6 gph), sustitución sencilla en los sistemas de nebulización existentes, garantía de dos años en materiales, mano de obra y desempeño; las boquillas están garantizadas a mantener el tamaño correcto del orificio durante cinco años.

**Figura N° 9 Micro nebulizador: FOGDA24-250BRB**



Fuente: Fotográfica, 2022

### 2.7.5.2 Características del Micro aspersor

Permite identificar el caudal por el color de rotor (que es la parte móvil) Azul: 30 l/h, Rojo: 50l/h, Verde: 80 l /h y Negro 120 l/h.

Presión óptima de trabajo: 1.5 – 2.5 bar.

Suministro: Suelto o como set (montados completamente con varilla de 50 cm. micro turbo de PVC y toma de conexión). Está fabricado el rotor en resina acetálica que permite bajo desgaste y rozamiento.

**Cuadro N° 5 Características del Micro aspersor**

Color	1 Bar	2 Bar	3 Bar	4 Bar
Verde	80	120	150	170

Fuente: (Plasgot, 2019)

Diámetro (m)	1 Bar	2 Bar	3 Bar
Verde	2.50	2.80	3

Fuente: (Plasgot, 2019)



**Figura N° 10    Micro aspersor**



**Fuente: Fotográfica, 2022**

### **2.7.6 Selección de la Semilla**

Se utilizó semillas de calidad certificada el sorgo porque es difícil encontrar semilla, de la semilla de maíz se utilizó maíz criollo sin certificar, de origen conocido, adaptada a las condiciones locales, de probada germinación y rendimiento, libres de impurezas y fundamentalmente libres de pesticidas tóxicos.

### **2.7.7 Lavado de la semilla**

La semilla se procedió al lavado y la desinsectación con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (“solución de lejía”, preparada, diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tuvo por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes y liberarlas de residuos. El tiempo que se dejaron las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, será de 2 o 3 minutos. Finalizado el lavado se procedió a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

### **2.7.8 Remojo y germinación de las semillas**

Esta etapa consistió en colocar las semillas dentro de un balde o recipiente y sumergiéndola completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa pureza. Este tiempo se dividirá a su vez en 2 períodos de 12

horas. Cada 12 horas se procedió a sacar las semillas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Nuevamente por 12 horas para realizar el último oreado.

La etapa de remojo o pre germinación se realizó con las semillas colocadas dentro de las bandejas que facilitara el escurrido, las cuales fueron sumergidas en el balde o recipiente.

Se utilizó suficiente cantidad de agua para cubrir completamente las semillas.

### **2.7.9 Densidad de Siembra**

Se indicó que las densidades de semillas que se utilizaron oscilan entre 0,550 kg, 0,450 kg y 0,400 kg en peso mojado dando un requerimiento total de 5,6 kg peso seco en el sorgo y 5,6 kg peso seco en el maíz considerando que la disposición de las semillas en bandejas de 28 x 48 con una altura de 4 cm.

**Cuadro N° 6 Relación de semilla de peso seco y peso mojado**

ESPECIE	PESO SECO	PESO MOJADO
Sorgo	5,6 kg	8,68 kg
Maíz	5,6 kg	8,4 kg

### **2.7.10 Siembra en las Bandejas**

Se realizó los pasos previos, se procedió a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuyó una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm de altura o espesor.

Posteriormente, se tapa todo con un plástico negro todo el sistema de producción o estructura del sistema de forraje verde hidropónico, recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación. Mediante esta técnica se les proporciona a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y

crecimiento inicial. Una vez detectada la germinación completa de las semillas retiramos el plástico negro.

### 2.7.11 Riego

En el riego se usó un temporizador que tiene para programar 20 tiempos de riego por día de los cuales se utilizó 10 tiempos.

El riego se realizó en intervalos de una hora el riego en los primeros 7 días luego, de la germinación se procedió a cambiar el riego a cada 2 horas hasta la cosecha. El riego comenzaba desde las 8 am hasta las 5 pm. El agua conto con un pH 5,41 que fue determinado por un pH metro en el instituto con una muestra de agua.

**Cuadro N° 7 Programación de Riego en los Primeros 7 días de Germinación**

Tiempo	Encendido	Apagado	Cantidad de Riego L/2min
Primer Tiempo	8:00	8:02 AM	2.16
Segundo Tiempo	9:00	9:02 AM	2.16
Tercer Tiempo	10:00	10:02 AM	2.16
Cuarto Tiempo	11:00	11:02 AM	2.16
Quinto Tiempo	12:00	12:02 PM	2.16
Sexto Tiempo	13:00	1:02 PM	2.16
Séptimo Tiempo	14:00	2:02 PM	2.16
Octavo Tiempo	15:00	3:02 PM	2.16
Noveno Tiempo	16:00	4:02 PM	2.16
Decimo Tiempo	17:00	5:02 PM	2.16

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N° 8 Programación de Riego del octavo día de Riego hasta la Cosecha**

Tiempo	Encendido	Apagado	Cantidad de Riego L/3min
Primer Tiempo	8:00	8:03 AM	3.24
Segundo Tiempo	10:00	10:03 AM	3.24
Tercer Tiempo	12:00	12:03 AM	3.24
Cuarto Tiempo	14:00	14:03 PM	3.24
Quinto Tiempo	16:00	16:03 PM	3.24
Sexto Tiempo	18:00	18:03 PM	3.24

Fuente: Elaboración Propia

### 2.7.12 Cosecha

Se realizó en un lapso de tiempo de 20 días para obtener los datos de las variables determinadas como la altura, el porcentaje de germinación, el peso de la materia verde y finalizando el peso de la materia seca de cada uno de los tratamientos y se procedió a la toma de los datos dichos anteriormente.

### 2.8 Variables

En el presente trabajo se tomó 4 variables para el efecto de los tratamientos en estudio sobre Forraje Verde Hidropónico que se establecieron en la presente investigación.

**Cuadro N° 9 Variables**

VARIABLES	UNIDADES DE MEDIDA
Porcentaje de la germinación	%
Altura de la plántula o tapete	cm
Rendimiento de Materia Verde	Kg/m <sup>2</sup>
Rendimiento de Materia Seca	Kg/m <sup>2</sup>

### 2.8.1 Porcentaje de la germinación

Se comenzó a tomar un tratamiento y se cortó un área de 4cm x 4cm, se comenzó a contar el total de semillas en el área y el total de las semillas no germinadas del total de semillas se restó el total de semillas no germinadas dando así el número de semillas germinadas y de ahí obteniendo el porcentaje de semillas germinadas. Esto se aplicó a cada uno de los tratamientos y replicas.

El porcentaje de germinación completa se calcula como sigue:

$$\text{Porcentaje de germinación (\%)} = \frac{\text{Cantidades de semillas germinadas}}{\text{Cantidad total de semillas del área}} \times 100$$

### 2.8.2 Altura de la Plántula o Tapete

Para la toma de datos de la altura se procedió a medir con una regla desde la base de la bandeja hasta la punta de la última hoja con cada respectivo tratamiento y replica de las cuales se tomaron en centímetro a los 20 días.

### **2.8.3 Materia Verde**

Una vez transcurrido los 20 días se procedió al pesaje en kilogramos por tratamiento y repeticiones en una balanza en donde se depositó el forraje para luego anotar el peso y calcular el rendimiento del forraje verde hidropónico en relación al Kg de semilla utilizada.

### **2.8.4 Materia seca**

Se tomó 100 gramos de cada tratamiento y replica y se procedió a hacer el secado en un microondas como un primer tiempo de 5 minutos a partir de ahí se comenzó a pesar y de nuevo hacer el secado en el microondas con un tiempo de 2 minutos a partir de ahí se volvía a hacer el pesado y repetir continuamente este procedimiento hasta que el peso se mantenga en el mismo parámetro o valor.

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso seco}}{100 \text{ g MV}} \times 100$$

## **2.9 Análisis de costo beneficio**

Se realizaron los cálculos económicos para determinar que se obtiene con este presente trabajo para obtener el valor de inversión que se aplica en este sistema de producción y sacar un parámetro de rendimiento obtenido en este sistema en un lapso de 12 meses que es el tiempo para obtener resultados en cualquier producción pecuaria en condiciones de un sistema de producción de forraje verde hidropónico, sacar la relación de los costos, el beneficio que tendrá este sistema económicamente y ver si es rentable o sostenible. (Castro, 2007) citado por (Cantunta, 2015).

**Ingreso Bruto**

$$I.B. = R * P$$

Dónde:

I.B. = Ingreso bruto

R = Rendimiento

P = Precio del producto

**Ingreso Neto**

$$I.N. = I.B. - C$$

Dónde:

I.N. = Ingreso Neto

I.B. = Ingreso Bruto

C = Costo de Producción

**Relación Beneficio Costo**

$$B/C = I.B. / C$$

Dónde:

I.B. = Ingreso Bruto

C = Costo Total

Considerando los costos de insumos mano de obra y herramientas.

Cuando: (Castro, 2007) citado por (Cantunta, 2015).

B / C = Mayor a 1 es rentable

B / C = Igual a 1 sin perdidas

B / C = Menor a 1 no es rentable

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIONES**



## CAPÍTULO III

### 3.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1.1 Altura (cm) de la plántula o tapete del sorgo y maíz.

La lectura de la altura de plantas de ambas especies fue tomada en centímetros desde la parte de la base a la punta del ápice, para el análisis de varianzas se trabajó con datos de la cosecha tomada a los 20 días.

**Cuadro N° 10 Datos de las alturas(cm) del Sorgo y Maíz**

Tratamientos	N° Replicas				Total	Media
	I	II	III	IV		
T1	16,5	16,7	15,5	14,9	63,6	15,9
T2	16,6	14,2	14	12,5	57,3	14,33
T3	13,7	14,8	12,5	11,8	52,8	13,2
T4	15,8	16,5	16,5	15,3	64,1	16,03
T5	16,2	12,3	17	13,8	59,3	14,83
T6	14,4	12,1	14,3	13,8	54,6	13,65
Total	93,2	86,6	89,8	82,1	351,7	
Media	15,53	14,43	14,97	13,68		

**Fuente: Elaboración propia.**

En cuanto los datos del cuadro N° 11 de la altura se puede afirmar que el T4 (maíz + 0,550 kg) obtuvo el mayor valor promedio de 16,03 cm seguido el T1 (sorgo + 0,550 kg) con un valor promedio de 15,9 cm, como tercer lugar el T5 (maíz + 0,450 kg) con

un promedio de 14,83 cm. Como los tres últimos fueron T2 (sorgo+0,450kg), T6 (maíz+0,400kg) y el T3 (sorgo+0,400kg).

**Cuadro N° 11 Interacción factor especie/ factor densidad**

Relación	D1	D2	D3	Total	Media
E1	63,6	57,3	52,8	173,7	14,48
E2	64,1	59,3	54,6	178	14,8
Total	127,7	116,6	107,4	351,7	
Media	15,96	14,58	13,43		

**Fuente: Elaboración propia.**

En el cuadro N° 12 en la interacción de factor especie sobre factor densidad se puede confirmar que el factor especie E2 (maíz) obtuvo mayor valor promedio de 14,48cm a diferencia del factor E1 (sorgo) que obtuvo un valor menor de 14,48cm.

En las densidades la interacción con el factor especie se observa que la D1 demostró mayores rendimientos que la D2 Y D3.

**Cuadro N° 12 ANVA de los datos de las alturas (cm) de las plantas Sorgo y Maíz.**

ANOVA	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	61,30	2,67			
Tratamiento	5	26,77	5,35	2,29	3,33	5,64
Bloques	3	11,17	3,72	1,59	3,71	6,55
Factor E	1	0,77	0,77	0,33	4,96	10
Factor D	2	25,83	12,92	5,53	4,1	7,56
Inter FE/FD	2	0,17	0,08	0,04	4,1	7,56
Error	10	23,36	2,34			

**Fuente: Elaboración propia.**

En cuanto al cuadro N° 13 se puede afirmar que en los tratamientos, bloques, factor E e interacción FE/FD la Fc es menor que la Ft lo que nos da a decir que no hay diferencias significativas en estos aspectos, pero en el factor D en la Fc es mayor que la Ft al 5% pero es menor que Ft al 1% lo cual podemos deducir que existe diferencias al 5% pero no al 1%.

**Gráfica N° 1 Relación promedio por Tratamiento de la altura (cm) en la cosecha**



**Fuente: Elaboración propia.**

Según los datos obtenidos en cuanto al sorgo se obtuvo un promedio entre 15cm y 13 cm de altura un poco más que la investigación de (Vargas, 2015) que contaba con un promedio de altura entre 14,5cm a 13cm.

En cuanto a la especie del maíz la altura de los tratamientos osciló éntrelos 16cm y 13,5cm un poco menor a la investigación de (Machaca, 2018) que obtuvieron mejores resultados con un promedio de 20cm a 25cm.

### **3.1.2 Porcentaje de la germinación (%).**

Los datos del porcentaje de la germinación fueron tomados a los 20 días que fue el momento de la cosecha.

**Cuadro N° 13 Datos de germinación del sistema de forraje verde hidropónico de los cultivos sorgo y maíz**

Tratamientos	N° Replicas				Total	Media
	I	II	III	IV		
T1	80,55	91,07	88,88	86,83	347,33	86,83
T2	88,23	78,66	92,3	86,39	345,58	86,40
T3	86,58	82,95	91,46	86,99	347,98	87,00
T4	73,01	81,79	78,83	75,56	309,19	77,30
T5	85,43	69,77	79,2	76,05	310,45	77,61
T6	58,58	53,89	54,72	64,51	231,7	57,93
Total	472,38	458,13	485,39	476,33	1892,23	
Media	78,73	76,36	80,90	79,39		

**Fuente: Elaboración propia.**

Según el cuadro N° 14 se puede afirmar que el mejor tratamiento en cuanto al porcentaje de germinación fue el T3 (sorgo+0,400kg) con un valor promedio de 87%, como segundo tratamiento está el T1 (sorgo+0,550kg) con un valor de 86,3% en tercer lugar está el T2 (sorgo+0,450kg) con un valor de 86,40% que estos son de la especie de sorgo, como últimos esta los tratamientos T4 (maíz+0,550kg), T5 (maíz+0,0450kg) y T6 (maíz+0,400kg) que presentaron menor porcentaje de germinación y que estos son con la especie de maíz.

**Cuadro N° 14 Interacción factor especie/ factor densidad**

FACTORES	D1	D2	D3	Total	Media
E1	347,33	345,58	347,98	1040,89	86,74
E2	309,19	310,45	231,7	851,34	70,95
Total	656,52	656,03	579,68	1892,23	
Media	82,07	82,00	72,46		

**Fuente: Elaboración propia.**

Se puede observar en el cuadro N° 15 en la E1 (sorgo) obtuvo mayores resultados de germinación con las tres densidades que la E2 (maíz) donde obtiene un menor valor promedio que el E1 (sorgo).

También podemos afirmar que en el factor D en interacción con el factor E la densidad que tuvo mayor porcentaje de germinación es la D1 seguido de la D2 y como ultimo la D3.

**Cuadro N° 15 ANVA de los datos de germinación del sistema de forraje verde hidropónico de los cultivos de sorgo y maíz**

ANOVA	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	2953,15	128,40			
Tratamiento	5	2515,14	503,03	13,46	3,33	5,64
Bloques	3	64,35	21,45	0,57	3,71	6,55
Factor E	1	1497,05	1497,05	40,06	4,96	10
Factor D	2	488,91	244,46	6,54	4,1	7,56
Inter FE/FD	2	529,18	264,59	7,08	4,1	7,56
Error	10	373,66	37,37			

**Fuente: Elaboración propia.**

En el cuadro N° 16 se puede evidenciar en cuanto a los tratamientos la Fc es mayor que la Ft al 5% y al 1% lo cual podemos decir que existe diferencias significativas, pero no es así en cuanto a los bloques también se puede afirmar que en el factor E y el factor D hay diferencias significativas, pero en el factor D no hay diferencias al 1%. La interacción de FE/FD hay diferencias significativas al 5% pero no en el 1%.

**Cuadro N° 16 Prueba de Duncan de los tratamientos del porcentaje de germinación de los cultivos del sorgo y maíz, producidos en un sistema de FVH**

q	3,15	3,29	3,38	3,42	3,46
Sx	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
LS	7,86	8,21	8,43	8,53	8,63

	87	86,83	86,4	77,61	77,3	T3	A
57,93	*	*	*	*	*	T1	A
77,3	*	*	*	SN	SN	T2	A
77,61	*	*	*	SN		T5	B
86,4	SN	SN	SN	SN		T4	B
86,83	SN					T6	C

**Fuente: Elaboración propia.**

En anterior cuadro N° 17 una vez aplicado la prueba de Duncan puede decir que los tres primeros tratamientos que son T3 (sorgo+0,400kg), T1 (sorgo+0,550kg) y T2 (sorgo+0,450kg) están en la categoría A, entre estos tratamientos no hay mucha diferencia significativa que seguido a esto están el T5 (maíz+0,450kg) y T4(maíz+0,550) como una categoría B y como último en la categoría C está el T6 (maíz+0,400kg).



**Cuadro N° 17 Prueba del Duncan del factor E del porcentaje de germinación**

q	3,15
Sx	2,50
LS	7,86

	86,74
70,95	15,79

E1	86,74	A
E2	70,95	B

Fuente: Elaboración propia

En la prueba del Duncan en el factor E demostró que el factor E1 (sorgo) obtuvo mayor porcentaje de germinación por lo cual se categoriza en el orden A, diferencia del factor E2 (maíz) que obtuvo una categoría B según la prueba del Duncan.

**Gráfica N° 2 Relación Promedio por Tratamiento del % de Germinación**

Fuente: Elaboración propia.

La selección de una buena semilla está ligada al éxito del FVH, tanto en calidad genética como también su fisiología. La semilla debe tener un porcentaje de germinación inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH, por lo tanto se deben utilizar semillas de alto porcentaje de germinación (Gallardo, 2000) citado por (Vargas, 2015) según la gráfica N° 2 los tratamientos que fueron de la especie de sorgo obtuvieron un promedio de 87% a 86,5% en cuanto a la germinación.

También en base a la gráfica N° 2 en cuanto en la especie de maíz dieron resultados a promedios de 77,51% a 57,93%, según (Machaca, 2018) el margen del porcentaje de germinación esta entre 60,68 a 94,55 %, se podría decir que en el trabajo obtuvimos porcentajes de germinación relativamente bajos.

### 3.1.3 Rendimiento de materia verde kg/m<sup>2</sup>.

De acuerdo al análisis de varianza para el rendimiento de forraje verde hidropónico cosechado a los 20 días posteriores a la siembra, se tiene las evaluaciones de factores y su interacción resumidas en el siguiente cuadro 18,19,20 y 21.

**Cuadro N° 18 Datos de materia verde en kg/m<sup>2</sup> del sistema de FVH, de los cultivos del sorgo y maíz.**

Tratamientos	N° Replicas				Total	Media
	I	II	III	IV		
T1	1,62	1,93	1,68	1,56	6,79	1,70
T2	1,82	1,38	1,8	1,45	6,45	1,61
T3	1,36	1,4	1,19	1,55	5,5	1,38
T4	0,92	0,87	0,99	0,87	3,65	0,91
T5	0,89	0,63	0,89	0,76	3,17	0,79

T6	0,79	0,71	0,86	0,8	3,16	0,79
Total	7,4	6,92	7,41	6,99	28,72	
Media	1,23	1,15	1,24	1,17		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N° 18 en cuanto a los tratamientos del contenido de la materia verde esta como primer lugar el T1 (sorgo + 0,550kg) con un promedio de 1,70 kg/m<sup>2</sup>, como segundo se encuentra el T2 (sorgo + 0,450 kg) con un promedio de 1,61 kg/m<sup>2</sup>, como tercer está el T3 (sorgo + 0.400kg) con un valor de 1,38 kg/m<sup>2</sup> y por último los tratamientos bajos están el T4 (maíz+0,550kg), T5(maíz+0,450kg) y T6 (maíz+0,400kg), con unos valores de 0,91 kg/m<sup>2</sup> y 0,79 kg/m<sup>2</sup> en la especie de maíz con las mismas densidades del sorgo.

#### Cuadro N° 19 Interacción factor especie/ factor densidad

FACTORES	D1	D2	D3	TOTAL	MEDIA
E1	6,79	6,45	5,50	18,74	1,56
E2	3,65	3,17	3,16	9,98	0,83
TOTAL	10,44	9,62	8,66	28,72	
MEDIA	1,31	1,20	1,08		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N° 19 del factor E1 tuvo un gran margen de rendimiento en cuanto en la materia verde superando casi el doble del rendimiento a diferencia de factor E2 donde no se obtuvo rendimientos favorables en cuanto a las tres densidades.

Seguido factor densidad que los resultados con la interacción del factor E dio a conocer que la D1 tiene mayor rendimiento a diferencia de la D2y D3.

**ANVA de los datos de materia verde del sistema de FVH de los cultivos del  
sorgo y maíz.**

ANOVA	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	3,83	0,17			
Tratamiento	5	3,46	0,69	20,53	3,33	5,64
Bloques	3	0,034	0,01	0,34	3,71	6,55
Factor E	1	3,20	3,20	94,87	4,96	10
Factor D	2	0,20	0,10	2,94	4,1	7,56
Inter FE/FD	2	0,06	0,03	0,95	4,1	7,56
Error	10	0,337	0,03			

**Fuente: Elaboración propia.**

En el cuadro N° 20 una vez obtenido la Fc se puede decir que en los tratamientos tienen diferencias significativas tanto en el 5% y el 1% pero esto es muy contrario en cuanto a los bloques porque no existe diferencias significativas, el factor E en el rendimiento también demostró tener diferencias significativas en 5% y 1%, en el factor D y en la interacción FE/FD se puede confirmar que no hay diferencias significativas.

**Prueba de Duncan de los tratamientos del contenido de materia verde del  
sorgo y maíz, producidos en un sistema de FVH.**

q	3,15	3,29	3,38	3,43	3,46
Sx	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
LS	0,236	0,247	0,253	0,257	0,259

	1,7	1,61	1,38	0,91	0,79
0,79	*	*	*	SN	SN
0,79	*	*	*	SN	
0,91	*	*	*	SN	
1,38	*	*	SN		
1,61	SN				

T1	A
T2	A
T3	B
T4	C
T5	C
T6	D

**Fuente: Elaboración propia.**

En el cuadro N° 21 en la prueba del Duncan en el contenido de la materia verde se puede categorizar como A en los T1(sorgo + 0,550kg), T2 (sorgo + 0,450kg) como los tratamientos de mejor rendimiento en cuanto el contenido de la materia verde, como categoría B está el T3 (sorgo + 0,400kg) seguido de los tratamientos T4 (maíz + 0,550kg), T5 (maíz + 0,450kg) como categoría C y para finalizar esta el T6 (maíz + 0,400kg) en la categoría D.

### Prueba del Duncan del factor E en la materia verde kg/m<sup>2</sup>

q	3,15
Sx	0,075
LS	0,236

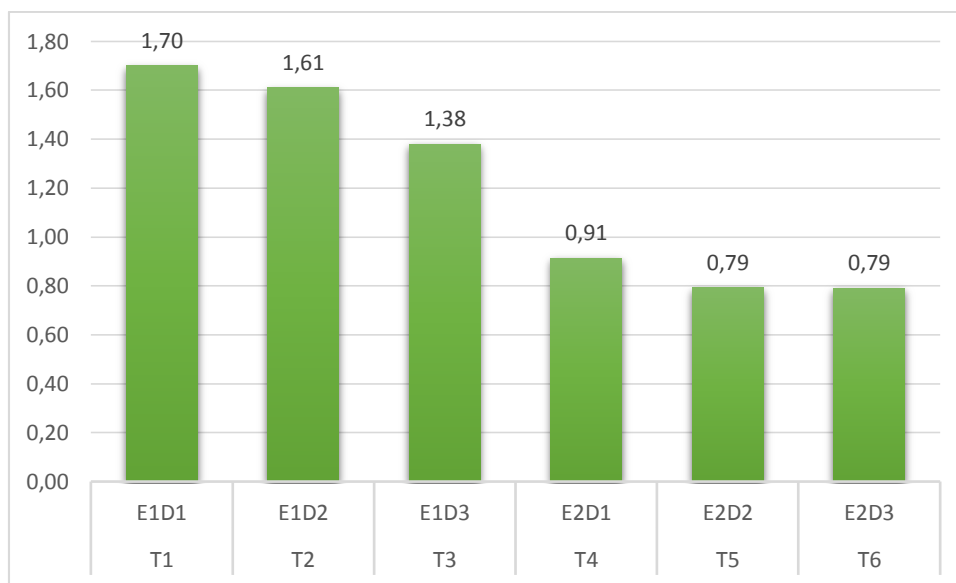
	1,56
0,83	0,73

E1	1,56	A
E2	0,83	B

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba del Duncan en el factor E del contenido de la materia verde (kg/m<sup>2</sup>) se puede afirmar que obtuvo mayores rendimientos de materia verde en factor E1(sorgo) con un gran margen de diferencia del factor E2 (maiz) por lo cual se categorizo en un orden A mientras el E2 obtuvo una categoría B.

### Relación Promedio de los Tratamientos del Contenido de la Materia Verde



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica N° 3 se puede observar que los rendimientos de materia verde en cuanto en la especie de sorgo oscilan entre 1,70kg a 1,38kg en 0,13m<sup>2</sup> es un poco bajo en comparación a la investigación de (Vargas, 2015) que su rendimientos son entre 9kg a 7kg en 0,5m<sup>2</sup> que haciendo una relación sale un rendimiento de 2,34kg en 0,13m<sup>2</sup>.

En la especie del maíz se puede afirmar que el rendimiento fue muy bajo en cuanto en la investigación con un margen de 0,91kg a 0,79kg en 0,13m<sup>2</sup> que en comparación a la investigación de (Machaca, 2018) sacando una relación de sus rendimientos salió un promedio de 2,28kg en 0,13m<sup>2</sup>.

### 3.1.4 Materia seca kg/m<sup>2</sup>.

De acuerdo al análisis de varianza para el rendimiento de la materia seca obtenido de la deshidratación de la materia verde se tiene las evaluaciones de factores y su interacción.

#### Datos de la materia seca del sistema de FVH. De los cultivos del sorgo y maíz.

Tratamientos	N° Replicas				Total	Media
	I	II	III	IV		
T1	0,486	0,579	0,504	0,468	2,04	0,51
T2	0,637	0,483	0,63	0,508	2,26	0,56
T3	0,408	0,42	0,357	0,465	1,65	0,41
T4	0,276	0,328	0,378	0,33	1,31	0,33
T5	0,329	0,268	0,039	0,281	0,92	0,23
T6	0,276	0,246	0,301	0,28	1,10	0,28
Total	2,41	2,32	2,21	2,33	9,28	
Media	0,402	0,39	0,37	0,39		

En el cuadro N° 22 el contenido de la materia seca se puede observar que el tratamiento T2 (sorgo+0,450kg), obtuvo un promedio de 0,56kg en 0,13m<sup>2</sup>, como segundo está el T1 (sorgo+0,550kg) con un valor de 0,51kg en 0,13m<sup>2</sup> y como tercero está el T3 (sorgo+0,400kg) con un valor de 0,41kg que cabe resaltar que estos tratamientos son de las especies del sorgo, en las especies del maíz presentaron rendimientos de entre 0,33kg a 0,23kg en 0,13m<sup>2</sup> de los tratamientos de T4 (maíz+0,550kg), T5(maíz+0,450kg) y T6 (maíz+0,400kg).

**. Interacción factor especie/ factor densidad**

FACTORES	D1	D2	D3	TOTAL	MEDIA
E1	2,04	2,26	1,65	5,95	0,50
E2	1,31	0,92	1,10	3,33	0,28
TOTAL	3,35	3,18	2,75	9,28	
MEDIA	0,42	0,40	0,34		

**Fuente: Elaboración propia.**

En el cuadro N° 23 se puede evidenciar que en el factor E1(sorgo)tuvo un mayor valor promedio de 0,50kg con relación a las tres densidades a diferencia del factor E2 (maíz) que obtuvo un menor rendimiento con un valor promedio de 0,28kg de la interacción con las tres densidades.

En la materia seca en el factor D en interacción con el factor E la densidad que sobresalió fue la D1 con un ligero promedio que la D2 y por muy debajo valor está la D3.



**ANVA de los datos de materia seca en kg/m<sup>2</sup> en un sistema de FVH de los cultivos de sorgo y maíz.**

ANOVA	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	0,44	0,02			
Tratamiento	5	0,35	0,07	8,17	3,33	5,64
Bloques	3	0,00	0,00	0,14	3,71	6,55
Factor E	1	0,28	0,28	33,08	4,96	10
Factor D	2	0,02	0,01	1,37	4,1	7,56
Inter FE/FD	2	0,04	0,02	2,52	4,1	7,56
Error	10	0,09	0,0086			

**Fuente: Elaboración propia.**

En el cuadro N° 24 se puede observar los resultados de la Fc donde podemos decir que en cuanto los tratamientos existen diferencias significativas, pero en los bloques no hay diferencias significativas, en el factor E si existe diferencias significativas tanto al 5% como al 1%, en el factor D y la interacción FE/FD no hay diferencias significativas en cuanto al contenido de la materia seca.

**Prueba de Duncan de los tratamientos del contenido de materia seca de los cultivos del sorgo y maíz de un sistema de producción de FVH.**

q	3,15	3,29	3,38	3,42	3,46
Sx	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
Ls	0,146	0,153	0,157	0,159	0,160

	0,56	0,51	0,41	0,33	0,28
0,23	*	*	*	SN	SN
0,28	*	*	SN		
0,33	*	*	SN		
0,41	*	SN			
0,51	SN				

T2	A
T1	B
T3	C
T4	D
T6	D
T5	D

**Fuente: Elaboración propia.**

En el cuadro N° 25 se muestra la prueba de Duncan en el mismo pertenece cuatro grupos diferenciados el primero de los tratamientos está el T2 (sorgo+0,450kg) en la categoría A, como segundo está el T1 (sorgo+0,550kg) en la categoría B, en tercer está el T3 (sorgo+0,400kg) en la categoría C y por último esta los T4 (maíz+0,550kg), T6 (maíz+0,400kg) y T5 (maíz+0,450kg) en la categoría D.

### Prueba del Duncan del factor E de la materia seca (kg/m<sup>2</sup>)

q	3,15
Sx	0,046
Ls	0,146

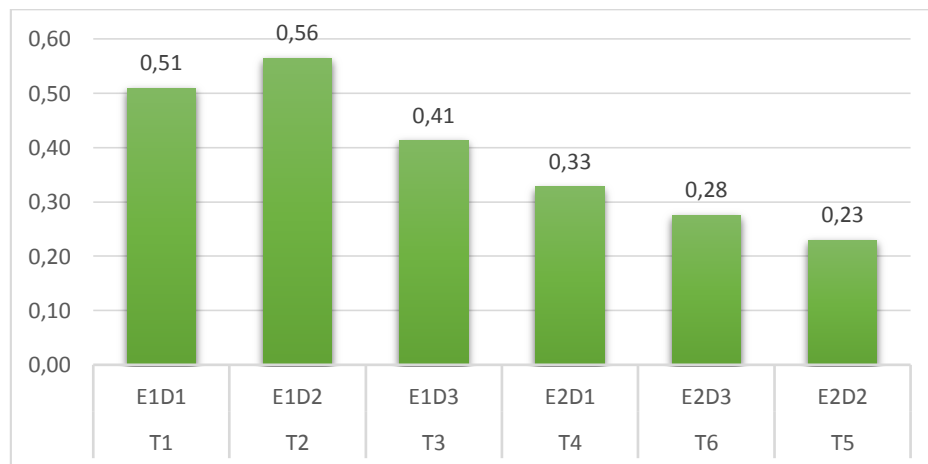
	0,50
0,28	0,22

E1	0,50	A
E2	0,28	B

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba del Duncan en el factor E del contenido de la materia seca kg/m<sup>2</sup> se puede observar que la E1 (sorgo) obtuvo una categoría A por obtener un mayor rendimiento que la E2 (maíz) que al obtener bajo rendimientos significativos obtuvo una categoría B.

### Relación Promedio de los Tratamientos del Contenido de la Materia Seca



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica N°4 se puede evidenciar que en los tratamientos del sorgo que son el T1(sorgo+0,550kg), T2 (sorgo+0,450kg) y T3(sorgo+0,400kg) obtuvo un rendimiento de 0,56kg a 0,41kg en 0,13m<sup>2</sup> en comparación a la investigación de (Vargas, 2015) que sacando una relación tendría un rendimiento menor de 0,27kg en 0,13m<sup>2</sup>.

A cuanto al maíz que son los tratamientos T4, T5 y T6 obtuvieron un rendimiento de 0,33kg a 0,23kg en 0,13m<sup>2</sup> que en comparación a la investigación de (Machaca, 2018) relacionando su rendimiento dio un promedio de 1,04kg en 0,13m<sup>2</sup>, se puede afirmar que se obtuvo rendimientos muy bajos.

### 3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

#### Relación Beneficio/costo

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Beneficio	645,92	734,13	855,63	550,53	464,13	552,15
Costos totales	1187,38	1007,38	629,38	434,98	391,78	301,06
Beneficio/costo	0,54	0,73	1,36	1,27	1,18	1,83

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 26 en el T1 (sorgo+0,550kg) el Beneficio/costo < 1 lo cual podemos afirmar que cada 1Bs invertido perderemos 0,46bs, en el T2 (sorgo+0,450kg) el beneficio/costo < 1 lo cual podemos deducir que por cada 1Bs invertido se perderá 0,27 Bs, el T3 (sorgo+0,400kg) dio un valor de 1,36 el beneficio/costo > 1 en donde se observa que por cada 1 Bs invertido tendremos una ganancia de 0,36 Bs, el T4 (maíz+0,550kg) beneficio/costo > 1 con un valor de 1,27 dando a conocer que por cada 1 Bs se obtendrá 0,27 Bs de ganancia, el T5 (maíz+0,450kg) dio un valor 1,18 de beneficio/costo > 1 donde afirmamos que cada 1 Bs invertido se obtendrá 0,18 Bs de ganancia y como último el T6 (maíz+0,400kg) el beneficio/costo > 1 con un valor de 1,83 dando a conocer que por cada 1 Bs invertido se tendrá una ganancia de 0,83 Bs.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACION**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos señalados y los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación, se llegan a las siguientes conclusiones generales que se detallan a continuación:

- El rendimiento de las dos especies sorgo y maíz los tratamientos que más rendimientos obtuvieron fue el T1 con un valor de 1,70kg en 0,13m<sup>2</sup> pero según en la prueba de Duncan el T1 y T2 figuran como los mejores tratamientos en el rendimiento de la especie de sorgo y en el maíz el mejor tratamiento fue el T4 con un rendimiento de 0,91kg en 0,13m<sup>2</sup> pero en cuanto en la prueba de Duncan los tratamientos T4 y T5 figuran como los mejores tratamientos en cuanto al rendimiento de la materia verde.

- Las densidades evaluadas en las diferentes variables con las dos especies empleadas se puede afirmar que en el sorgo y maíz las densidades más sobresalientes en las cuatro variables fue la D1 sobresaliendo en la altura de las plantas y en el contenido de materia verde en cuanto al porcentaje de germinación la D3 tuvo un ligero mayor valor de diferencias significativas en la D1 y D2 por ultimo el contenido de materia seca sobresalió la D2 sobre las demás densidades.

- Como conclusión en los resultados obtenidos en la interacción de especie y densidades el que presento mejores resultados en el porcentaje de germinación, contenido de materia verde y materia seca fue la E1 (sorgo) en interacción de las tres densidades a diferencia que la especie de la E2 (maíz) que sobresalió en la variable de la altura en interacción de las tres densidades. Pero en las densidades con interacción de las especies se determinó que la D1 obtuvo mejores resultados en las 4 variables con un bajo margen que la D2, pero con una gran diferencia de la D3.

- En análisis de beneficio/costo se puede determinar que el T3 tiene una ganancia mayor que los demás tratamientos del sorgo con un valor de 0,36 Bs por cada 1 Bs invertido a diferencia del T1 y T2 donde se estima pérdidas, en cuanto a los tratamientos con la especie del maíz el T6 es el que obtuvo mayor nivel de ganancia con un porcentaje de 0,86 Bs por cada 1 Bs invertido a diferencia del T4 y T5 que presentan menor valor de ganancia.

## 4.2 Recomendaciones

- Se debe tomar en cuenta, tratar de no aplicar mucho riego o que los tiempos de riego no sean muy seguidos o muy prolongados en el tiempo de duración ya que esto beneficiará a la prolongación de las bacterias y hongos en los tratamientos a producir, esto perjudicará a la hora de comercializar no se podría vender o consumir y afectará al crecimiento y al rendimiento.
- En cuanto al trabajo se recomienda que los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron mayor relevancia en cuanto a altura y porcentaje de germinación y también tuvieron mucha relevancia en el contenido de materia verde y contenido de materia seca pero los tratamientos T4, T5 y T6 no se adaptó a los tiempos de riego lo cual llevó a una proliferación de hongos lo cual se podría decir que no es apto para el consumo animal.
- En cuanto al nivel económico o de los costos se necesita una gran inversión a la hora de producir este sistema de producción y en cuanto a la hora de vender o producir o vender se podría tener a un costo alto lo cual dificultará porque sale a un precio de 15 bs por kilogramo a la hora de comercializar, pero se podría reducir gran valor en los costos si se consiguiera semilla a menor valor o costo.