

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



DECANATO DE POSTGRADO

MAESTRÍA DE AGRONOMÍA

MENCIÓN SISTEMAS AGROPECUARIOS

PROYECTO DE TITULACIÓN CON COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y/O DESARROLLO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: MAGISTER EN AGRONOMÍA

TEMA DE INVESTIGACIÓN

Evaluación agronómica del Trigo (*Triticum aestivum* L) y Maíz (*Zea mays*) con el método de cultivo forraje verde hidropónico, bajo las condiciones de la amazonia ecuatoriana.

AUTOR

NANCY SLENDY VALLE SUAREZ

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Hernán Alberto Uvidia Cabadiana, PhD.

PUYO -ECUADOR

2022

Agradecimiento

Agradezco a mi madre Mariana, a mi padre Ángel Serafín por el apoyo incondicional a mis hermanos Andreina, Víctor, Paquito y Fernando. A mi profesora Sandra Soria por sus enseñanzas Y sobre a Dios que me ayudado a cumplir un sueño mas

Dedicatoria

Dedico mi tesis a la mejor versión de mí por trabajar para superarse académicamente y confiar en mis habilidades. Esto va por mí y mis padres

RESUMEN

Se evaluó la producción de biomasa del forraje verde hidropónico y el valor nutricional del forraje de las dos especies; Trigo y Maíz en condiciones de la amazonia bajo la construcción de un invernadero controlando con un termohigrómetro el promedio en temperaturas de 23,7 a 31°C, con una humedad relativa de 82 a 85%. Se determinó el promedio de germinación antes de llevar al cultivo con un porcentaje de 93% en el maíz y 87% en el trigo. Durante el manejo agronómico los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico para un diseño factorial de 3* 2*2 (tres densidades de siembra, dos especies de semillas, y dos fechas de cosecha), para la efectividad de producción de biomasa dando como resultado que los factores entre la edad y la densidad; edad y la especie; edad, densidad y especie afectan la producción de biomasa, pero las características bromatológicas como la proteína, humedad y fibra, así como la producción eficaz de biomasa le confiere a este forraje características favorables para una alimentación animal eficiente en su dieta diaria. Tanto como en la especie de forraje como el trigo que a los 15 días con una densidad de 2Kg posee una fibra de 65,50 y porcentaje de proteína de 21,54 mientras que en el maíz a los 30 días con una densidad de 2 Kg posee un porcentaje de fibra 28,71 y porcentaje de proteína 21,875 %.

Palabras clave: Pastos, hidropónicos, nutrición, biomasa.

ABSTRACT

The biomass production of hydroponic green forage and the nutritional value of the forage of the two species were evaluated; Wheat and corn in Amazonian conditions under the construction of a greenhouse, controlling with a thermo-hygrometer the average temperatures of 23.7 to 31°C, with a relative humidity of 82 to 85%. The average germination was determined before taking the crop with a percentage of 93% in corn and 87% in wheat. During the agronomic management, the data obtained were subjected to a statistical analysis for a factorial design of 3*2*2 (three planting densities, two seed species, and two harvest dates), for the effectiveness of biomass production, giving as result that factors between age and density; age and species; age, density and species affect biomass production, but bromatological characteristics such as protein, moisture and fiber, as well as efficient biomass production, give this forage favorable characteristics for efficient animal feeding in their daily diet. As much as in the forage species such as wheat that at 15 days with a density of 2Kg has a fiber of 65.50 and protein percentage of 21.54 while in corn at 30 days with a density of 2Kg It has a fiber percentage of 28.71 and a protein percentage of 21.875%.

Keywords: Pastures, hydroponics, nutrition, biomass.

INDICE

CAPÍTULO I.....	6
1.1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.2 PROBLEMA	8
1.3 HIPÓTESIS	8
1.4 OBJETIVOS	9
1.4.1 Objetivo General	9
1.4.2 Objetivo Especifico	9
CAPITULO II.....	10
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACION	10
2.1 Importancia de la producción de forrajes a nivel mundial	10
2.1.1 Importancia de la producción de forrajes en el Ecuador.....	10
2.2 Hidroponía.....	11
2.2.1 Elementos del sistema hidropónico.....	11
2.2.2 Clasificación de la hidroponía	12
2.2.3 Método de producción hidropónico.....	13
2.2.3.1 Método de siembra directa.....	13
2.2.3.2 Método de siembra indirecta.....	14
2.2.3.3Método semillero protegido con un vidrio.....	14
2.2.3.4 Método semillero protegido con bolsa plástica.....	14
2.2.4 Sistema de riego en hidroponía.....	14
2.3 Producción forrajera	15
2.3.1 Producción de forraje hidropónico.....	15
2.4 Forraje Verde hidropónico	15
2.4.1 Ventajas y desventajas de forraje verde hidropónico (FVH).....	16
2.5 Proceso de producción de forraje verde hidropónico	17
2. 6 Factores que influyen en la producción (FVH)	21
2.6.1 Calidad de las semillas.....	21
2.6.2 Iluminación	21
2.6.3 Temperatura	22
2.6.4 Humedad	22
2.6.5 Calidad de agua de riego.....	22
2.6.6 pH del agua de riego	22
2.6.7 Conductividad y solución nutritiva.....	22
2.7 Materiales para el establecimiento del sistema.....	23

2.7.1 Estructura y soporte	23
2.7.2 Recipientes de cultivo	24
2.8 ESPECIES DE ESTUDIOS.....	24
2.8. 1 trigo (<i>Triticum aestivum L</i>).....	24
2.8.1.1 Clasificación taxonómica.....	25
2.8.1.3 Adaptación	25
2.8.1.4 Características botánicas y morfológicas del pasto.....	25
2.8.2 Maíz (<i>Zea mays</i>).....	26
2.8.2.1 Descripción	26
2.8.2.2 Clasificación taxonómica.....	26
2.8.2.4 Características botánicas y morfológicas de Maíz (<i>Zea Mays</i>).....	27
2.8.2.5 Maíz como alimentación animal	27
CAPITULO III	28
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.1 LOCALIZACIÓN	28
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
3.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	29
3.4 METODOLOGIA DE INVESTIGACION	29
3.4.1.1 Mediciones de variables de estudio.....	29
3.4.2 Producción de biomasa por las especies forrajeras Trigo (<i>Triticum aestivum L</i>) y maíz (<i>Z. mays</i>).....	29
3.4.2.1 Factores de estudio y variables a medir	29
3.4.1.2 Diseño Experimental.....	30
3.4.2.1 Manejo del experimento.....	30
3.4.3 Análisis Bromatológicos.....	31
3.4.3.1 Determinación de humedad	31
3.4.3.2 Determinación de fibra.....	31
CAPITULO IV	33
4. RESULTADOS	33
Diseño Experimental	37
Análisis Bromatológicos.....	39
Capitulo V	41
5.1 Conclusiones.....	41
5 BIBLIOGRAFÍA	42
5.1 ANEXOS	44

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades antrópicas realizadas por el hombre en la amazonia ecuatoriana, dedicadas al sector agropecuario y cultivos permanentes son afectadas en la explotación sin un orden basado en las políticas de ordenamiento territorial impactando negativamente la productividad (Vargas et al. 2015).

En la Amazonía ecuatoriana desde que se inició el proceso de colonización agrícola se implementó un modelo de desarrollo económico del país extractivista y productivista, donde la tasa de deforestación (%) en las llanuras amazónicas es de 16 430 ha/año y el 82% del uso agropecuario está dedicado a pastizales. Las causas de este proceso son por la demanda de mercados nacionales e internacionales, construcciones de infraestructura, vías de comunicación, petroleras, tenencia de tierras por pueblos nativos y colonos, producción pecuaria, crecimiento de la población (Vargas et al. 2018).

Además, los pastos cultivados poseen una superficie de 392 871 ha y pastos naturales 54 885 ha, lo cual demuestra que la superficie que lleva los rubros de mayor importancia para la economía es la ganadería, ocasionando resultados de la productividad baja, suelos desgastados que afectan la capacidad de retención de humedad, producción de erosión (Márquez 2021). Otros factores que afecta son los parásitos, plagas y enfermedades por el uso de agroquímicos, la contaminación de suelos y agua junto con las actividades petroleras, mineras y de deforestación (Vargas et al. 2018). Los factores climáticos como las excesivas y repetitivas lluvias superiores de los 2500 mm anuales, provocan la vulnerabilidad de los ecosistemas e inundaciones (Albiño 2019).

Esta cadena de problemas que afronta la agricultura afecta a diversas especies pecuarias que implica una demanda en la alimentación, se estima un déficit en la producción de los hatos y esto se suma la mala calidad del forraje consumido (Romero, Córdova, y Hernández 2009). Además, que la alimentación es el componente más importante la cual dependerá del éxito o fracaso de las explotaciones pecuarias (Vargas et al. 2015).

En los sistemas semi-intensivos e intensivos es importante buscar una alternativa que reemplace las necesidades nutritivas que ayude a solventar la deficiencia de la alimentación en los animales lo que constituye diversas formas de conservación de

forrajes, como el heno, ensilaje y henilaje. Pero estas tres formas requieren de una inversión costosa como la maquinaria, mano de obra y equipo (Silveira y Franco 2006).

Sin embargo, existen alternativas tecnológicas de manejo viables y económicas para una producción pecuaria con intensificación sostenible evitando la deforestación y ampliando las fronteras ganaderas conocido como forraje verde hidropónico (FVH), la cual sigue una serie de procesos como la germinación de la semilla forrajeras, cereales entre otros, el crecimiento de la misma en ausencia de suelo, la cosecha cuando planta alcanza los niveles óptimos entre 20 y 25 cm de altura con condiciones controladas y finalmente ofrecidas de forma directa a los animales (Zuñiga 2020).

Esta alternativa es rápida (9 a 15 días) y simple, con un costo menor en la producción que podrá constituir una vía alterna en las raciones o dietas de los animales, tanto como los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos, búfalos) como los no rumiantes (aves, cerdos, conejos, equinos), (Patricio, Ricardo, y Artículo 2021).

Se estima que por cada kilogramo de grano germinado se obtiene 9 o más kilogramos de biomasa que está conformada por raíz, tallo, hojas y restos de semillas no germinadas. Y que cada unidad animal requiere entre 1 a 15 ha para su manutención anual; por lo que las especies animales con el sistema FVH aumente su desarrollo supliendo los requerimientos nutritivos siendo competencia en el mercado y conjugar la ganadería intensiva con la extensiva (Romero et al., 2009).

Por ello, se estudiará una evaluación agronómica de los forrajes verdes hidropónicos en la parroquia Shell, mediante la aplicación de técnicas innovadoras y progresivas para el desarrollo de los sistemas productivos pecuarios mediante la alimentación hidropónica, contribuyendo que las especies forrajeras puedan suplir los requerimientos necesarios para el desarrollo óptimo del animal.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compra de insumos externos (concentrados, minerales y otros), para las explotaciones pecuarias es de un alto costo si deseamos mantener la producción a niveles adecuados. Por lo que los gastos de alimentación pueden oscilar entre el 50% y el 80% del total de los costos de producción.

Además, las actividades antrópicas en la amazonia han ocasionado la expansión de la frontera agrícola, el deterioro del entorno ambiental y baja productividad de los sistemas, y como consecuencia reduce el rendimiento en el área y biomasa vegetal, lo que involucra el decrecimiento de la producción en animales. Cada vez que el problema se va acentuando produce un cambio climático y pérdidas económicas a los agricultores dedicados en la producción pecuaria.

Por esa razón se evaluará la adaptación en condiciones de la amazonia ecuatoriana de los forrajes de las especies Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*) mediante la técnica de hidropónica y si cumple con los requerimientos nutricionales que puedan favorecer el desarrollo de los animales.

1.2 HIPÓTESIS

Las características agronómicas del Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*), como la rápida germinación, emergencia de los tallos y una alta tasa de crecimiento lo que facilita el establecimiento de las pasturas, favoreciendo la producción de materia verde mediante un sistema de cultivos forrajeros hidropónicos bajo las condiciones de la amazonia.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Evaluar agronómicamente los forrajes hidropónicos del Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*), que faciliten el establecimiento de pasturas, para la alimentación animal en la amazonia ecuatoriana

1.3.2 Objetivo Especifico

Caracterización del manejo agronómico considerando factores de cultivo: época de siembra, área de siembra, densidad de siembra, fecha de cosecha, manejo durante la cosecha, riego, en las especies forrajeras Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*).

Conocer la cantidad de biomasa producida por las especies forrajeras Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*) a diferentes estados de siembra 1; 1,5 y 2 kg.

Determinar el aporte nutricional de las especies de Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*) a diferentes estados fenológicos, con el factor de densidad de siembra a 1, 1,5 y 2 kg.

CAPITULO II

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACION

2.1 Importancia de la producción de forrajes a nivel mundial

Cronológicamente los pastos se originan en la era terciaria (70 millones de años) y es reconocida desde que el hombre domestico a los animales y su evolución ha estado asociada al pastoreo de los mismos (León y Bonifaz 2018).

La superficie destinada a la agricultura en la tierra posee aproximadamente de 5000 megahectareas (Mha) a nivel mundial correspondiente al 38% de la superficie de la tierra, dedicadas a praderas y pastizales para el pastoreo (FAO 2018). Que contribuyena los subsistemas, al habitat para la flora y fauna silvestres, almacenamiento de carbonoy agua, conservación in situ de recursos fitogenéticos, restauración de fertilidad del suelo, en la protección al medio ambiente y son la fuente importante de la dieta básica de especies mayores y menores

Además, es importante mencionar que los pastos tienen otros usos como el desarrollo de biocombustibles (etanol celulósico), conservación y recuperación de suelos, control de erosión en paramos, cuencas hidrográficas, mitigación del calentamiento global, alimentación para abejas y producción de miel, potencial fuente de energía, aminoácidos y vitaminas para uso humano creación de canchas para realizar deportes, se los utiliza como plantas ornamentales en parques y jardines (León y Bonifaz 2018).

2.1.1 Importancia de la producción de forrajes en el Ecuador

Ecuador posee una superficie de pastos mayor que otro cultivo, donde la labor agropecuaria fue de 5381 383 ha y dentro de esta superficie, los pastos cultivados que representan el 42,68% y el 14,85% de los pastos naturales (León y Bonifaz 2018).

Es de suma importancia la producción de pastos por los sistemas de agricultura familiar de los ecuatorianos que se dedican a la producción de animales de especies mayores o menores, ya que gracias a la comercialización de los animales u materia prima derivados de los mismo son los que mejora los ingresos y estabilidad económica lo que les permite que mejoren las expectativas a un futuro de sus familia (D.Nieto et al., 2012).

Aunque nuestro país posee las condiciones favorables para la producción de pastos durante todo el año y sea la base del desarrollo social y económico que satisface las demandas de la población ecuatoriana que consiste en carne y leche que es una fuente principal de generación de mano de obra e ingreso tiene dificultades para el mantenimiento de los pastos (Viracucha 2020).

2.2 Hidroponía

Los cultivos sin suelo el término que se ajusta a su etimología es la hidroponía (del griego hidro- agua y pono -labor, trabajo, esfuerzo), estarán inevitablemente relacionados a los grandes descubrimientos de los secretos fisiológicos de las plantas. Se suelen referirse como una opción para la producción agrícola, donde el uso de agua es eficiente, utilizando sustratos alternativos y accesibles como la cascarilla de arroz, con alternativas que permitan un manejo del rendimiento, calidad, valor del producto y el aprovechamiento de los recursos naturales con el mínimo impacto ambiental (Urrestarazu 2015).

Aprovechan sitios o áreas como suelos infértiles, azoteas, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados para producir plantas de tipo herbáceo con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulares, sin perder las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes (Urrestarazu 2015).

Donde es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, con el uso eficiente del agua y los nutrientes, cabe recalcar que no es metodología moderna, sino que una técnica ancestral basadas en la utilización de espacio y agua mínima con máxima producción y calidad (Beltrano y Gimenez 2020).

2.2.1 Elementos del sistema hidropónico

Una de las características importante en la técnica de hidroponía es que se puede adaptar a cualquier espacio, condición climática y economía. Donde los elementos necesarios para su desarrollo es el material vegetal, contenedores, sustrato y la solución nutritiva (Zárate 2014).

Material vegetal

Su propagación se lo puede realizar mediante la reproducción sexual y propagación vegetativa. La cual la primera ocurre a partir de la polinización de las flores que dan

como resultado la semilla. Y la propagación vegetativa se realiza a partir del órgano de la planta como puede ser el tallo, hoja, parte de la raíz.

Su siembra puede ser de forma directa o trasplante del semillero donde consiste en colocar la semilla en el lugar donde se va a germinar hasta el momento de su cosecha mientras que el trasplante se hace cuando la planta tiene cinco o seis semanas de crecimiento, o si su altura es de 10 cm, que presenten de cuatro o cinco hojas son las tres condiciones que determinan el momento de trasplante, dependiendo de la especie, en el contenedor se dejara la distancia suficiente entre planta para permitir su crecimiento (Zárate 2014)

Contenedores

En la técnica hidropónica los contenedores pueden ser de cualquier material; madera, aluminio, ladrillo, concreto, plástico, etc. Su colocación puede ser horizontal o vertical con una profundidad de 10 a 30 cm dependiendo de la especie, de 20 a 120 cm de ancho y de largo es variable (Avalos 2015).

Sustrato

Es el material que se va a reemplazar por el suelo para el sostén de la raíz y retención de humedad, donde el agua fue el primer sustrato que se utilizó, donde posteriormente se podría utilizar sustratos solidos que faciliten el manejo con tres tipos de cultivo en agua, graba y en agregados (Zárate 2014).

Solución nutritiva

El cultivo depende de la mezcla de agua y fertilizante con el que se regará, si las instalaciones son automatizadas se recomienda realizar análisis químicos de pH, contenidos de fósforos, cloruros, calcio, magnesio, potasio, pero si es un cultivo casero es importante verificar el pH donde debe mantener en 6 a 7.5 cuando se llega ser muy acido se puede colocar una pizca de bicarbonato de sodio para mantener el nivel deseado

2.2.2 Clasificación de la hidroponía

En la hidroponía se describe por los tratamientos y consideraciones que se da a la raíz de las plantas, por lo que la parte aérea o vástago de la planta se maneja de igual manera

que con los sistemas en el suelo convencional. Por lo su clasificación se basa en la función que se va a manejar el sistema y los criterios que se usan (Figura 1)

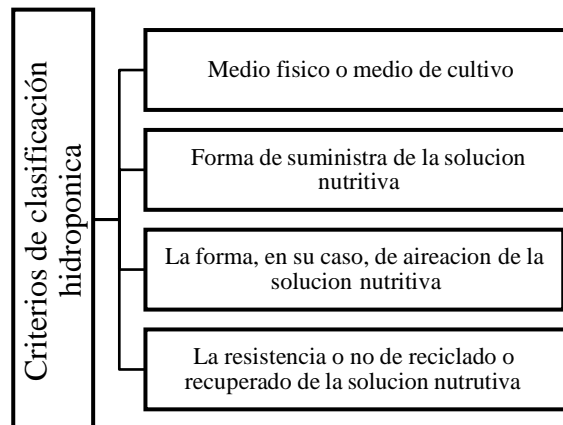


Figura 1 Criterios de clasificación hidropónica

Fuente: (Urrestarazu 2015)

2.2.3 Método de producción hidropónico

Existen métodos de producción de forraje verde hidropónico dependiendo de las condiciones del clima, o lugar de producción algunas totalmente automatizadas y se producen a partir del trabajo de un operario que pueden cubrir un amplio espectro de posibilidades y oportunidades (Figura 2)

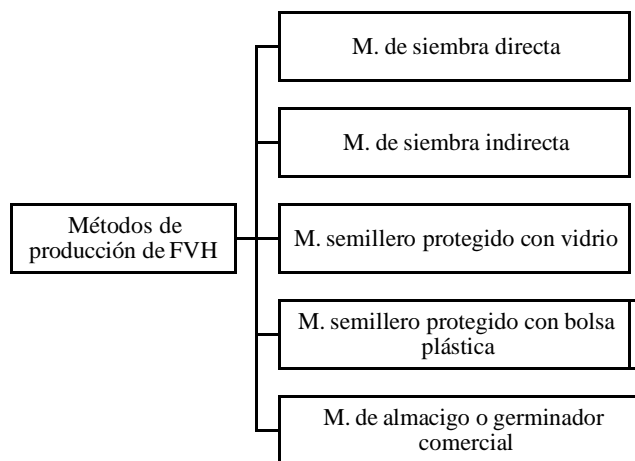


Figura 2 Métodos de producción de FVH

Fuente:(Avalos 2015)

2.2.3.1 Método de siembra directa

Se lo realiza con la ayuda del suelo donde se siembra la semilla de manera tradicional y cuando la plántula alcanza el tamaño necesario se extrae y se lleva al recipiente hidropónico.

2.2.3.2 Método de siembra indirecta

Esta se realiza con la ayuda de almácigos o de semilleros para poder realizar el control de condiciones medioambientales.

2.2.3.3 Método semillero protegido con un vidrio

Se coloca en una maceta semillas y se los cubre con un trozo de vidrio sobre la maceta manteniendo una temperatura de 15-21°C.

2.2.3.4 Método semillero protegido con bolsa plástica

Se coloca sobre una maceta una bolsa de polietileno y sujetar con un elástico, a una temperatura de 15-21°C en un lugar sombreado, en el momento que las plantas salgan a la superficie, se retira la bolsa de polietileno y trasladar al lugar donde se va a realizar la técnica de hidroponía.

2.2.4 Sistema de riego en hidroponía

El riego es el medio donde se aplica el agua artificialmente a los cultivos de forma que su aprovechamiento sea al máximo. Por ello, la cantidad a aplicar la cantidad de agua debe la adecuada para que no sufra un déficit, ni un exceso de humedad (Hurtado 2016). Por lo que la forma que se aplica se clasifica según las necesidades que necesita el cultivo (Figura 3).

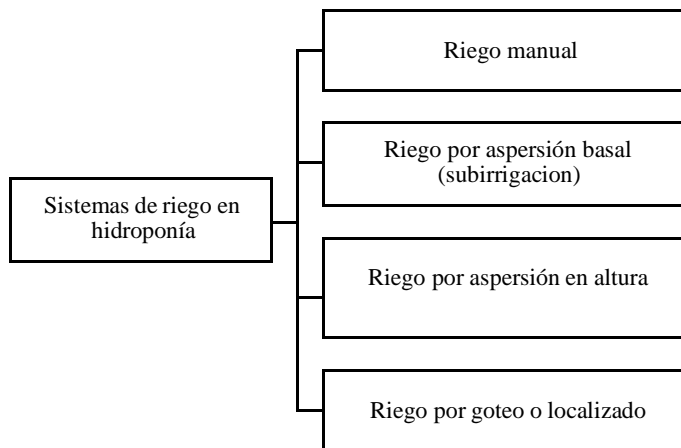


Figura 3 Sistema de riego en hidroponía

Fuente: (Avalos 2015)

Riego manual

Es el más común, se puede realizar con regadera, balde o una manguera plástica

Riego por aspersión basal (subirrigación)

Es a base de una maceta que se encuentra en una elevación de la lámina de agua de la bandeja (flujo-reflujo) donde se suministra agua haciendo fluir por los canales.

Riego por aspersión en altura

Estos van dirigidos de forma vertical hacia el cultivo durante 3 veces al día por 2 horas, donde presentan conductos irrigantes en el contra techo.

Riego por goteo o localizado

Son emisores situados en las tuberías de riego mediante dispositivos se el agua a disposición de la planta a bajo caudal y de forma frecuente y que el bulbo de la planta se mantenga humedad constantemente.

2.3 Producción forrajera

Es la actividad dirigida a producir alimento para animales destinados a la producción de leche o carne en los diferentes sistemas a base de plantas forrajeras. Lo cual es de mucha importancia ya que la calidad del forraje dependerá del desarrollo del animal tanto en la salud como en la calidad de sus productos.

La cuantificación de la producción de los forrajes es necesario para estimar el déficit y excedentes de la materia verde de los poteros y sustentar cualquier mejora tecnológica que se deba aplicarse (León y Bonifaz 2018).

2.3.1 Producción de forraje hidropónico

Donde se maneja tres etapas para la producción que corresponden a un día de humidificación, de dos a seis de germinación y de cuatro a cinco días el crecimiento.

Una producción óptica de forraje hidropónico empieza desde la selección de especies de granos a utilizarse, seguida de una selección de la semilla, el lavado de semilla, remojo y germinación de las semillas, dosis de siembra, siembra en bandejas e inicio de los riegos, riego de las bandejas y con solución nutritiva, cosecha y rendimientos (Romero et al. 2009).

2.4 Forraje Verde hidropónico

Es un método convencional para la obtención de biomasa vegetal basada en la técnica de germinación de semilla del grano y el crecimiento de las plántulas donde intervienen variables ambientales como la luz, temperatura y humedad en ausencia del suelo (Patricio et al. 2021). De alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para diferentes especies de animales. Esta tecnología es eficiente, pero posee una desventaja de requerir un sistema de

riego automatizado, infraestructura, personal capacitado, y la proliferación del hongo saprofitos por exceso de humedad (Zuñiga 2020).

Es capaz de transformar en pocos días una plántula con capacidad para captar energía lumínica y absorber elementos minerales de una solución nutritivas; los mismos factores que producen el rápido crecimiento de la planta se transmiten en una correcta asimilación en el proceso metabólico de los animales, no posee un proceso de manipulación artificial para su desarrollo. Para su desarrollo no es necesario la utilización de fungicidas, ni pesticidas (Urrestarazu 2015).

2.4.1 Ventajas y desventajas de forraje verde hidropónico (FVH)

Ventajas

El sistema de producción de forraje verde hidropónico las pérdidas de agua son mínimas con respecto a la evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración cuyas eficiencias varían entre 2 a 3 litros de agua por kg de materia seca dependiendo de la especie del forraje (Tabla 1). Lo cual su rendimiento durante los 14 días de producción es un total de consumo de agua de 15 a 20 litros por kilogramo de materia seca (Juarez et al. 2013). Por lo que se vuelve atractiva para los productores que son afectados en la producción de forrajes.

Tabla 1. Consumo de agua para producción de forraje en condiciones de campo

Especie	Litros de agua/ kg materia seca (promedio de 5 años)
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: (Juarez et al. 2013)

Ocupa un espacio con una dimensión óptima de forma vertical, posee un ciclo eficiente de producción de 12 a 15 días. Además, que la calidad de forraje es adecuada, rico en vitaminas, especialmente la A y E, contienen carotenoides que varían entre 250 a 350 mg por kg de materia seca (MS), con una gran cantidad de hierro, calcio y fósforo dependiendo de la altura aproximadamente 20 a 30 cm adecuada para que los animales lo digieran fácilmente por su alta presencia de lignina y celulosa escasa (Romero et al. 2009).

Su manejo es resistente a las plagas y enfermedades que perjudiquen en el proceso de metabolismo y absorción (Juarez et al. 2013). Con alternativas de aceptabilidad de comercialización de insumos (forrajes) que generan alianzas o convenios estratégicos con productoras pecuarias, ferias ganaderas, aras de caballos, cuerpos de caballería, remates de ganado entre otros.

Desventajas

El desconocimiento de las exigencias de los sistemas por falta de capacitaciones de correcto manejo del sistema, especie forrajera y sus variedades, el comportamiento del control de plagas, requerimientos nutricionales, luz, temperatura, humedad (Chavarría y Castillo 2018). Su costo de instalación, pero sin embargo la utilización de invernaderos puede reducir el costo de instalación, ya que es una actividad que exige cuidado continuo y diario. Su bajo contenido de fibra (López, 2005).

2.5 Proceso de producción de forraje verde hidropónico

Selección de semillas

Generalmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo, estas deben ser libre de malezas, de plagas de enfermedades, el porcentaje de germinación debe ser superior al 80% y rendimiento. Deben ser libres de piedras, tierra, paja, semillas partidas (Figura 4) (Balam 2019). Es importante que las semillas destinadas para la siembra (certificados) no debe ser ocupadas por inconvenientes de residuos de pesticidas que ayudan a la germinación, pero perjudican en la alimentación del ganado (Juarez et al. 2013).

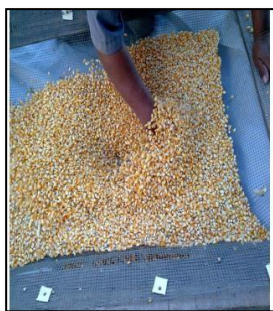


Figura 4 Selección de semillas

Fuente: (Juarez et al. 2013)

Lavado y desinfección de la semilla

El lavado y la desinfección de la semilla se debe realizar mediante la aplicación de hipoclorito de sodio al 1% (10 mL de hipoclorito de sodio por cada litro de agua), este tiene

El objetivo de eliminar hongos, bacterias contaminantes y todo material no deseable (Figura 5). Por lo que se sumerge las semillas en agua y a continuación el material que empieza a flotar debe eliminarse. Dejando en remojo en un periodo de 5 min y luego enjuagando.



Figura 5. Lavado y desinfección de las semillas

Fuente: (Juarez et al. 2013)

Etapa de pre- germinación

Consiste en dejar por 24 horas la semilla sumergida en agua para lograr una completa imbibición, dividido en dos periodos de 12 horas cada uno. Una vez completado el ciclo de las primeras 12 horas se sacan para escurrirlas durante 1 hora y se procede a sumergirlas por 12 horas más, para finalmente culminadas los dos ciclos escurrirlas con el objetivo de facilitar la germinación asegurándose un crecimiento inicial uniforme (Figura 6). Es importante que durante los ciclos de las 12 horas se cambie de agua así se ayuda una mejor oxigenación en las semillas (Villavicencio 2014)



Figura 6 pre- germinación

Fuente:(Juarez et al. 2013)

Reposo de la semilla

Finalizada la etapa de pre- germinación se procede a reposar las semillas con dos formas diferentes de reposo

- a) Reposar la semilla en los mismos recipientes, pero sin agua durante 48 horas
- b) La colocación de las semillas extendidas en las bandejas y cubrirlas con papel periódico con un plástico oscuro durante 48 horas

La importancia que las semillas reposen es para mantener la humedad adecuada para que inicie el proceso de germinación (Figura 7).



Figura 7 Reposo de la semilla

Fuente: (Juarez et al. 2013)

Dosis de semilla y siembra

En una bandeja se coloca las semillas formando una capa de 1,5 a 2,5 cm mientras que las densidades optimas por metro cuadrado oscilan dos a cuatro kilos, la muestra de dosis se recomienda según la especie (Tabla 2).

Tabla 2. Dosis de semilla según la especie forrajera

Especie	Dosis (kg/m²)
Avena	2 a 3
Cebada	2 a 3
Trigo	2, 2 a 3,3
Maíz	4
Sorgo	2,5

Fuente: (Villavicencio 2014)

Manejo de riego

El consumo de agua de riego en las semillas dependerá de la época de año, requerimientos del cultivo y las condiciones ambientales, en los primeros días no se debe aplicar más de 0,5 litro/ m² hasta llegar al consumo de 1 a 1,5 litro/ m² aproximadamente (Figura 8). No se debe regar cuando se note con alta humedad ya que por causas de exceso de agua provoca asfixia radicular, ataques de hongos y pudriciones. Se puede realizar su riego con micro aspersores, nebulizadores o con una bomba portátil. Las cantidades de agua de riego deben

ser divididas en varias aplicaciones por día de 6 a 9 veces, con una duración de menos de 2 minutos (Villavicencio 2014).



Figura 8 Riego de las semillas

Fuente: (Juarez et al. 2013)

Riego con solución nutritiva

En el momento que empiezan a aparecer las primeras hojas después de la siembra se comienza a aplicar riego con una solución nutritiva propuestas al 50% en función de la disponibilidad de fertilizantes. En los últimos días se recomienda que se realice un riego con el objetivo de eliminar rastros de sales minerales que puedan haber quedado sobre las hojas y raíces (Juarez et al. 2013).

Germinación

Para la germinación es recomendable que se coloque papel periódico húmedo para proporcionar condiciones de semioscuridad y favorecer la humedad, la germinación y el crecimiento inicial. Cuando se detecte que las semillas empiezan a germinar se debe retirar el papel periódico. (Figura 9)



Figura 9 Proceso de germinación

Fuente: (Juarez et al. 2013)

Cosecha

Se recomienda su cosecha a los 12 a 15 días después de la siembra, la cosecha del forraje verde hidropónico comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción, que está constituida por las hojas talos, un colchón radicular, semillas germinadas y no germinadas (Figura 10). La cual facilitan en sacar de las bandejas y colocar de forma directa, trozos, desmenuzado o picado (Villavicencio 2014). La conversión de la semilla a pasto es el resultado de un kg de semilla por siete kg de forraje la cual reemplaza entre 3.1 a 3.4 kg de alfalfa verde (Juarez et al. 2013).



Figura 10 Cosecha de FVH

Fuente:(Juarez et al. 2013)

2. 6 Factores que influyen en la producción (FVH)

2.6.1 Calidad de las semillas

La calidad de la semilla depende a un concepto multifactorial que incluye parámetros físicos, biológicos y genéticos. Los más importantes entre estos son la pureza varietal, física, germinación, vigor en frío, tamaño y sanidad. Es así como define que calidad de la semilla es aquella semilla que es capaz de germinar y estar libre de especies invasoras. Su porcentaje de germinación para no tener pérdidas en el rendimiento debe ser del 90% (Juarez et al. 2013).

2.6.2 Iluminación

En cuanto a ese factor es elemento básico para el óptimo crecimiento, ya que, promueve la síntesis de compuestos nutricionales como vitaminas para favorecer los brotes y el desarrollo de las raíces de las semillas, su ausencia afecta en el crecimiento vegetal. Una exposición directa de sol puede afectar con el aumento de la evapotranspiración, endurecimiento y quemaduras de hojas (Balam 2019).

2.6.3 Temperatura

Son variables que dependerá de la especie de semilla forrajera, que se valla a utilizar, es importante efectuar un adecuado control. Como en la producción de FVH de maíz que para su desarrollo optimo necesita una temperatura de 21 a 28°C (Juarez et al. 2013).

2.6.4 Humedad

El porcentaje de humedad no debería ser menor del 70%, por lo que la excesiva humedad causa graves problemas fitosanitarios, debido a enfermedades fungosas difíciles de eliminar, incrementando costos (Chavarria y Castillo 2018). Pero si nos encontramos en una situación inversa provoca la desecación y disminución significativa de la producción por deshidratación del cultivo (Juarez et al. 2013).

2.6.5 Calidad de agua de riego

Es el factor básico ya que es un disolvente para sustancias como sales inorgánicas, azúcares y aniones orgánicos por esta razón es esencial para el transporte, la distribución de nutrientes y metabolitos en toda la planta. Para la producción de forraje se pueden utilizar agua de pozo, lluvia, llave, la cual debe pasar un análisis químico del agua y formular la solución nutritiva que podrían asegurar su calidad (filtración, acidificación, Etc.). Si el agua no es tratada puede tener problemas sanitarios o fue causa de fracaso en la germinación o pérdidas de tiempo (Beltrano y Gimenez 2020).

Los criterios de uso de agua para los cultivos hidropónicos es el contenido de sales, elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro), microorganismos, concentración de metales pesados, nutrientes y compuestos orgánicos (Juarez et al. 2013).

2.6.6 pH del agua de riego

Su rango de pH del agua debe oscilar entre 5.5 y 6.6, con excepción de algunas leguminosas que pueden desarrollarse con pH de 7.5. El objetivo de verificación del pH del agua es para favorecer la disponibilidad y absorción de nutrientes (Romero et al. 2009).

2.6.7 Conductividad y solución nutritiva

La concentración de las sales en una solución se expresa por la conductividad del agua (CE) y su valor se expresa en deciSiemens por metro ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) y su medición es mediante un conductímetro. Su rango óptimo de solución nutritiva estaría en torno a 1.5 a 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Mientras que si tiene valores menores a los indicados estarían esas aguas aptas para ser preparadas con soluciones nutritivas (Juarez et al. 2013).

2.7 Materiales para el establecimiento del sistema

Para la producción de forraje verde hidropónico es necesario realizarlo bajo cubierta de invernadero, bodega o malla de cobertura, con el objetivo de evitar el ataque de pájaros y la exposición directa del sol. Es recomendable que este ubicado cerca de los suministros de forraje a los animales y para manejo, control y supervisión diaria.

2.7.1 Estructura y soporte

Son los armazones de madera o metal con cuatro o cinco pisos de alto, donde ahí se ubicarán las bandejas con las semillas. Las características principales para un buen manejo cómodo del sistema es que los pasillos entre modulo debe ser 1,75 m de altura y 0,1 m enterrado para dar firmeza a la estructura, con 4 pisos separados a 0,30 m construidas con listones de madera de 2*2 con capacidad de soportar 48 bandejas plásticas de 0,4 *0,35 m (Figura 11).

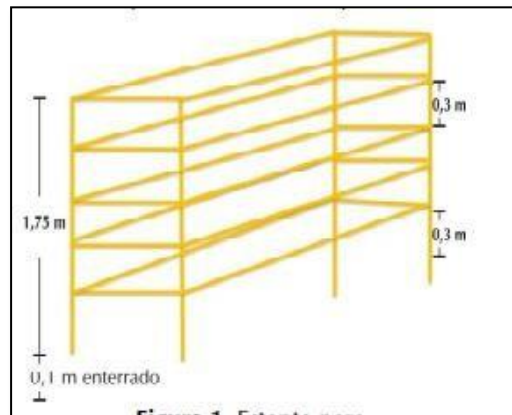


Figura 11 Estante para producción de FVH

Fuente: (Villavicencio 2014)

La Figura 12, detalla a cada piso sus características de 2,34 m de largo y 0,97 m de ancho, con listones de 0,87m separados a 0,33 m uno de otro para sostén de bandejas. Donde los materiales y dimensiones para cada estructura (Tabla 3) (Villavicencio 2014).

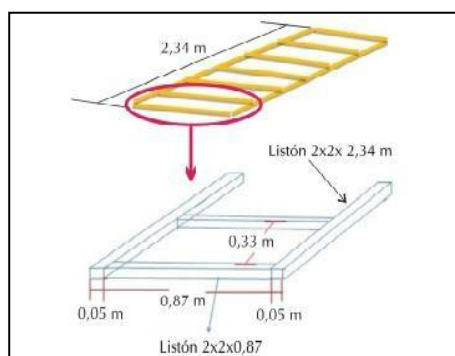


Figura 12 Detalles del piso para la producción de FVH

Fuente: (Villavicencio 2014)

Tabla 3. Materiales para los estantes para la producción de FVH

Materiales	Dimensiones (m)
24 listones	2*2*3,2
4 listones	1,85
10 listones	2,34
35 listones	0,87
2 tablas	4*1*1,87
3 kg clavos	4"
0,5 kg de clavos	1/2"

Fuente: (Villavicencio 2014)

2.7.2 Recipientes de cultivo

Existen diferentes recipientes para colocar las semillas, pero las más recomendables son las bandejas metálicas galvanizadas, bandejas plásticas de casino, cajas plásticas recubiertas con polietileno

2.8 ESPECIES DE ESTUDIOS

2.8. 1 Trigo (*Triticum aestivum* L)

El trigo es una especie más antigua cultivada en el mundo que por su característica y su gran diversidad genética puede crecer y reproducir en ambientes muy diferentes. Además, se constituye una base estratégica para la autosuficiencia de los humanos como considerarse una dieta indispensable y formadora de piensos un alimento verde en las dietas de los animales

2.8.1.1 Clasificación taxonómica

El trigo junto con el maíz y el arroz es uno de los tres granos con mayor producción a nivel mundial, siendo de mayor importancia conocerá detalle en su clasificación en taxonómica que se muestra la Tabla 4

Tabla 4. Clasificación Taxonómica del Trigo (*Triticum aestivum* L)

Reino	Plantae
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Genero	<i>Triticum</i>
Especie	<i>Triticum aestivum</i>

2.8.1.3 Adaptación

El trigo se puede cultivar con un suelo es alcalino moderado, con un pH entre 7 y 8,5 en zonas templadas con una temperatura que varía entre los 15 y 31 °C. Además, existen factores donde ayudan al rendimiento y adaptación como son la preparación del suelo y su fertilidad, riego, temperaturas, densidad de siembra, y del control de malezas.

2.8.1.4 Características botánicas y morfológicas del pasto

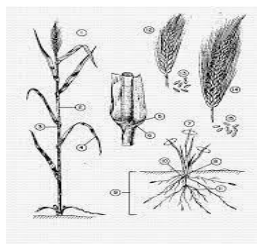


Figura 17 Características morfológicas del Trigo (*Triticum aestivum* L)

La planta del trigo contiene dos conjuntos de raíces las seminales que pertenecen al embrión, y las seminales que son cinco raíces, la radícula y dos pares de laterales estas son delgadas, uniformes en el diámetro y con finas ramificaciones laterales.

El tallo pertenece a la familia de las gramíneas formada por nudos y entrenudos donde los nudos se encuentran las yemas que dan comienzo al nacimiento de las hojas y macollos. Las hojas constan de una vaina, lamina, lígula y un par de aurículas en la base de la lamina

2.8.2 Maíz (*Zea mays*)

2.8.2.1 Descripción

Es una planta muy conocida, que pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas de origen de los trópicos de América del género *Zea*, *tripsacum*, *euchlaena* con un sistema radicular que se desarrolla a partir de la radícula de la semilla y un sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrimentos. Su tallo de la planta es robusto, donde está formado por nudos y entrenudos más o menos distantes; presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras de 4 a 10 centímetros de ancho por 35 a 50 centímetros de longitud con un borde áspero, un poco ondulado y finamente ciliado (Deras 2016).

2.8.2.2 Clasificación taxonómica

El maíz el cereal más conocido como elote o choclo, en la antigüedad se dedicaban a cultivar diferentes variedades donde hoy en día poseemos de un diversidad, siendo de mayor importancia su clasificación taxonómica que se describe en la tabla 5

Reino	Vegetal
Subreino	Embriobionta
Division	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i>
Nombre científico	<i>Zea mays L.</i>

2.8.2.3 Adaptación

Posee un buen desarrollo vegetativo que puede alcanzar hasta los 5 metros de altura en altitudes superiores a los 1000 metros sobre el nivel de mar. La planta alcanza una altura de 2 a 2.65 metros por que los germoplasmas son considerados como tropicales. Se adapta a una amplia variedad de suelos con texturas media francos, fértiles, bien drenados, profundos y con una alta capacidad de retención con pH entre 5.5 y 7.8 para el agua donde pueden producir excelentes cosechas. El maíz necesita por lo menos de 500 a 700mm de precipitación durante el ciclo del cultivo, la cual les vuelve sensible al aniego o encharcamiento (Deras 2016).

2.8.2.4 Características botánicas y morfológicas de Maíz (*Zea Mays*)

El maíz es una monocotiledónea, frondosa, con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Sus yemas son laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta forman una inflorescencia femenina (mazorca) cubiertas por hojas. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por partes estando cada espiguilla con dos flores postiladas, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas (Ortega 2014).

Las hojas que se desprenden de los nudos de forma alternada. Los entrenudos y yemas florales están cubiertos por una vaina. La parte superior de la planta está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (Deras 2016).

2.8.2.5 Maíz como alimentación animal

El maíz es uno de los granos que contiene un 83% de peso del endospermo, 11% de germen y 6% de pericarpio por lo que le da un mayor valor energético, debido al contenido de grasa, almidón y su bajo contenido de fibra. Por lo que es una excelente opción forrajera por sus características productivas (Elizondo 2015).

El contenido de ácido linoleico (1,8%9 en el maíz es de interés para las dietas de avicultura, además es adaptable en los sistemas ganaderos. Su contenido de fibra (8%) que se encuentra concentrada en el salvado y está constituida por celulosa y pentosanos. Lo que hace que los animales monogástricos el coeficiente de digestibilidad de la fibra sea superior al de otros cereales (Balam 2019).

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3 LOCALIZACIÓN

Este proyecto de investigación se realizó en las condiciones geográficas y climatológicas de la parroquia Shell barrio Chontacampi donde se ejecutará los estudios de campos de propiedad de Nancy Slendy Valle Suarez (Figura18), mientras que los análisis bromatológicos de la caracterización de FVH se realizó en los laboratorios de química de la Universidad Estatal Amazónica de la provincia de Pastaza en el Km 2 ½ de la vía Puyo Tena, de propiedad y administración de la Universidad Estatal Amazónica



Figura 18 Mapa de Ubicación de la producción del forraje verde hidropónico

Fuente: Google Earth 2019

3.1.1 Condiciones Edafoclimáticas

En la zona que se realizó el experimento, cuenta con tres tipos de climas diferentes que están distribuidos a lo largo de su territorio cuenta con varios sistemas de captación de agua que son río Mangayacu, Pindo mirador, Shell, y río tigre (tabla 5) (GadMera 2013).

Tabla 5. Condiciones edafoclimáticas del Cantón Mera

Variable	Datos
Precipitación	5325,1
% de Variación	-2%
Total, de días con precipitación	298
Precipitación máxima en 24 horas	98
Mes de precipitación máxima 24 horas	Marzo
Temperatura	15, 1 – 28,6°C
Pisos Climáticos	Premontano 600-2000 msnm Montano Bajo 2000-3000 msnm Montano 3000-4000 msnm

Fuente: (GAD Mera 2013)

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue experimental, se trabajó con variables independientes (densidad de siembra), sobre la variable de respuesta (indicadores de rendimiento de biomasa y aporte nutricional) en Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*) para definir el corte más adecuado, así como se debe proporcionar la siembra para su utilización en las condiciones edafoclimáticas de la región amazónica ecuatoriana, lo cual permitió mejor producción de forraje verde hidropónico en campo para la instalación hidropónica. Además, con la modalidad de laboratorio para la determinación de humedad, proteína y fibra en las diferentes especies.

3.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la investigación se utilizó métodos experimentales con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3*2*2 con densidad de siembra a 1; 1,5; 2 kg, del factor A (el tipo de semilla) y factor B (fecha de corte en la etapa de desarrollo vegetativo), constituyéndose un total de 36 unidades experimentales, lo que permitió aplicar una metodología de campo bajo las condiciones de la amazonia ecuatoriana, que posteriormente se llevó a los laboratorios donde se evaluará las propiedades nutricionales como la fibra, proteína, humedad.

3.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Caracterización del manejo agronómico

3.4.1.1 Mediciones de variables de estudio

En el estudio de forraje verde hidropónico, se tomaron los datos de los estados fenológico de la producción de Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Zea mays*), en la edad de corte 15 y 30 días en la etapa del desarrollo vegetativo, donde se seleccionó bandejas al azar para la toma de muestra de 5 plantas.

3.4.2 Producción de biomasa por las especies forrajeras Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Z. mays*)

3.4.2.1 Factores de estudio y variables a medir

Los factores que se consideraron para el estudio son las especies forrajeras Trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Z. mays*), la edad de corte 15 y 30 días en la etapa del desarrollo vegetativo y el factor B la densidad de siembra (Tabla 6).

Tabla 6. Factores de estudio y las variables a medir

Factores experimentales	Variabes	Unidad de medida
Especie del forraje	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L)	
	Maíz (<i>Z. mays</i>)	
Edad de corte	15	Días
	30	Días
Densidad	1	kg
	1,5	kg
	2	kg

Fuente: (Soto et al. 2012)

3.4.1.2 Diseño Experimental

Se realizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3*2*2 con tres repeticiones 1; 1,5; 2 kg con el factor A (el tipo de semilla) y factor B (fecha de corte en la etapa de desarrollo vegetativo), para lo cual se describe el siguiente modelo matemático. Se constituye 36 unidades experimentales (Tabla 8)

Modelo matemático de diseño factorial 3x2x2

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \Gamma_j + \Upsilon_K + \alpha\Gamma_{ij} + \alpha\Upsilon_{ik} + \Gamma\Upsilon_{jk} + e_{ijk}$$

Ecuación 1

Donde

Y_{ijk} = es la ijk -ésima observación en el i -ésimo nivel del factor A y j -ésimo nivel del factor B; μ = es la media general; α_i = es el efecto del j -ésimo nivel del factor A; Γ_j = es el efecto del k -ésimo nivel del factor B; $\alpha\Gamma_{ij}$ = es la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B; y e_{ijk} = es el error aleatorio NID $(0, \sigma^2)$

3.4.2.1 Manejo del experimento

Para el establecimiento del estudio de la producción de forraje verde hidropónico, se realizó las siguientes actividades agronómicas:

Selección del sitio de trabajo, construcciones de bastidores, selección de semillas, pregerminación, germinación, crecimiento de biomasa, cosecha, manejo de riego.

Selección del sitio de trabajo

El trabajo se realizó en la propiedad de Nancy Slendy Valle ubicado en la parroquia Shell sector Chontacaspi en una extensión de 50 m², en un invernadero cubierta con plástico, bajo condiciones climáticas de la amazonia ecuatoriana registrada con un termo higrómetro donde se mantuvo una temperatura entre 23,7 a 31°C con un promedio de. La humedad relativa (HR) con un promedio de 82 - 85 %.



Figura 19 Construcción de invernadero



Figura 20 Invernadero construido



Figura 21 Control de temperatura y humedad

Construcción de bastidores

Para la construcción de los bastidores, su estructura madera se utilizó una lista de materiales necesarios de un peso de 40 bandejas que se describe a continuación (Tabla7).

Tabla 7. Materiales para el sistema de producción de FVH

Cantidad	Descripción	Dimensión
24	Listones	2*2*3,2 m
12	Tablas	4*1*1,78 m
25	Clavos	4" kg
15	Clavos	1/2" kg

Fuente: (Villavicencio 2014)



Figura 22 Construcción de Bastidores



Figura 23 Construcción de Bastidores

Selección de semillas

Se seleccionó las semillas trigo (*Triticum aestivum L*) y maíz (*Z. mays*), estas deberán ser libre de granos rotos, piedras, paja, con un porcentaje de germinación debe ser superior al 80% y rendimiento. El proceso de germinación se realizó en cajas Petri seleccionando 12 semillas con duplicado en cada especie con un promedio de 10,5 del número de semillas germinadas de maíz (Figura 27, 28, 29 y 30) y con un promedio de 11,2 del número de semillas germinadas de trigo aplicando la fórmula:

$$GRS = \frac{\text{numero de semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \times 100$$

Maíz

$$GRS = \frac{10,5}{12} \times 100$$

$$GRS = 87,5 \%$$

Trigo

$$GRS = \frac{11,2}{12} \times 100$$

$$GRS = 93,33 \%$$



Figura 24 Selección de semillas



Figura 25 Semillas de Maíz 12u



Figura 26 Semillas germinadas de Maíz

Lavado y desinfección de la semilla

Se realizó un lavado de semillas por tres ocasiones, hasta que no floten ningún material no deseable y que el agua este completamente clara después de este proceso se coloca por 5 minutos con una solución de cloro, pasando este tiempo se procedió a lavarlo nuevamente con abundante agua (Figura 27 y 28). Luego que las semillas estén desinfectadas y lavadas se las deja en remojo reposando por 24 horas.



Figura 27 Lavado de las semillas



Figura 28 Reposo en agua las semillas

Etapas de pre-germinación

Una vez completado el ciclo se sacan para escurrirlas y se procede al pesado con las diferentes densidades 1, 1,5 y 2 Kg para cada especie (Figura 29 y 30). En el proceso de germinación se coloca una funda plástica negra con la finalidad que ayude a mantener la humedad



Figura 29 Pesaje de trigo



Figura 30 Pesaje de maíz



Figura 31 Germinación de semillas

Etapa de germinación

Las plantas de los tratamientos tuvieron una efectividad de germinación con respecto al tiempo, temperatura y humedad relativa (Figura 32).



Figura 32 Germinación de semilla de trigo

Manejo de riego

Se realizó el riego por bombas manuales de 5 litros agua durante 1 minuto en todas las bandejas todas las mañanas (Villavicencio 2014). También se midió parámetros en el agua que se aplicó dando como resultados (Tabla 9)

Tabla 9. Características del agua

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	VALOR
Ph	7
Conductividad	0.012 us/cm
Color	Transparente
Acidez titulable	0,00189%
Temperatura	24,9
Sedimentación	0



Figura 33 Conductividad eléctrica del agua del riego

3.4.3 Análisis Bromatológicos

3.4.3.1 Determinación de humedad

Para la determinación de humedad se empleó el método de secado, que se basa en la pérdida de masa, de la muestra desecada constante en una estufa de aire. El análisis se efectuó por el peso del corte de la bandeja, colocando en papel aluminio por dos horas, transcurriendo ese tiempo se colocó la muestra en el desecador hasta que se enfrió; seguidamente se pesó en una balanza analítica. Para calcular el porcentaje de humedad se utilizó en la siguiente Ecuación 2

$$\%H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

(Ecuación 2)

Donde

m_1 = masa del aluminio (g)

m_2 = masa de la muestra antes del secado (g)

m_3 = masa del aluminio más la muestra desecada (g)

3.4.3.2 Determinación de fibra

Se determinó el contenido de fibra cruda mediante la digestión ácida y básica. En un matraz se colocó dos gramos de muestra seca, tres gotas antiespumantes, tres cristales y 150 ml de H_2SO_4 . Se llevó a la estufa por 30 min a partir del punto de ebullición. Después transcurrido este tiempo se instaló el embudo Buchner con el papel filtro, se lavó la muestra con agua destilada hasta obtener 1000mL. Se desecha el agua destilada del embudo y se coloca gota de anaranjado y se procede a seguir lavando con agua destilada con el objetivo de obtener un color amarillo. Obtenido este color se lava en el vaso la muestra con NaOH hasta 150 mL sin dejar residuos en el papel filtro y se colocó alcohol en la fibra y se retira del papel filtro en un crisol. El crisol se colocó en la estufa por un tiempo de 30 min, una vez transcurrido este tiempo se traslada al desecador para su previo enfriamiento. Una vez con la temperatura desea se pesó y se carbonizo llevándolo a la mufla a una temperatura de 550°C por 30 min, posteriormente se enfría en el desecador y se pesa. Para la determinar el porcentaje de fibra se aplica la Ecuación 3

$$Fibra\ cruda\ (\%) = 100\% \frac{(A - B)}{C}$$

(Ecuación 3)

Donde:

A= Peso del crisol con residuo seco (g)

B= Peso del crisol con la ceniza (g)

C= Peso de la muestra (g)

3.4.3.2 Determinación de proteína

Se pesó 0.200 gr de la muestra previamente molida y seca en el papel graso y se colocó en el tubo de digestión en forma de paquete, una pastilla 1,1 g *Kjeldahl* y 3mL de ácido sulfúrico concentrado. Una vez que el digestor tenga una temperatura de 370°C -400°C colocar los tubos de digestión y abrir la llave de extracción de gases al vacío y di gestionar por 2 horas. Posteriormente enfriar los tubos de digestión para luego colocar 65ml de agua destilada y agitar suavemente. En una fiola de 250 mL agregar 10 mL de ácido Bórico al 2% y 3 gotas del indicador Tashiro. Luego se añadió 60 MI de NaOH al 45.40% al tubo de digestión con mucho cuidado y se colocó en el equipo de destilación *Kjeldahl* por 10 min hasta que se haya recogido aproximadamente 100-150 mL en la fiola y se tituló con H₂SO₄ 0.20 N hasta el cambio de color de verde a purpura. Para la determinación de la proteína se aplicó la Ecuación 4

$$P = \frac{V * N * F * 0,014 * 100}{M}$$

Ecuación 4

Donde:

P= Contenido de proteína

V= mL de ácido sulfúrico consumida

N= Normalidad del ácido

F= factor para convertir el contenido de nitrógeno a proteína 6,25 proteína en general y 5.7 trigo y polvillo

M= peso de la muestra (g)

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las semillas de maíz y trigo germinadas dentro de una caja Petri con un porcentaje de germinación que se detallan en la Tabla 8. Demostrando la factibilidad de su poder germinativo por su capacidad de absorción bajo las condiciones óptimas para cada especie de semilla. Comparándose de manera similar a la aproximación del estudio de determinar el efecto de germinación utilizando papel toalla (enrolladas y sin enrollar) con un resultado de 94,3% para el maíz (Méndez 2008).

Tabla 8 Resultados de germinación de semillas

Especie de semilla	Resultado de germinación
Trigo	87,5 %
Maíz	93,33%

La calidad de agua y la influencia en el riego determinan como el cultivo hidropónico se va ir desarrollando de manera eficaz, las características del agua utilizada en el riego que se muestra en la tabla 9 nos demuestra que el agua de riego utilizada en el FVH es óptima para su uso.

Tabla 9 Características del agua

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	VALOR
pH	7
Conductividad	0.012 dS/m
Color	Transparente
Acidez titulable	0,00189%
Temperatura	24,9 °C
Sedimentación	0

Con respecto a la conductividad eléctrica se define como la salinidad disuelta en el agua de riego donde al medir el peligro de salinidad es bajo con una calidad de agua excelente en un rango de 0-1 dS/m (GOMEZ 2015). En caso del pH un factor que evalúa las concentraciones relativas disueltas de carbonato, el pH óptimo para una mayor productividad y mejor rendimiento varía entre 6,5 a 7,5. (Castellon 2014).

En la tabla 10 se muestra el resultado del análisis de varianza según el modelo matemático planeado. Se observa que para la interacción triple de edad- densidad y especie, tuvo una significancia de ($P \geq 0,05$). Para las interacciones edad y densidad; edad y especie con una significación de ($P \geq 0.0001$), sin embargo, la interacción densidad- especie no hubo diferencia significativa para ($P \geq 0.0001$).

Tabla 10 prueba efecto inter- sujetos

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Biomasa

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4665,495 ^a	11	424,136	237,664	,000
Intersección	11451,854	1	11451,854	6417,022	,000
Edad	1491,504	1	1491,504	835,761	,000
Densidad	614,706	2	307,353	172,225	,000
Especie	1939,228	1	1939,228	1086,642	,000
Edad * Densidad	278,671	2	139,336	78,076	,000
Edad * Especie	321,485	1	321,485	180,143	,000
Densidad * Especie	7,246	2	3,623	2,030	,153
Edad * Densidad * Especie	12,654	2	6,327	3,545	,045
Error	42,831	24	1,785		
Total	16160,179	36			
Total corregida	4708,325	35			

a. R cuadrado = ,991 (R cuadrado corregida = ,987)

Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad por Tratamiento

En la prueba de múltiples rangos observamos que con respecto a la densidad por tratamiento a los 15 y 30 días por lo que nos como resultado que no existe diferencia significativa con respecto a la densidad de siembra con respecto a la semilla de maíz

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 10. Prueba en densidad de siembra

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
30	9	1,5	X
15	9	1,5	X

En la prueba de múltiples rangos observamos que con respecto al biomasa si hay diferencia significativa por lo que se concluye que el mejor tratamiento corresponde a los 30 días

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
15	9	15,75	X
30	9	34,6	X

RESULTADOS DEL TRIGO

Pruebas de Múltiple Rangos para Densidad por Tratamiento

En la prueba de múltiples rangos observamos que con respecto a la densidad por tratamiento a los 15 y 30 días por lo que nos como resultado que no existe diferencia significativa con respecto a la densidad de siembra con respecto a la semilla de trigo

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
30	9	1,5	X
15	9	1,5	X

Pruebas de Múltiple Rangos para Peso por Tratamiento

En la prueba de múltiples rangos observamos que con respecto al biomasa si hay diferencia significativa por lo se concluye que el mejor tratamiento corresponde a los 30 días

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
15	9	7,04778	X
30	9	13,9444	X

Análisis Bromatológicos

El contenido de fibra de FVH de trigo aumento un 65,50 a una densidad de 2 Kg con una edad de corte de 15 días, mientras con respecto a la proteína se observó un contenido de 29,52 a una densidad de 1,5 Kg con una edad de corte a los 30 días. En la tabulación de la humedad de FVH el contenido de humedad tiene un 93,41 a una densidad de siembra de 1Kg con una edad de corte de 30 días.

Especie	Edad	Densidad de siembra	Características		
			Humedad	Fibra	Proteína
TRIGO	15	1	85,80	54,73	19,152
	15	1,5	83,53	47,76	22,344
	15	2	82,83	65,50	21,546
	30	1	93,41	36,63	24,738
	30	1,5	85,52	31,84	29,526
	30	2	85,64	6,47	27,132

El contenido de fibra de FVH de maíz corresponde un 28,71 a una densidad de 2 Kg con una edad de corte de 30 días, mientras con respecto a la proteína se observó un contenido de

21,875 a una densidad de 1,5 y 2 Kg con una edad de corte a los 15 y 30 días. En la tabulación de la humedad de FVH el contenido de humedad tiene un 93,41 a una densidad de siembra de 1Kg con una edad de corte de 30 días.

Especie	Edad	Peso	Características		
			Humedad	Fibra	proteína
MAÍZ	15	1	86,10	10,95	19,25
	15	1,5	87,54	19,40	21,875
	15	2	83,77	17,41	17,5
	30	1	87,27	24,38	20,125
	30	1,5	86,05	18,41	24,5
	30	2	82,02	28,71	21,875

Capítulo V

5.1 Conclusiones

El manejo agronómico del forraje verde hidropónico del maíz y trigo en cuanto la mejor época, densidad de siembra fue respectivamente, con promedios de germinación en maíz 93,3% y del trigo un 87, 5% bajo condiciones climáticas de la amazonia donde se mantuvo una temperatura entre 23,7 a 31°C y la humedad relativa de un promedio de 82-85%

Los mejores resultados de la producción de biomasa en el maíz fueron a los 30 días con una densidad de 1.5 Kg, mientras con respecto al trigo su mayor cantidad de biomasa fue a los 30 días con una densidad de 1.5 Kg.

El aporte nutricional del trigo a los 15 días de cosecha con una densidad de 2 kg posee un aporte nutricional optima, con respecto al porcentaje fibra dio como resultado de 65.50%, y a la proteína de 21.54% mientras que el maíz a los 30 días de cosecha en una densidad de 2kg dio un porcentaje de fibra 28,71 y porcentaje de proteína 21,875 %.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Albiño, Jose. 2019. «Influencia del cambio climático en la producción de los cultivos de Cacao en el Cantón Shushufindi». 145.
- Avalos, Jose A. Caro. 2015. *Hidroponia su empresa de cultivo en agua*.
- Balam, L. 2019. «Modelo tecnológico para producción de forraje cerde hidropónico de Maíz *Zea mays*».
- Beltrano, José, y Daniel Gimenez. 2020. *Cultivo en hidroponía*.
- Chavarria, Agustin, y Sandra Del Socorro Castillo. 2018. «El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja». *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático* 4(8):1032-39. doi: 10.5377/ribcc.v4i8.6716.
- Deras, Hector. 2016. *El cultivo del maíz /*.
- Elizondo, Jorge Alberto. 2015. «Calidad nutricional y consumo de forraje de Maíz (*Zea mays*) y forraje de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin alimento balanceado en cabras». *Nutrición Animal Tropical* 9(2):11. doi: 10.15517/nat.v9i2.20991.
- FAO. 2018. *Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS*.
- GadMera. 2013. *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Mera*.
- Germisemillas. 2021. «*Brizantha marandú*». *Copacabana* 5737.
- Hurtado, Lorenzo. 2016. «Fundamentos del riego». *Universidad Nacional Agraria La Molina* 72.
- INEN 522. 1980. «Determinación de la fibra cruda». 1-6.
- Inen49, NTE. 2015. «Determinación de humedad». en *Servicio Ecuatoriano de normalización*.
- Juarez, Porfirio, Hector Morales, Manuel Sandoval, Alejandro Gomez, Elia Cruz, Cecilia Juarez, Jorge Aguirre, Alejo Gelacio, y Margarito Ortiz. 2013. «Producción De Forraje Verde». *Revista Fuente nueva época* 4(Abril):1-2.
- León, Ramiro, y Nancy Bonifaz. 2018. *Pastos y forrajes del Ecuador*. Vol. 148.
- López, Luis. 2005. «Producción de Forraje Verde Hidropónico». *Agroplasticultura* 066:55.
- Márquez, Julio. 2021. «Boletín Técnico. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2020». *INEC* 12-13.
- Nieto, Carlos, y Carlos Caicedo. 2012. «INAP – Estación Experimental Central Amazónica». *Iniap* 24-50:1-12.
- Nieto, Daniel, Raul Berisso, Oscar Demarchi, y Eugenio Scala. 2012. *Manual de Buenas Prácticas de Ganadería Bovina para la Agricultura Familiar*.
- Olivera, Yuseika, R. Machado, y P. P. Pozo. 2006. «Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*». *Pastos y Forrajes* 29(1):1-13.

- Ortega, Iván. 2014. «Maíz I (*Zea mays*)». *REDUCA Biología* 7(2):151-71.
- Patricio, Núñez-torres Oscar, Guerrero-lópez Jorge Ricardo, y Datos Artículo. 2021. «Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos Hydroponic foods: an alternative for the feeding of domestic animals Introducción». *Selva Andina Animal Sciencie* 1:44-52.
- Romero, Manuel, Gabriel Córdova, y Elizabeth Hernández. 2009. «Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero». *Acta Universitaria* 19(2):11-19.
- Silveira, E., y R. Franco. 2006. «Conservación de forrajes : primera parte (Conservation of forages : first part)». *Redvet* VII(1695-7504):24.
- Soto, María Andrea Cerrillo, Arturo Saúl J. Reyes, José Arnulfo Rivera Ahumada, Maribel Guerrero Cervantes, y Hugo Bernal Barragán. 2012. «Produccion de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidroponico de trigo y avena». *Interciencia* 37(12):906-13.
- Urrestarazu, Miguel. 2015. «Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía - URRESTARAZU GAVILAN, MIGUEL - Google Libros». (December 2015):1-278. doi: 10.13140/RG.2.1.1940.0724.
- Vargas, J., D. Benítez, Verena Torres, Sandra Ríos, y Sandra Soria. 2015. «Factores que determinan la eficiencia de la producción de leche en sistemas de doble propósito en la provincia de Pastaza, Ecuador». *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 49(1):17-21.
- Vargas, Yadira, José Nicolalde, Andrés Calero, y Omar Vizuite. 2018. «Agroforestería Sostenible Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N ° 2». *INIAP-Estación experimental Central Amazónica* 2.
- Villavicencio, Aberlardo. 2014. «Producción de forraje hidropónico». P. 44 en *Boletín INIA N°285*.
- Viracucha, Jose. 2020. «Evaluación de la calidad y producción de forraje verde de avena (*Avena Sativa*) asociado a colza (*Brassica napus* L) y nabo forrajero (*Brassica rapa*)». 21(1):1-9.
- Zárate, Margarita. 2014. *Manual de hidroponia*. editado por I. de Biología.
- Zuñiga, Andres; Beauregard Ivette. 2020. «Evaluación de tres productos desinfectantes sobre semillas de maíz y cebada para la producción en la tecnología de Forraje Verde Hidropónico». *Repertorio Científico* 23(2):63-75. doi: 10.22458/rc.v23i2.3180.

4.1 ANEXOS



Montaje del invernadero



Invernadero



Stand de manejo de FVH



Lavado de maíz



Pesado de maíz



Lavado de trigo



Control de humedad y temperatura



Produccion de biomasa de maiz



Produccion de FVH



Analisis del FVH



Corte del forraje



Pesado del forraje



Muestras cortadas



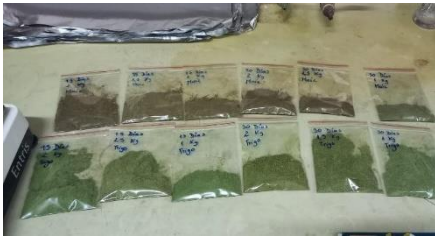
Caracterizacion del maiz



Pesado de muestras



Muestras al deshidratador



Muestras secas



Analisis del agua



Determinacion de proteina



Determinacion de proteina



Determinacion de fibra



Calcination de muestras

