

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



**“PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DEL
FORRAJE VERDE HIDROPONICO DEL *Zea mays* (maíz) A
DIFERENTES EDADES DE COSECHA, EN TINGO MARIA”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR :

LINDA CRISTINA LAZO POZO

Tingo María – Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron, a las 07:00 p.m. del 24 de marzo de 2023, para calificar la Tesis titulada "PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DEL *Zea mays* (maíz) A DIFERENTES EDADES DE COSECHA, EN TINGO MARÍA", presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias **LINDA CRISTINA LAZO POZO**.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "MUY BUENO".

En consecuencia, la sustentante queda capacitada para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para la otorgación del Título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 265°, inciso "b" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 21 de abril de 2023

Ing. M. Sc. **MIGUEL ÁNGEL PÉREZ OLANO**
Presidente

Ing. **WALTER ALBERTO PAREDES ORELLANA**
Miembro

Dr. **MEDARDO ANTONIO DÍAZ CÉSPEDES**
Miembro

Ing. M. Sc. **EBER CÁRDENAS RIVERA**
Asesor

Ing. **GUDER ELVIRA PÉREZ MENDOZA**
Asesora



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 108 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Zootecnia

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO DEL Zea mays (maíz) A DIFERENTES EDADES DE COSECHA, EN TINGO MARIA	LINDA CRISTINA LAZO POZO	23% Veintitrés

Tingo María, 02 de mayo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional Digital (RIDUNAS)

DEDICATORIA

A **Dios** que me protege, ilumina y guía para poder seguir adelante con mis metas; por haberme dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer en aquellos momentos de dificultad y de debilidad

A mis queridos Padres al señor Freddy Alberto Lazo Ruiz y la señora Isabel Cristina Pozo Contreras, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi querida hermana Adriana Soto Pozo y mi abuela Lucila Contreras Rodriguez quienes me brindaron mucho amor y apoyo moral durante toda mi etapa universitaria.

A mi amigo Hugo Soto Leiva por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser el Alma Mater de mi formación profesional.

Especial reconocimiento y agradecimiento a mis asesores Ing. M. Sc. Eber Cárdenas Rivera y la Ing. Guder Elvira Pérez Mendoza por su amistad, por sus sabios conocimientos, sobre todo por su apoyo y confianza depositada en mi persona para el presente trabajo de investigación.

A mis jurados: Ing. M. Sc. Miguel Ángel Pérez Olano, Ing. Walter Alberto Paredes Orellana y Dr. Medardo Antonio Díaz Céspedes; por el interés, motivación, apoyo y críticas necesarias para la realización de este trabajo.

A mi amiga: Juana Klelia Yanay Chilon, por su amistad sincera, por compartir sus conocimientos y su apoyo incondicional demostrado en todo momento.

Al Ing. M. Sc. Hugo Saavedra Rodríguez por su amistad y apoyo incondicional en el presente trabajo de investigación.

A los docentes de la facultad de Zootecnia, por sus conocimientos y consejos impartidos durante los años de estudio.

INDICE

	Pagina
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. <i>Zea mays</i> (maíz)	3
2.2. Hidroponía.....	3
2.2.1. Forraje verde hidropónico (F.V.H)	3
2.2.2. Importancia del forraje verde hidropónico.....	4
2.2.3. Ventajas del forraje verde hidropónico	5
2.2.4. Desventajas del Forraje verde Hidropónico	5
2.2.5. Manejo de forraje verde hidropónico	5
2.2.6. Factores ambientales que Influyen en la Producción de Forraje Verde Hidropónico.....	8
2.2.7. Soluciones nutritivas	9
2.2.8. Producción de forraje verde hidropónico	9
2.2.9. Calidad de forraje verde hidropónico.....	10
2.2.10. Contenido nutricional del forraje verde hidropónico	10
2.3. Parámetros agronómicos	12
2.3.1. Producción de biomasa.....	12
2.3.2. Relación hoja/ tallo (RHR).....	12
2.4. Costos de producción	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución	14
3.2. Materiales y métodos	14
3.2.1. Materiales y equipos.....	14

3.2.2.	Metodología	14
3.2.3.	Datos registrados	17
IV.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	19
4.1.	Parámetros agronómicos y productivos del Forraje verde hidropónico de <i>Zea mays</i> (maíz) en diferentes edades de cosecha.....	19
4.2.	Calidad nutritiva del Forraje verde hidropónico de <i>Zea mays</i> (maíz) en diferentes edades de cosecha	25
4.3.	Costos de producción	28
V.	CONCLUSIONES.....	30
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	31
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	ANEXO.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Parámetros agronómicos y productivos del FVH de <i>Zea mays</i> (maíz) en diferentes edades de cosecha.....	19
Calidad nutritiva del FVH de <i>Zea mays</i> (maíz) en diferentes edades de cosecha.....	255
Costo de producción del forraje verde hidropónico de <i>Zea mays</i> (maíz) en diferentes edades (días) de cosecha.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Comportamiento de la altura en cm del Forraje verde hidropónico del <i>Zea mays</i> (Maíz) en diferentes cosechas (días).....	20
2. Comportamiento de relación hoja- raíz del Forraje verde hidropónico del <i>Zea mays</i> (Maíz) en diferentes cosechas (días).....	21
3. Comportamiento de la producción de biomasa por m ² (kg) del Forraje verde hidropónico del <i>Zea mays</i> (Maíz) en diferentes cosechas (días).....	22
4. Comportamiento del porcentaje de materia seca del Forraje verde hidropónico del <i>Zea mays</i> (Maíz) en diferentes cosechas (días).....	23
5. Comportamiento de energía bruta (kcal/kg) del Forraje verde hidropónico del <i>Zea mays</i> (Maíz) en diferentes cosechas (días).....	26
6. Comportamiento del contenido de Proteína Cruda en porcentaje del Forraje verde hidropónico del maíz en diferentes cosechas (días).....	27

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO DEL *Zea mays* (maíz) A DIFERENTES EDADES DE COSECHA, EN TINGO MARIA

RESUMEN

La investigación se realizó en los ambientes del Centro de Investigación de la Granja Zootécnica de la Facultad de Zootecnia, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María - Huánuco, con el objetivo de evaluar la producción de biomasa y calidad nutritiva del forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) a diferentes edades de cosecha, para ello se utilizó 40 bandejas germinadoras, las cuales se distribuyeron en 3 bloques, cinco tratamientos, ocho repeticiones, los tratamientos evaluados fueron: T1: 12 días de cosecha, T2: 16 días de cosecha, T3: 20 días de cosecha, T4: 24 días de cosecha, T5: 28 días de cosecha y las evaluaciones estadísticas se realizaron utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con contrastes ortogonales. Los análisis de variancia fueron procesados con el software estadístico Infostat. Los resultados indican que, los parámetros productivos con mejores indicadores en la cosecha del FVH están entre los 16- 20 días, los parámetros agronómicos y la calidad nutritiva con mejores indicadores están entre los 24-28 días de cosecha del FVH del maíz. Se concluye que la edad óptima de cosecha del germinado de grano de maíz esta entre los 24-28 días por tener los índices más altos en la mayoría de los nutrientes y así como una buena producción de forraje.

Palabras clave: Parámetros agronómicos, parámetros productivos, calidad nutritiva, costo de producción y biofermento.

The Biomass Production and Nutritional Quality of the Green Hydroponic Forage from *Zea mays* (Corn) at Different Harvesting Ages in Tingo Maria

ABSTRACT

The research was carried out in the Zootechnics Faculty's farm research center environments at the Universidad Nacional Agraria de la Selva in Tingo María, Huánuco, [Peru], with the objective of evaluating the biomass production and nutritional quality of the green hydroponic forage from *Zea mays* (corn) at different harvesting ages. In order to do this, forty germination trays were used, which were distributed into three blocks with five treatments and eight repetitions. The treatments evaluated were: T1: 12 days after harvesting, T2: 16 days after harvesting, T3: 20 days after harvesting, T4: 24 days after harvesting, and T5: 28 days after harvesting. The statistical evaluations were done using the completely randomized block design (CRBD; DBCA in Spanish) with orthogonal contrasts. The variance analyses were processed with Infostat statistical software. The results indicated that the productive parameters with the best indicators during harvesting of the FVH (acronym in Spanish) were between sixteen and twenty days; the agronomic parameters and the nutritional quality with the best indicators were between twenty four and twenty eight days after harvesting the corn FVH. It was concluded that the optimal age for harvesting the germinated corn grains was between twenty four and twenty eight days, due to having the highest indices for the majority of the nutrients, as well as a good forage production.

Keywords: agronomic parameters, productive parameters, nutritional quality, production cost, bioferments

I. INTRODUCCIÓN

En el trópico la época seca tiene un marcado periodo de estiaje, teniendo precipitaciones muy bajas produciendo pasturas que maduran más rápido, reduciendo su calidad nutricional, que afectan a la producción animal; estas características son una preocupación constante para el productor de la selva tropical. Una de las posibles soluciones a esta situación es el cultivo de forraje verde hidropónico en invernaderos con costos bajos, donde podemos utilizar especies propias de la zona que permitan una producción intensiva de forraje fresco para la alimentación animal en forma sostenible. (Rodríguez, 2003)

La hidroponía es una técnica que fue desarrollada en las antiguas culturas y civilizaciones usando como medio de subsistencia; actualmente es una técnica muy importante para la producción forrajera global. La diferencia es que ninguna de las etapas de crecimiento requiere suelo como fuente de apoyo o nutrientes para el cultivo. Las plantas toman los nutrientes directamente del agua y los disuelven. Las raíces reciben solución nutritiva disuelta en agua con todos los nutrientes esenciales necesarios para el desarrollo y crecimiento de la planta. Huterwal (1992)

Izquierdo (2001), menciona que la producción de forraje verde hidropónico forma parte del concepto de producción intensiva porque no requiere una gran extensión de terreno, un largo periodo de producción y menos formas de almacenamiento y conservación. Es una buena alternativa para los productores, es una tecnología de producción de biomasa derivada de la del proceso germinativo y crecimiento de las semillas en moderadas condiciones ambientales, sin suelo y eficientes en agua.

Se han realizado diferentes trabajos de investigación sobre el tema sin embargo en la zona es poco difundida; quizá por el hecho de que no se tiene suficiente información de las distintas especies forrajeras que se puedan utilizar en ese sentido en el presente trabajo se aborda como problema: ¿Cuál es la edad de cosecha adecuada del forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) para una producción y calidad nutritiva adecuada en Tingo María? Se planteó la siguiente hipótesis: La producción y calidad nutritiva del *Zea mays* (maíz) generado a través de la técnica de hidroponía es mejor a los 20 días de cosecha.

Objetivo general:

- Evaluar la producción de biomasa y calidad nutritiva del forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) a diferentes edades de cosecha.

Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros agronómicos (altura de planta y relación hoja/raíz) y productivos (materia verde y materia seca) del forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) a diferentes edades de cosecha
- Determinar la calidad nutritiva del forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) a diferentes edades de cosecha
- Determinar el costo de producción del forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) a diferentes edades de cosecha.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Zea mays* (maíz)

Carballo (2000), menciona que el maíz pertenece a las gramíneas y a la especie *Zea mays*. Según Aldrich, 1994 el maíz es un cultivo de rápido desarrollo y crecimiento, produce altos rendimientos en una buena condición ambiental y abundante agua. Córdova (1993), menciona que es uno de los productos agrícolas más importantes en varios países, produce una mayor concentración nutricional por área a diferencia de otro grano con un 70-80% de almidón digerible, bajo contenido de proteína y fibra, rico en Fósforo y Calcio con valores de 0,27% y 0,02% respectivamente.

Martínez (2001), señala que el maíz es fundamental por la cantidad de alimento verde cultivado hidropónicamente producido y requiere una temperatura óptima entre 25°C - 28°C además de ser muy nutritivo. El pienso verde hidropónico es completamente diferente al pienso tradicional porque los animales consumen la producción total (hojas verdes, raíces y restos de las semillas) estos componen una fórmula completa de azúcares, hidratos de carbono y proteínas. La textura, color, sabor y forma aumentan la asimilación de otros alimentos y aportan una gran palatabilidad.

2.2. Hidroponía

Huterwal (1952), lo define como el cultivo sin suelo, que consiste en alimentar las plántulas por medio de una solución líquida mezclada con minerales, en lugar del sistema tradicional de suelo. Las plantas consumen alimentos minerales a partir de soluciones previamente preparadas de manera adecuada, y los elementos orgánicos son elaborados autotróficamente por procesos fotosintéticos y biosintéticos. La hidroponía es un sistema apto para producir plantas ornamentales, hortalizas, medicinales, forrajes, semillas certificadas y algas; estos productos tienen un alto costo y son escasos; sin embargo, se puede obtener múltiples cosechas de la misma especie por año.

2.2.1. Forraje verde hidropónico (FVH)

El proceso germinativo de granos y leguminosas (trigo, sorgo, maíz, cebada, alfalfa, etc.) se realiza entre 9 y 15 días, absorbiendo energía solar y absorbiendo nutrientes de la solución nutritiva. La hidroponía se utiliza sin sustrato. Los granos germinados

alcanzan una altura promedio de 25 cm. Los animales consumen partes aéreas formadas a partir de restos de tallos y hojas verdes, semillas y raíces. Con FVH podemos alimentar bovinos, porcinos, caprinos, equinos, cunícolas y numeroso ganado con excelentes resultados (FAO, 2001).

Valdivia (1997), el FVH es resultado de la germinación de los granos de trigo, maíz, avena, sorgo y cebada en óptimas condiciones ambientales (iluminación, temperatura y riego). Los brotes de las futuras plantas almacenan energía en forma de lípidos o carbohidratos, y podrían cambiar en cuestión de días en plántulas con la capacidad de capturar energía luminosa (fotosíntesis) y absorber nutrientes esenciales de soluciones nutritivas. Las plántulas experimentan un rápido crecimiento, con poca fibra, un alto nivel proteico en su composición y una forma de aminoácidos más fácilmente disponible en su forma libre; por los animales que la consumen. Por lo tanto, FVH es un producto con altos niveles de propiedades nutricionales

La producción de biomasa es obtenida a partir del desarrollo y crecimiento de las plantas en la etapa germinativa de semillas viables. FVH o "green feed hydroponics" es un forraje verde, sano, alto en digestibilidad, de buena calidad nutritiva y adecuado para la alimentación de animales (caballos de carreras, cabras, conejos, ovejas, gallinas, patos, vacas, etc). Producida en cualquier temporada del año, independientemente de la ubicación geográfica, siempre en cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias. (FAO, 2002)

2.2.2. Importancia del forraje verde hidropónico

Rodríguez (2003), señala que el problema más preocupante en la actualidad es la falta de insumos de origen vegetal y animal; la carencia se debe a la falta de persistencia en el ámbito de producción agropecuaria. La producción animal es variable por que la producción de forraje no es constante. Una forma de reducir esta variabilidad de la producción es alimentando continuamente a los animales de acuerdo con sus requerimientos nutricionales, para lograr una producción animal menos cambiante es importante mantener condiciones ambientales uniformes en las zonas donde se desarrolla continuamente el cultivo. En relación con la producción de FVH genera beneficios económicos debido a las ventajas que nos brinda.

Molina (1989), señaló que la producción del FVH podría salvar a cientos de miles de personas que padecen hambre y desnutrición, lo sorprendente de esta técnica es que

reduce significativamente los costos de alimentación. Puedes convertir 1 kg de maíz o trigo en 12 kg de FVH que puede ser consumido por cualquier especie animal en tan solo 8 o 10 días. Forma parte de un nuevo paradigma en la nutrición y podría ser una base primordial para erradicar la pobreza y el hambre que perturban a nuestro planeta.

2.2.3. Ventajas del forraje verde hidropónico

Camargo (1998), señaló que los cultivos desarrollados mediante hidroponía presentan muchas ventajas frente a los cultivos tradicionales, a continuación, mencionaremos los siguientes puntos: Requiere un área más pequeña para lograr el mismo rendimiento. Acortar el período de crecimiento. Se requiere menos mano de obra ya que no se remueve la tierra, realizar trasplantes, limpiar malezas y usar fertilizantes. Mantener los cultivos en espacios fitosanitarios y promover el control de plagas. Se produce todo el año y obtiene forrajes de alta calidad nutricional; producción de forraje muy sabroso; no dependiendo del clima por estar protegida directamente de las lluvias, las bajas temperaturas y la luz solar. La cantidad necesaria para mantener al animal es fácilmente programable.

2.2.4. Desventajas del Forraje verde Hidropónico

Presenta un conjunto de desventajas frente a las tradicionales, mencionaremos los siguientes puntos: Se requieren algunos conocimientos técnicos de fisiología vegetal y química inorgánica. Desinformación y sobrevaloración de la tecnología; alto costo de instalación; Aplicación incorrecta de los procedimientos técnicos (luz, temperatura, etc.) Las semillas no serán recuperadas. Camargo (1998)

2.2.5. Manejo de forraje verde hidropónico

Ramírez et al (2012), señaló que el procedimiento a seguir para la producción del FVH consiste en una serie metodológica:

Selección de la semilla.

FAO (2002), afirma que el forraje verde hidropónico empieza en la selección de semillas que sean buenas tanto por sus cualidades genéticas como fisiológicas; todo se sujeta del precio y la disponibilidad. Las semillas deben tener una tasa de germinación del 75 % para evitar la pérdida de rendimiento. Izquierdo (2001), establece que la selección

empieza con la adquisición de semillas certificadas, las cuales pueden brindar viabilidad, pureza y producir biomasa sana de buena calidad y germinación.

Las semillas para utilizar en estudios deben estar sin tierra, paja, piedras y semillas rotas que causen contaminación, semillas de otras plantas y que no hayan recibido tratamiento de agentes de preemergencia u otros plaguicidas tóxicos. Calles (2005)

Desinfección de semillas

Gutiérrez (2000), afirma que el grano debe remojar en tanques o contenedores para eliminar todo material flotante y otras impurezas. Ramírez et al (2012), menciona que se debe limpiar y desinfectar con una solución de hipoclorito de sodio al 1%, el propósito de la limpieza es eliminar el moho, las bacterias perjudiciales y mantenerlos limpios. La desinfección con hipoclorito elimina prácticamente el ataque de microorganismos patógenos. Las semillas en la solución no deben exceder los 3 minutos. Después del lavado, las semillas se enjuagan con agua limpia.

Remojo y pre-germinación

Consiste en colocar semillas en una bolsa de yute o tela y sumergirlas en agua limpia por un período de 24 horas para su completa inhibición. Este tiempo se divide en dos periodos de 12 horas cada uno. Después de 12 horas de inmersión, se saca las semillas y déjelas en remojo durante otras 12 horas. Este proceso estimula al embrión para inducir la germinación de las semillas. Hidalgo (1985)

Ramírez et al (2012), señala que a mayor periodo de absorción de 24 horas no es efectivo en cuanto a incremento del rendimiento forrajero. El paso previo a la germinación debe realizarse con semillas dentro de bolsas de arpillera en recipientes de plástico, evitando los recipientes metálicos que liberan residuos tóxicos. Es importante usar suficiente agua para cubrir completamente las semillas y por lo menos 0,8 a 1 litro de agua por kg de semillas.

Densidad de Siembra.

Izquierdo (2001), señaló que la tasa adecuada de siembra por metro cuadrado de charolas de hidroponía varía de 2,2 - 3,4 kg, esto significa que la altura de las semillas pregerminadas en la charola no debería exceder los 1,5 cm de espesor, debe distribuirse homogéneamente como una capa delgada. Rodríguez (2001) recomienda que dependiendo al

grano a utilizar una bandeja de 43,18 cm x 43,18 cm y 5 cm de profundidad. La densidad de siembra del forraje verde hidropónico es variable.

Riego con biol.

López (2007), recomienda que un riego con solución nutritiva se debería realizar a partir del día 4 aumentándolo progresivamente. En un sistema automatizado la cantidad diaria de nutrientes se puede aplicar en 6-9 dosis divididas durante el día con aspersores durante unos segundos. Pérez (2011) establece como control, que se deben aplicar soluciones nutritivas orgánicas como composta y soluciones químicas desde el 5° día hasta el día de la cosecha.

Siembra en la bandeja.

Izquierdo (2001), menciona que las semillas pregerminadas se colocan en bandejas sobre andamios de fierro y que 1 kg de semillas como cebada, avena, trigo o maíz rinden 6 kg por kg en 10 o 12 días. Mendoza (2009) La siembra se basa en distribuir las semillas homogéneamente en bandejas utilizando guantes. Las bandejas de siembra deben cubrirse con papel de periódico para mantenerse húmedas dejando orificios para evitar la falta de oxígeno. FAO (2012); señala que la siembra de semillas en bandejas permite la distribución de capas delgadas de semillas pregerminadas, las cuales no deben ser superiores a los 1,5 cm de altura o espesor.

Cosecha.

López (2007), establece que el tamaño depende del cultivo y también es necesario analizar los tipos y etapas de los animales a alimentar. La cosecha suele ser entre 8 y 14 días. Para 1 kg de semillas utilizadas, es posible producir alimentos verdes hidropónicos de 30 cm de altura y de 8 a 15 kg. Müller (2005) menciona que una edad adecuada de cosecha para cultivos tiene que ser entre los 16 a 20 días cumpliendo con los requerimientos del productor.

Sánchez (1997), El cultivo hidropónico conforma un bloque de alimento, es fácil de retirar y puede entregarse a los animales en trozos, triturados ó picados. Se establece utilizar recién cosechadas para facilitar su consumo y evitar rechazos y pérdidas. Sin embargo, como todo forraje, se puede almacenar siempre que se le proporcione el lugar y los cuidados necesarios.

2.2.6. Factores ambientales que intervienen en la Producción del FVH

Vargas (2008), explica que cualquier interferencia negativa en la salud de una planta afecta su crecimiento, desarrollo y por ende su producción; también puede reducir el consumo humano o animal. Por esto, se indican las variables para el éxito o fracaso de un negocio hidropónico en la mayoría de los casos por su importancia y condición. Izquierdo (2001) Los factores metodológicos son necesarios para una óptima producción de forrajes hidropónicos y en la mayoría de los casos de emprendimientos que aportan los investigadores con sus experiencias.

Según FAO (2002) y Urias (1997), la luz es fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plántulas; porque favorece a la síntesis de los compuestos nutricionales como las vitaminas muy importantes para la nutrición vegetal y animal. Para una producción óptima de FVH, las bandejas deben dejarse en ambientes con escasa luz para promover el crecimiento y desarrollo de brotes de raíces durante los primeros 3 días, y las bandejas deben mantenerse hasta la cosecha posterior. Los cultivos necesitan un ambiente con una distribución adecuada de la luz (FAO, 2002).

La luz incita al crecimiento y desarrollo de las plántulas evitando el consumo de las reservas de granos, aumentando así el valor nutricional de FVH. Por otra parte, la temperatura tiene que mantenerse entre el rango de 18-26°C para una buena producción de F.V.H. La germinación necesita estar entre una temperatura de 18-21°C, con diferentes requerimientos para diferentes especies. Sánchez (2002), menciona que las horas nocturnas no son beneficiosas para el maíz ya que las temperaturas suelen ser superiores a los 30°C; causando problemas con la actividad celular, lo que reduce la capacidad de las raíces para absorber agua; la respiración de la planta es muy activa ya que utiliza importantes reservas de energía. Guerrero (1992).

Rojas (2009), plantea que la humedad relativa debe estar entre 85 y 90%, la temperatura es difícil establecer con métodos estándar debido a la biodiversidad de especies vegetales, pero generalmente es posible germinar en otros rangos de temperatura (0 a 45°C). Sin embargo, se debe considerar la temperatura óptima para el desarrollo y crecimiento de cada especie.

Soluciones nutritivas

En la siembra tradicional, los nutrientes presentes en el suelo son disueltos por el agua; obteniendo un líquido nutritivo que son absorbidas por las plantas. En los sistemas hidropónicos, el agua se prepara artificialmente también conocido como solución nutritiva concentrada en sales minerales disueltas en agua y cuyo pH se ajusta si es necesario Izquierdo (2002).

Rodríguez (2003), afirma que en la hidroponía los requerimientos nutricionales de las plántulas se satisfacen con los nutrientes suministrados por las soluciones nutritivas. La proporción de nutrientes que necesita una plántula en relación con la variedad, la especie, condiciones ambientales y la etapa estacional. Steiner (1961), menciona que las soluciones nutritivas contienen agua y nutrientes esenciales de manera iónica. Los componentes orgánicos como los quelatos de Hierro están presente en la solución nutritiva. Las soluciones nutritivas tienen muchas fórmulas. Lo importante es usar un modelo que se pueda preparar con fertilizantes que se pueda adquirir sin dificultad. El objetivo es disminuir los costos y obtener una producción sostenible Martínez, (1997).

Theunissen *et al.* (2010), establece que una producción de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz con fertilizante mejora el rendimiento a un 19%, el uso adecuado del agua al 50% y calidad nutricional a diferencia al que no se fertiliza. La solución nutritiva orgánica (lixiviado de vermicompost) sobre el rendimiento y la calidad del FVH de maíz tiene un efecto estadístico equivalente a la solución nutritiva convencional, confirmando el uso sostenible potencial del lixiviado de vermicompost en la producción de FVH. , como producto derivado del ganado y materiales de bajo uso (estiércol), puede reducir el costo y la contaminación del medio ambiente agrícola al relajar los requisitos para los fertilizantes sintéticos industriales.

2.2.7. Producción de forraje verde hidropónico

Es un alimento altamente nutritivo, rico en proteínas, de fácil digestión, de sabor suave que puede circular rápidamente por el tracto digestivo del animal, producir una variedad de granos y legumbres, y tener una capacidad de producción por un período de tiempo determinado que se puede producir durante todo el año en pequeños espacios y de fácil acceso a las materias primas, consumo reducido de agua, etc. Sin embargo, la producción de FVH requiere de capacitación previa, infraestructura, manejo minucioso de las condiciones de

producción y atención permanente por considerarse un producto susceptible al ataque de hongos y bacterias (FAO, 2001).

Juárez (2011), menciona que los principales desafíos a los que está expuesta la producción ganadera tradicional es la escasez de agua, la predisposición de nuevas tierras cultivables, el cambio climático, la erosión del suelo y el aumento de las tasas de contaminación. Realizar la producción de nuevos piensos a través de la hidroponía y cultivo sin suelo (parte de la agricultura protegida) como opciones viables para satisfacer la creciente demanda de producción agrícola

Por lo tanto, es importante el uso de cultivos protegidos porque son menos susceptibles al cambio climático y producen cultivos de temporada con ahorros significativos debido al uso de fertilizantes y pesticidas a pequeña escala (Juárez, 2011). La pérdida de agua por evapotranspiración, escorrentía, infiltración y superficial en los sistemas de producción de FVH son mínimas en comparación a las condiciones de producción convencionales para especies forrajeras. Minson (1990), informó que los granos recién germinados tenían un alto contenido de vitaminas, minerales, clorofila, oligoelementos y otras nutrientes esenciales.

2.2.8. Calidad de forraje verde hidropónico

Izquierdo (2001), afirma que la producción de forraje verde hidropónico a los 15 días alcanza una altura de 20 cm (dependiendo de la época de crecimiento), es beneficioso en el consumo animal y puede alcanzar un máximo valor nutritivo debido a la germinación del grano. (Pérez, 2007). El forraje verde hidropónico tiene altos valores de energía y niveles moderados de digestibilidad. De igual manera (Hidalgo, 1985) señaló que los valores del forraje verde hidropónico varían dependiendo el tipo de grano utilizado y del momento óptimo de cosecha.

2.2.9. Contenido nutricional del forraje verde hidropónico

Todo esto depende en gran medida de la especie de planta, así como de la etapa de crecimiento. Para las gramíneas la proporción de proteína cruda, la digestibilidad y el contenido de minerales disminuyen a medida que las plantas maduran, y se observan cambios en la proteína a medida que se desarrollan según la etapa de crecimiento y el suelo. En la parte basal de las plántulas que cambian debido a las relaciones dinámicas entre la respiración y la fotosíntesis. Cuando la respiración excede la fotosíntesis y las plántulas han desarrollado un

área foliar significativa, los carbohidratos no estructurales (carbohidratos reparativos) se acumulan en las raíces y los tejidos basales. Entonces comienza a servir y utilizar como fuente inmediata de energía y proporciona nutrientes a las especies forrajeras Bernal (1991).

Silva (1994), menciona que los granos recién germinados poseen un alto nivel de minerales, vitaminas, clorofila, oligoelementos y otras sustancias esenciales. La composición bromatológica de forraje verde hidropónico del maíz (solo las hojas o follaje) a los 11 días de cosecha registra los siguientes valores: 13,4 % de materia seca, proteína 15,08%; grasa 2,6%; fibra 12,76% y ceniza 2,24% de la materia seca del maíz respectivamente. También contienen Calcio, Magnesio, Cobre, Zinc, Yodo y Potasio. La AOAC 2004 menciona que el forraje verde hidropónico cosechado a los 10 días obtiene una proteína cruda de 19,44%; una materia seca de 30,32 y extracto etéreo de 5,00 %. Respectivamente se evaluó la plántula completa.

La FAO (2001), encontró un contenido nutricional para uso forrajero de los germinados de maíz en materia seca: fibra cruda 8,87%; proteína 12,26%; Grasa, 4,25% y nifex 72,78%. A los 10 días después de la germinación en base seca tiene: 5,01% de grasa; 13,47% de proteína; 2,71% de ceniza; 9,03% de fibra y a los 20 días después de la germinación en base seca se obtuvo: 3,84% ceniza; 13,23% fibra; proteína 14,75%; 6,39% grasa. Pichilingue (1994) y Pérez et al (1995) encontraron valores nutritivos del maíz germinado hidropónicamente a los 11 días de cosecha en base seca: grasa 2,60%; Ceniza 2,24%; Fibra 12,76%; Nifex, 67,32% y proteína 15,08%. Panduro (2008) obtuvo un análisis proximal pudo confirmar los altos valores de la calidad nutricional del FVH del maíz con solución nutritiva.

Panduro (2008), logro obtener a los 15 días de cosecha un FVH del maíz con una humedad de 42,13% ; una materia seca de 57,87%; una proteína de 18,62; fibra cruda 8,87%; extracto etéreo 4,42% y ceniza 13,51%. Tarazona (2006), estableció que el tiempo óptimo de cosecha del germinado de *Zea mays* (maíz) se encuentra entre los 12 a 16 días posgerminación ya que posee los parámetros más altos en la mayoría de los nutrientes así como una máxima producción de forrajera con un porcentaje de materia seca 26,36 a 20,91% ; con una proteína de 14,82 a 16,04%; con una energía bruta de 4,643.83 a 4,660.55 kcal/kg y fibra cruda de 8,99 a 11,21% .

2.3. Parámetros agronómicos

2.3.1. Producción de biomasa

Van (1987); menciona que un forraje productivo se ve afectado por la edad, por lo que a medida que el forraje madura la producción aumenta, mientras que el valor nutricional medido en términos de contenido de proteína cruda y digestibilidad disminuye. Tarazona (2006), afirma que el rendimiento fresco total de los brotes de maíz cosechados de 12 a 16 días después de la germinación osciló entre 12,30 y 15,21 g/m². El rendimiento de brotes frescos es de 10,94-13,30 kg/m², y el rendimiento de brotes secos es de 2,87-2,74 kg/m². La producción de proteína total en base a la materia seca oscila entre 0,43 y 0,44 kg/m². Salas et al 2012 cosecho a los 16 días obteniendo una producción de FVH de 18.6 kg/m² con té de compost.

2.3.2. Relación hoja/ tallo (RHT)

Clavero (1995); menciona que en la estructura de la plántula la relación hoja: tallo disminuyó con la edad y aumentó la elongación internodal, lo que indica un aumento en la proporción de tejido estructural por ende un aumento en los niveles de fibra. Fick y Holthausen, (1985) enfatiza a que la relación hoja/tallo es un parámetro muy importante; busca que las hojas sean más digestibles, sea lo más alta posible y alto contenido de proteína; por lo tanto, mayor valor nutritivo y mayor durabilidad de nutrientes en ellas.

2.3.3. Altura (h)

Cuadra (1998); indica que la altura de la plántula de sorgo es un parámetro importante como indicador de la tasa de crecimiento y la cantidad de biomasa. También se ve muy afectado por las condiciones ambientales como la humedad relativa, la temperatura y la cantidad y calidad de la luz. Sánchez (2012), menciona que la cosecha se completa cuando las plántulas alcanzan un promedio de 25 cm este crecimiento toma de 8 a 12 días dependiendo de las condiciones ambientales y la frecuencia de riego. La presencia de tallos de color marrón claro y amarillo verdoso indica que el material está listo para cosechar por ende se procede a cortar los tallos gruesos y maduros juntamente con las hojas que rodean los nudos del tallo y las yemas. (BIBLIOTECA DEL CAMPO, 1984).

2.4. Costos de producción

Sánchez (1997), menciona que la inversión requerida para producir forraje verde cultivado hidropónicamente depende de la escala de producción. El costo unitario del insumo primario (semilla) hace que el alimento verde hidropónico sea una alternativa viable a considerar por los pequeños y medianos productores. Este sistema de producción tiene costos fijos bajos en comparación con la producción de alimentos hidropónicos convencionales. Algunos estudios han demostrado que la rentabilidad de la producción de piensos verdes hidropónicos es muy aceptable para que los productores mejoren la calidad de vida de sus familias, beneficiando así su desarrollo y adaptación social al mismo tiempo que logran una reconversión gradual. (por ejemplo, producción de cuyes alimentados con FVH incorporados a la horticultura intensiva)

Marín et al (2016); realizaron una valoración preliminar de costos en base a los 15 días de cosecha, tomando en cuenta el factor semilla (el resto como costo fijo), el costo de la semilla certificada y la semilla común; generando varianza en el costo relativo de la biomasa en base fresca (2.13 soles por Kg con semilla certificada y 0.80 soles por kg con semilla común). Estos reportes demuestran que utilizar maíz criollo permite una disminución en el costo por Kg de materia seca del FVH al compararlo con semilla certificada.

Morales, (1987), Aunque se menciona que los costos de implementación son altos, estos costos se pueden reducir usando materiales locales o controlando el ambiente con o sin invernadero. Otra inversión importante y necesaria es el costo de los andamios y otros materiales para producir alimentos hidropónicos. Estos costos son difíciles de reducir por su naturaleza y existen pocas alternativas más baratas, por el contrario, los costos de las bandejas pueden ser mayores pero debido a su mayor durabilidad este es un aspecto por considerar al producir forraje verde hidropónico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en los ambientes del Centro de Investigación de la Granja Zootécnica de la Facultad de Zootecnia y en los Laboratorios de Nutrición Animal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. Geográficamente está ubicada a 09° 08' 17'' de latitud sur y 75° 59' 52'' de longitud oeste, tiene una altitud de 660 msnm, con una temperatura anual de 25,5°C, una precipitación pluvial anual de 3100 mm y humedad relativa de 84,09%. (SENAMHI,2020)

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

a. Instalaciones

El ambiente se caracterizó por tener 3.90m de alto x 4.92m de ancho x 10 m de largo con piso de cemento, paredes cerradas con plástico transparente no herméticamente, que abarcó desde el suelo hasta el techo de calamina. Cuyo interior se instaló un andamio de fierro con medidas de 2.00 m de altura, 1.50 m de largo, 1.10m de ancho, con 4 pisos con distancias de 40 cm en los cuales se colocaron 40 bandejas germinadoras, cada bandeja midió 52 cm de largo x 28 cm de ancho x 3 cm de altura, con capacidad para 1.500 kg de semillas de maíz, los cuales fueron distribuidos al azar en el andamio.

b. Insumo de estudio

Para este trabajo se utilizó 60 kg de maíz amarillo común

3.2.2. Metodología

1. Tipo de investigación

El presente trabajo correspondió a una investigación del tipo experimental

2. Preparación del forraje verde hidropónico de *Zea mays* (maíz)

Para la obtención del forraje verde hidropónico se utilizó la metodología de Tarazona (2006).

a. Manejo de las semillas para el proceso de hidroponía

Los 60 kg de semilla fueron remojados en agua e hipoclorito (un litro de agua por 5ml) durante 15 minutos para eliminar hongos y bacterias, luego se enjuagaron dos veces para eliminar el hipoclorito. Retiramos las semillas que salieron a flote.

b. Pre - Germinado

La cantidad de maíz que no flotó, fueron remojados con agua durante 72 horas, realizando el cambio de agua cada 12 horas.

c. Siembra y densidad

Se pesó 1.5 kg de maíz pregerminada. Luego se pasó a distribuir una capa delgada de semillas pregerminadas, para la cual no debió ser superior a 1.5 cm de espesor o altura. Se vigiló que queden arrecostadas, pero nunca una encima de otra ya que se pudren las de abajo.

d. Germinación (fase oscura)

Dejamos máximo 5 días de oscuridad, tapadas con plástico negro y papel periódico, pero dejándolas respirar con algunos agujeros, regamos solo con agua 5 veces/día.

e. Crecimiento y desarrollo

Luego de los días de oscuridad se sacaron al aire libre sin sol directo que cumpla normalmente con día y noche, el riego FVH se realizó con **bio-fermento** que se obtiene de la descomposición anaeróbica de vegetales usando microorganismos eficientes (1/2 litro de bio-fermento por 40 litros de agua) por aspersion a través del uso de una mochila fumigadora por 5 veces en el transcurso del día. Sin embargo, dejamos de dar dos días antes de cosechar para que limpie de excesos y regar solo con agua.

f. Cosecha

Las cosechas se realizaron con relación a los tratamientos (12,16, 20, 24,28 días), retirando la bandeja para realizar las respectivas evaluaciones.

3. Variable en estudio

a. Variable independiente

Diferentes edades de cosecha del forraje verde hidropónico de Zea mays (maíz)

b. Variables dependientes

- Variables agronómicas y productivas: Materia verde y materia seca, altura de la planta y relación raíz –hoja
- Contenido nutricional: Proteína, energía, minerales.
- Variables económicas: Costo de producción

4. Tratamientos

T₁: Producción y calidad nutritiva del FVH del maíz a los 12 días

T₂: Producción y calidad nutritiva del FVH del maíz a los 16 días

T₃: Producción y calidad nutritiva del FVH del maíz a los 20 días

T₄: Producción y calidad nutritiva del FVH del maíz a los 24 días

T₅: Producción y calidad nutritiva del FVH del maíz a los 28 días

5. Análisis estadísticos

Los tratamientos fueron distribuidos através de un diseño bloque completamente al azar (DBCA), con 5 tratamientos, 4 bloques (pisos), 8 repeticiones por cada tratamiento y una Unidad Experimental que fue una bandeja; también se realizaron contrastes ortogonales para la obtención del tiempo óptimo. El modelo aditivo lineal utilizado fue:

$$Y_{ij} = u + B_i + T_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = producción del FVH del maíz en la J-ésima piso bajo el i-ésimo tratamiento.

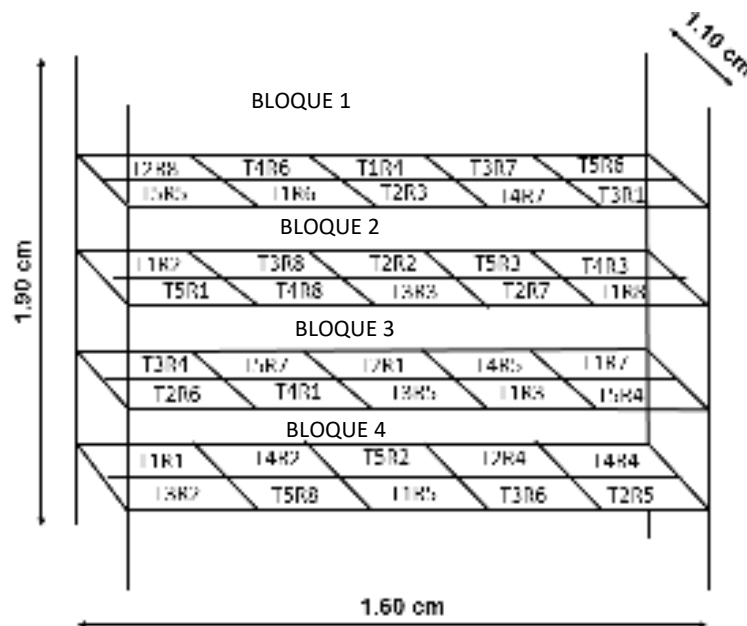
u = Media poblacional.

T_i = Efecto de la i-ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$ y 5).

B_j = Efecto de la J-ésimo bloque ($i = 1, 2, 3$ y 4)

E_{ijk} = Error experimental del J-ésimo piso en el i-ésimo día de germinación.

6. Distribución de los tratamientos



3.2.3. Datos registrados

- Producción de biomasa (kg/m²)

Para obtener la producción de biomasa se pesó el material vegetativo de cada bandeja teniendo en cuenta los tiempos de cosechas; luego se extrapolo la producción por m².

- Producción de materia seca (kg/m²)

Registramos los datos de: Peso fresco y peso seco de la muestra. El material recolectado se pesó en el campo para evitar errores; para la determinación de materia seca (MS) se pesó submuestras de aproximada 100 g, luego se colocó en bolsas de papel adecuadamente marcadas por repetición y tratamiento, se colocó en la estufa a temperatura de 70 °C mínimo a 72 horas o hasta obtener peso constante.

El peso de la materia seca se determinó aplicando la fórmula:

$$\% MS = \frac{PS}{PF} \times 100$$

Donde:

PF: Peso fresco

PS: peso seco

Se determinó el porcentaje de materia seca y luego se extrapolo la producción de materia seca por cada bandeja y por m².

- Altura de la planta

Se repartió en 2 cada bandeja (lado A y B), de las cuales del lado A; tomamos datos de 2 plántulas más altas, medianas y chicas; de igual manera con el lado B. La medición se realizó por cada tratamiento y repetición; realizando la respectiva suma total y el promedio

- Relación hoja- raíz (RHR)

Se tomaron las muestras y se llevaron al laboratorio de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se realizó la separación de las muestras en fracción de hoja y raíz, para luego ser colocadas en bolsas de papel debidamente pesadas e identificadas, allí fueron colocadas a la estufa para ser secada a 70 °C, luego fueron pesados, para la obtención del peso seco. Para la obtención de la relación hoja-raíz, se realizó aplicando la siguiente formula:

$$RHR = \frac{PsH}{PsR}$$

Donde:

RHR: Relación hoja-raíz

PsH: Peso seco total de hoja

PsR: Peso seco total de raíz

- **Contenido nutricional**

a. **Proteína:** Llevamos las muestras al laboratorio de Nutrición Animal y de Espectrofometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva donde realizamos el procedimiento; utilizando el método Micro Kjeldahl, según las técnicas establecidas por la A.O.A.C (2001)

b. **Energía:** Se determinó el nivel de Energía Bruta de forraje verde hidropónico. Se prepararon las muestras y fueron llevados al laboratorio de Nutrición Animal y de Espectrofometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su respectivo análisis en la bomba calorimétrica (Parr-6002).

c. **Minerales:** Se tomaron los datos por tratamientos para obtener valores referenciales. Se llevaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva donde se determinó Calcio por el método de EAA (Varían Alemania) y para el Fósforo utilizaron el método METAVANADATO (Espectro UV visible- Thermo scientific USA)

- **Costos de producción**

Para determinar los costos de producción del forraje verde hidropónico del Zea mays (maíz) se tomaron todos los gastos ocurridos durante la investigación para así observar la ventaja económica que se presentó por tratamiento, para el obtener los costos utilizamos la siguiente formula:

$$CT = CF + CV$$

Donde:

CT: Costo total

CF: Costo fijo

CV: Costo variable

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros agronómicos y productivos del Forraje verde hidropónico de *Zea mays* (maíz) en diferentes edades de cosecha

En la tabla 1; se observan los resultados que se obtuvieron de la altura (h), relación hoja raíz (RHR), producción de biomasa por m² (PxBioxm²), porcentaje de materia seca % MS y producción de materia seca por m²(PxMSxM²). Así mismo en las Figuras 1, 2, 3 y 4 se puede observar el comportamiento de cada una de las variables de acuerdo con las diferentes edades (días) de cosecha evaluados.

Tabla 1. Parámetros agronómicos y productivos del FVH de *Zea mays* (maíz) en diferentes edades de cosecha

Tratamientos	Variables				
	Altura (cm)	RHR	Px Bio x m ² (kg)	MS (%)	Px MS x m ² (kg)
T1	12,17c	0,05c	13,87b	26,84b	3,72a
T2	17,20b	0,26b	14,84a	22,11c	3,27b
T3	17,54b	0,28b	11,65c	27,52b	3,19b
T4	20,20a	0,33a	12,21c	24,88b	3,02c
T5	20,28a	0,36a	9,55d	30,47a	2,88c
Sig ¹	C*	C*	C*	C*	N. S
P-Valor	0.0112	0.0001	0.0004	0.0005	0.1151
Día optimo	27,1	26,9	14,99	17,8	-

Valores promedios con diferentes superíndices en una misma columna indican que existen diferencias significativas según el análisis estadístico. T1:12 días T2: 16 días T3:20 días T4:24 días T5: 28 días

¹Análisis de variancia de la regresión: L = regresión lineal; C = regresión cuadrática; * = Significativo
** = Altamente significativo N. S= No significativo

Para la Figura 1; se realizaron contrastes ortogonales con el fin de obtener la tendencia de los diferentes tiempos de cosecha en relación con la altura; se evaluaron tendencias lineales y cuadráticas, en la cual se optó por tomar la figura cuadrática debido a que su valor de significancia puede encontrarse en el rango significativo correspondiente ($p=0.0112$) y el valor de R^2 (0.6152) fue mayor con respecto R^2 (0.5536) de tendencia lineal. Al evaluar el comportamiento de la altura del forraje verde hidropónico observamos que la cosecha óptima es el día 27.1.

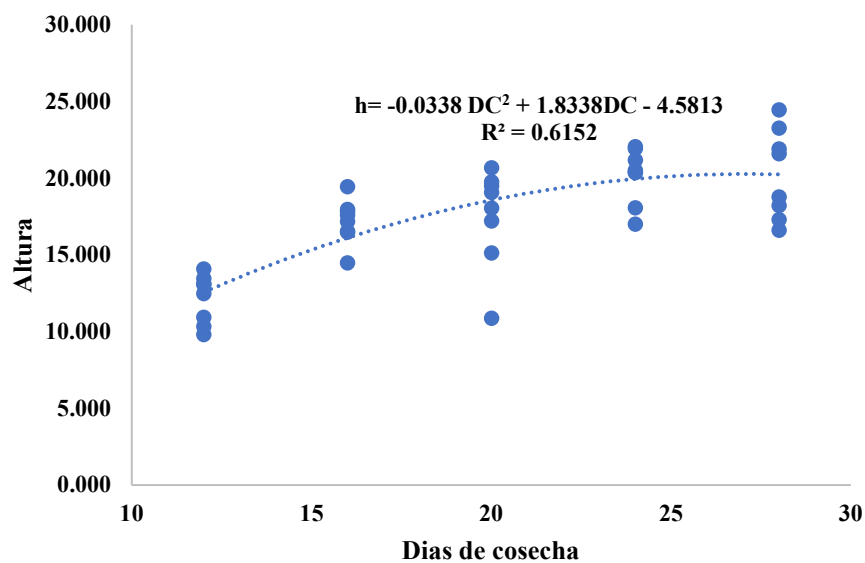


Figura 1. Comportamiento de la altura (cm) del Forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) en diferentes cosechas (días)

La altura(h); presenta diferencia estadística ($P<0.05$) entre tratamientos, diferenciándose el T4 y T5 con una mayor altura (20.20 y 20.28 cm), a diferencia de los tratamientos T2 Y T3 con una altura media (17,20 y 17,54 cm) y finalmente el T1 con una altura baja (12,17cm); en los cuales se observó datos ascendentes con relación al tiempo de cosecha respectivamente.

Los resultados obtenidos en relación con la altura concuerdan con IZQUIERDO, 2001; quien tuvo un suculento forraje verde hidropónico de aproximadamente 20 a 30 cm de altura a los 15 días de cosecha; pero observamos datos inferiores a menores a lo reportado por FAO ,2001; que menciona que la altura de la plántula del forraje verde hidropónico alcanza una altura promedio de 25 cm a los 15 días. Theunissen *et al.* (2010) indica que esto se debe a que

los niveles de crecimiento, desarrollo y producción de biomasa se incrementan en plántulas fertilizadas con vermicompost y té de compost ya que los nutrientes contenidos en estas soluciones se encuentran en forma iónica y por lo tanto están disponibles para las plántulas de forraje verde hidropónico.

Según Isepon et al. (2002), la densidad de siembra es un factor importante en la producción del FVH del maíz ya que al realizar una siembra mayor 2 kg/m² no hay una germinación homogénea y a medida que pasan los días las semillas no germinadas empiezan a brotar, entonces eso hace que entre ellas haya una competencia de desarrollo y crecimiento

En la Figura 2; se realizaron contrastes ortogonales con el fin de obtener la tendencia de los diferentes tiempos de cosecha en RHR, se evaluaron tendencias lineales y cuadráticas; en la cual se optó por tomar esta figura cuadrática debido a que su valor de significancia puede encontrarse en el rango significativo correspondiente ($p=0.0001$) y el valor de R^2 (0.7277) fue mayor con respecto R^2 (0.6307) de tendencia lineal. Al evaluar el comportamiento de la relación hoja-raíz observamos que la cosecha óptima es el día 26.9 respectivamente.

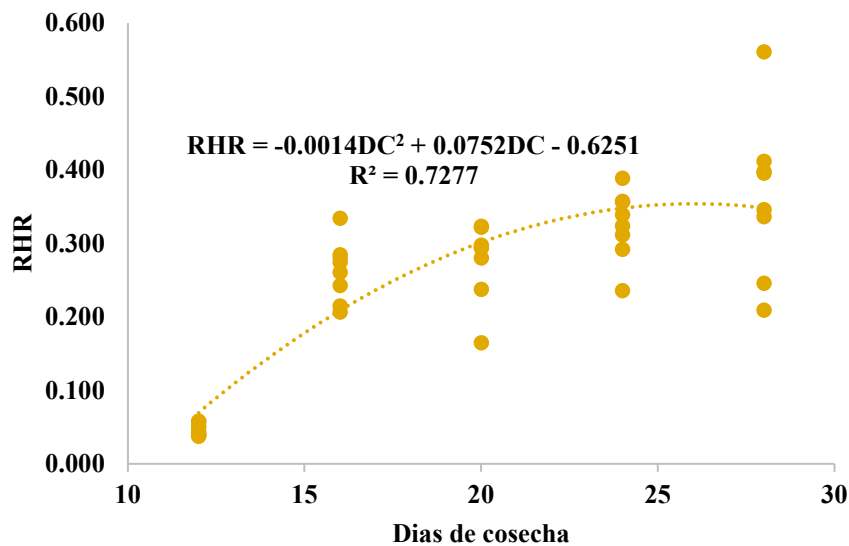


Figura 2. Comportamiento de relación hoja- raíz del Forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) en diferentes cosechas (días)

La relación hoja raíz (RHR); presenta diferencia estadística ($P<0.01$) entre tratamientos, diferenciándose el T4 y T5 con una mayor RHR (0,33 y 0,36), a diferencia de los tratamientos T2 Y T3 con una RHR media (0,26 y 0,28) y finalmente el T1 con una RHR baja

(0,05); en los cuales se observó datos ascendentes con relación al tiempo de cosecha respectivamente. Fick y Holthausen, (1985) menciona que la relación hoja/tallo es un indicador de calidad muy importante, busca que esta sea lo más alta posible; las hojas son más digestibles, tienen un contenido de proteína superior; por lo tanto, mayor valor nutritivo y mayor durabilidad de nutrientes en ellas.

En la Figura 3, se realizaron contrastes ortogonales para determinar la tendencia de diferentes tiempos de cosecha en la variable de la producción de materia verde x m²; se evaluaron tendencias lineales y cuadráticas; en las cuales se optó por tomar esta figura cuadrática debido a que su valor de significancia puede encontrarse en el rango correspondiente ($p=0.0004$) y el valor de R² (0.5826) fue menor con respecto R² (0.5484) de tendencia lineal. En los resultados obtenidos logramos observar el comportamiento de la producción de biomasa por m² en la cual el tiempo óptimo de cosecha es el día 14,99 similar a lo que reporta Tarazona (2006), quien obtuvo su día óptimo a los 14,46 en su producción total en fresco del germinado de maíz.

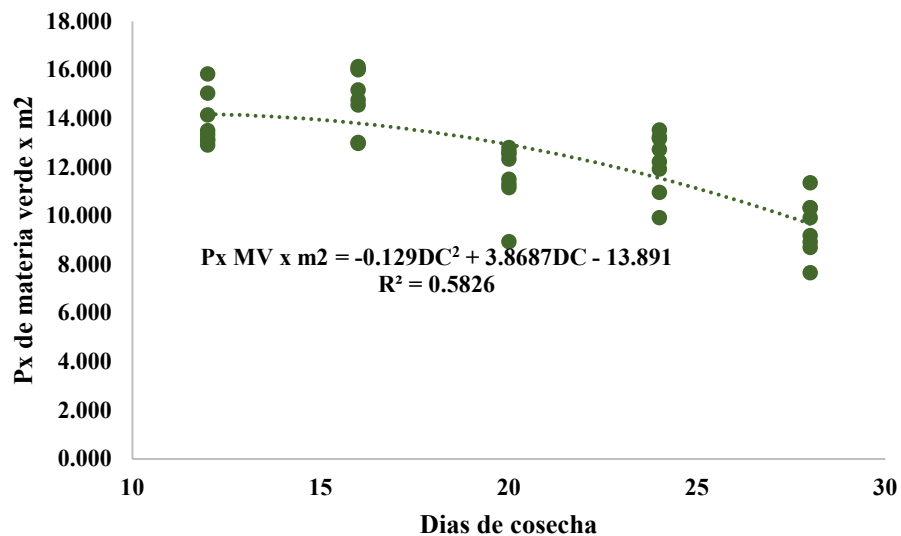


Figura 3. Comportamiento de la producción de biomasa por m² (kg) del Forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) en diferentes cosechas (días)

La producción de biomasa por m² (PxBioxm²); presenta diferencia estadística ($P<0.01$) entre tratamientos, diferenciándose el T2 con una mayor producción de forraje (14,84kg), a diferencia de los tratamientos T1 con una producción de forraje media (13,87 kg) y finalmente el T3, T4 y T5 con una producción de forraje baja (11,65;12,21 y 9,55 kg); en los

cuales se observó datos descendentes con relación al tiempo de cosecha. Salas et al 2012 obtuvo una mayor producción de forraje verde hidropónico de 18,6 kg/m² a los 16 días de cosecha. La diferencia con estos autores puede ser por el uso de las soluciones nutritivas en mayores proporciones añadidas en el proceso de crecimiento y desarrollo de la plántula del forraje verde hidropónico; así mismo según Minson (1990) la modificación que sufren las estructuras nutritivas desde la semilla hasta la nueva plántula es a través de las raíces de un sustrato que puede ayudar a continuar con el desarrollo.

Isepon et al. (2002), la densidad de siembra es un factor importante en la producción del FVH del maíz ya que al realizar una siembra mayor 2 kg/m² no hay una germinación homogénea y a medida que pasan los días las semillas no germinadas empiezan a brotar, entonces eso hace que entre ellas haya una competencia de desarrollo y crecimiento

En la Figura 4, se realizaron contrastes ortogonales para determinar la tendencia de los diferentes tiempos de cosecha en relación con el % de MS; se evaluaron tendencias lineales y cuadráticas en la cual se optó por tomar esta figura cuadrática debido a que su valor de significancia puede encontrarse en el rango correspondiente ($p=0.0005$) y el valor de R² (0.3151) fue mayor con respecto R² (0.1482) de tendencia lineal. Observamos que el comportamiento del porcentaje de materia seca (% MS) tiene un punto mínimo de inflexión que se encuentra a los 17.8 días de cosecha del forraje verde hidropónico del maíz.

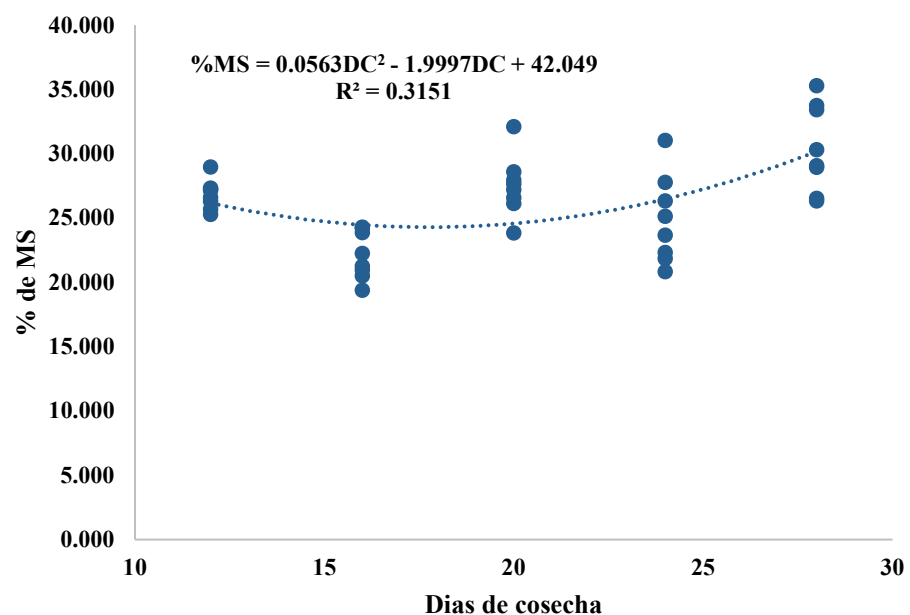


Figura 4. Comportamiento del porcentaje de materia seca del Forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) en diferentes cosechas (días)

}El porcentaje de materia seca (% MS); presenta diferencia estadística ($P < 0.01$) entre tratamientos, donde el T5 posee un mayor porcentaje de materia seca (30,47 %), a diferencia de los tratamientos T1, T3 y T4 con un porcentaje de materia seca medio (26,84; 27,52 y 24,88 %) y finalmente el T2 con un porcentaje de materia seca bajo (22,11 %); en los cuales se observó datos descendentes en la cosecha de los 16 días y las cosechas posteriores de manera ascendentes; dichos resultados tienen similitud con los valores reportados por Müller et al. 2005 y FAO 2001 en cuanto al % MS rondan entre 20 y 30% (10-20 días de cosecha). Pero dichos datos son superiores a lo reportado por Silva (1994), quien obtuvo 13,4% MS (hojas) del forraje verde hidropónico de maíz cosechando a los 11 días; a diferencia de la presente investigación que se evaluó todas las partes de la plántula (raíz, grano y hoja).

La AOAC (2004); registra un 30,32 %MS de la plántula del forraje verde hidropónico del maíz cosechados a los 10 días, siendo este valor superior a lo determinado. en la presente investigación, esto se debe a que va en aumento por efecto de la maduración de la planta. García et al. (2003) señala que el adecuado suministro de nutrientes, especialmente nitrógeno (N) es un factor determinante que impacta en la acumulación de materia seca en cultivos sometidos a altas densidades de siembra como en el forraje verde hidropónico.

4.2. Calidad nutritiva del Forraje verde hidropónico de *Zea mays* (maíz) en diferentes edades de cosecha

En la tabla 2, se observa el resultado de energía bruta (EB) y proteína cruda (PC) del forraje verde hidropónico del maíz en diferentes cosechas.

Tabla 2. Calidad nutritiva del FVH de *Zea mays* (maíz) en diferentes edades de cosecha

Tratamiento	EB (kcal/kg)	PC (%)	Minerales ² (%)	
			Ca	P
T1	4311.21a	14,23c	2.59	0.53
T2	4255.53b	16,6b	0.76	0.53
T3	4264.76b	17,39b	2.46	0.38
T4	4177.59c	17,51b	1.52	0.49
T5	4273.62b	18,60a	1.24	0.41
Sig ¹	C*	C*		
P- valor	0.0008	0.0044		
Día optimo	22,1	28,4		

Valores promedios con diferentes superíndices en una misma columna indican que existen diferencias significativas según el análisis estadístico. T1:12 días T2: 16 días T3:20 días T4 :24 días T5: 28 días.

¹Análisis de variancia de la regresión: L = regresión lineal; C = regresión cuadrática; * = Significativo ** = Altamente significativo N. S= No significativo

²Valores generales de los minerales (Ca y P) por tratamientos.

En la Figura 5, se realizó contrastes ortogonales para obtener la tendencia de los distintos tiempos de cosecha del forraje verde hidropónico en relación a la energía bruta; se evaluaron tendencias lineales y cuadráticas, en la figura 5 se puede observar una tendencia cuadrática aunque en tendencia lineal se obtuvo valores significativos; se optó por tomar esta figura cuadrática debido a que su valor de significancia puede encontrarse en el rango correspondiente ($p=0.0008$) y el valor de R^2 (0.2812) fue mayor con respecto R^2 (0.1235) de tendencia lineal. Podemos observar que tiene un punto de inflexión que está en 22.1 días de cosecha del F.V.H, por lo que se observa en la figura 5 una curvatura a diferencia de lo que menciona TARAZONA (2006) quien tuvo resultados constantes sin diferencia estadística.

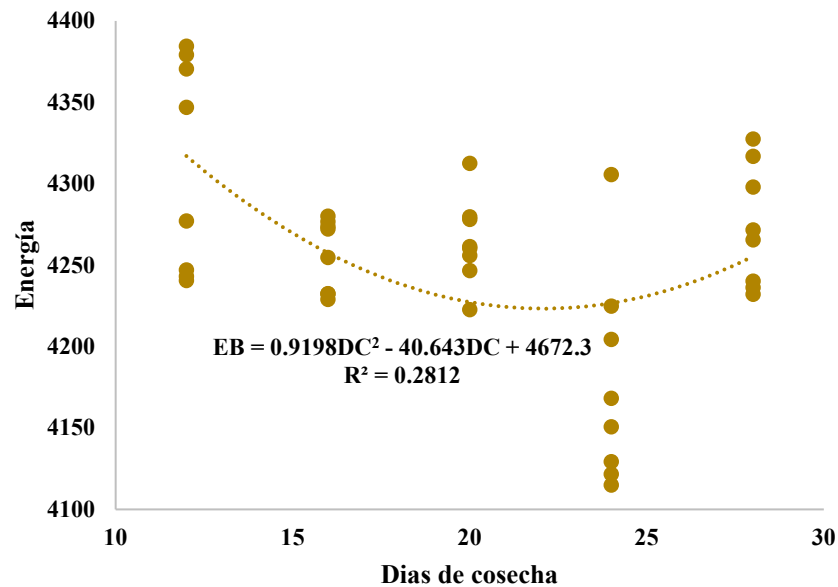


Figura 5. Comportamiento de energía bruta (kcal/kg) del Forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) en diferentes cosechas (días)

La energía bruta (EB) nos muestra diferencia estadística ($P < 0.01$) entre los tratamientos, donde T1 posee alto nivel energético (4311.21 kcal/kg), a diferencia de los tratamientos T2, T3 y T5 con un nivel energético medio (4255.53, 4264.76 y 4273.62 kcal/kg) y finalmente el T4 con un nivel energético bajo (4177.59 kcal/kg); en los cuales se observó que hay un pequeño descenso el T4 con respecto a los tiempos de cosecha respectivamente.

A los 16 días se observó un descenso de la energía bruta, esto posiblemente se deba a que cuando la respiración es mayor que la fotosíntesis se presenta una reducción neta en el contenido de carbohidratos de la planta, luego de un tiempo cuando la planta ha desarrollado un área foliar adecuado y la fotosíntesis excede a la respiración, se inicia nuevamente la acumulación de carbohidratos en las raíces y tejidos; por ello la plántula con ayuda del proceso de la fotosíntesis puede continuar con su desarrollo fisiológico normal donde la energía luminosa se transforma en energía química a través de los compuestos. Entonces comienza a servir y utilizar como fuente inmediata de energía y proporciona nutrientes a las especies forrajeras Bernal (1991).

En la Figura 6, se realizaron contrastes ortogonales para obtener la tendencia de los distintos tiempos de cosecha en relación a la proteína; se evaluaron tendencias lineales y cuadráticas en las cuales se optó por la tendencia cuadrática aunque en la tendencia lineal se obtuvo valores significativos; se optó por tomar esta figura cuadrática debido a que su valor de significancia puede encontrarse en el rango correspondiente ($p=0.0044$) y el valor de R^2 (0.7338) fue mayor con respecto R^2 (0.6791) de tendencia lineal. Observamos que tiene un tiempo optimo que es el día 28.4.

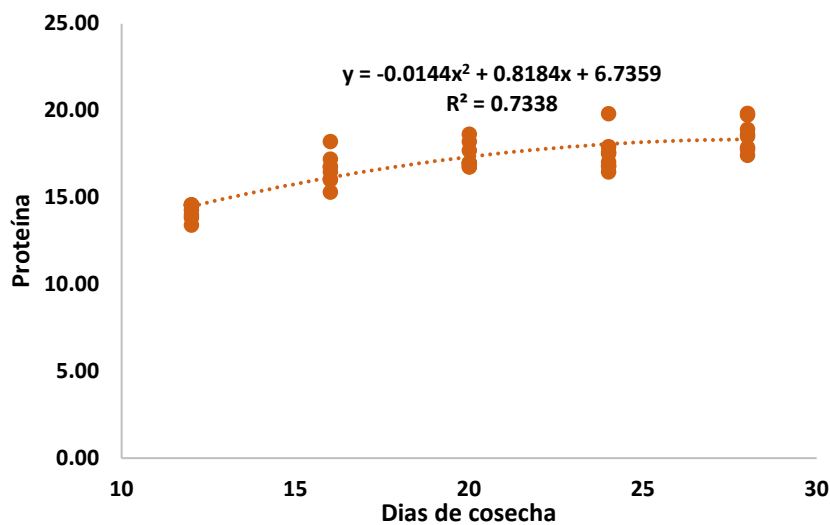


Figura 6. Comportamiento del contenido de Proteína Cruda en porcentaje del Forraje verde hidropónico del maíz en diferentes cosechas (días)

La proteína cruda (PC) nos muestra diferencia estadística ($P<0.01$) entre los tratamientos, donde T5 posee alto nivel proteico (18.60 %), a diferencia de los tratamientos T2, T3 y T4 con un nivel proteico medio (16,6; 17,39 y 17,51 %) y finalmente el T1 con un nivel proteico bajo (14,23 %); en los cuales se observó que los datos cumplían una ascendencia respecto a los tiempos de cosecha respectivamente

Los resultados de proteína bruta son distintos a los reportados por Panduro (2008) quien obtuvo un contenido de proteína bruta de 18,62% con solución nutritiva cosechados a los 15 días y similares a lo reportado por TARAZONA (2006) quien obtuvo una proteína cruda de 14,82% a 20,91% en los días óptimos de 12 -16 días de cosecha del forraje verde hidropónico. Así mismo, estos resultados son superiores a los reportados por la FAO (2001), quien reportó el porcentaje de proteína total promedio del germinado de maíz en base a

la materia seca es de 12,26 %, y varía a los 10 y 20 días de edad desde la germinación 13.47 % - 14.75% PC

Según Isepon *et al.* (2002), la densidad de siembra determina un aumento significativo ($P < 0.05$) en el contenido proteico del forraje hidropónico de maíz, en relación con el contenido de semillas, ya que están presentes en mayor cantidad. En base a sus resultados supone que las densidades de siembra superiores a 2 kg/m^2 son favorables para el aumento del contenido de proteico del forraje verde hidropónico ya que no hay una germinación homogénea y a medida que pasan los días las semillas no germinadas empiezan a brotar.

4.3. Costos de producción

En la tabla 3; nos muestra el costo fijo (CF), costo variable (CV), costo total (CT), costo total por bandeja (CT x Ban), producción de forraje verde por bandeja (Px FVH x Ban) y precio por kg del forraje verde hidropónico del maíz a diferentes edades (días) de cosecha.

Tabla 3. Costo de producción del forraje verde hidropónico del *Zea mays* (maíz) en diferentes edades (días) de cosecha

Tratamiento	CF ¹ (S/.)	CV ² (S/.)	CT ³ (S/.)	CT x Ban ⁴ (S/.)	PxFVH x Ban ⁵ (kg)	Costo x Kg ⁶ (S/.)
T1	19,5	9,4	28,9	3,61	2,02	1,79
T2	19,5	12,6	32,1	4,01	2,16	1,86
T3	19,5	15,7	35,2	4,40	1,7	2,59
T4	19,5	18,9	38,4	4,80	1,78	2,70
T5	19,5	22	41,5	5,19	1,39	3,73

T1:12 días T2: 16 días T3:20 días T4 :24 días T5: 28 días.

¹CF = Costo fijo

²CV = Costo variable

³CT = Costo total

⁴ CTxBan = Costo total por bandeja

⁵PxFVHxBan = Producción de forraje verde por bandeja

⁶CostoKg = Costo por kg en soles

En la tabla 3, podemos observar que los costos por kg de forraje verde hidropónico varían en los distintos días de cosecha; el T1 el kg de F.V.H de maíz cuesta 1,79 soles, el T2 cuesta 1,86 soles, el T3 cuesta 2,59 soles, el T4 cuesta 2,70 soles y el T5 cuesta 3,73 soles; los

resultados obtenidos son superiores a lo reportado por Marín et al (2016) quien obtuvo 0,80 soles el kg de forraje verde hidropónico de maíz cosechados a los 15 días.

En los costos fijos que mostramos en la tabla 3 coincidimos con Morales, (1987) quien menciona que los costos de implementación son altos, estos costos se pueden reducir usando materiales locales o controlando el ambiente con o sin invernadero. Otra inversión importante y necesaria es el costo de los andamios y otros materiales para producir alimentos hidropónicos. Estos costos son difíciles de reducir por su naturaleza y existen pocas alternativas más baratas, por el contrario, los costos de las bandejas pueden ser mayores pero debido a su mayor durabilidad este es un aspecto para considerar al producir forraje verde hidropónico. Cabe destacar que los costos de producción del FVH de maíz que se mostraron en el presente estudio son altos debido a que se realizó una valoración económica a pequeña escala y de carácter investigativo.

V. CONCLUSIONES

- Se rechaza la hipótesis científica nula ya que no se encontraron en condiciones óptimas la cosecha del forraje verde hidropónico del Zea mays (maíz) a los 20 días específicamente.
- Los parámetros agronómicos con mejores indicadores encontramos entre los 24 a 28 días de cosecha del forraje verde hidropónico del maíz los cuales fueron: Una altura 20.20 – 20.28cm, una relación hoja raíz 0.33-0.36
- Los parámetros productivos con mejores indicadores encontramos entre los 16 a 20 días de cosecha del forraje verde hidropónico del maíz los cuales fueron: Una producción de biomasa por m² 11.65- 14.84 kg y un porcentaje de materia seca de 22.11- 27.52 %.
- La calidad nutritiva con mejores indicadores encontramos entre los días 20 a 28 días de cosecha del forraje verde hidropónico del maíz las cuales fueron los siguientes: Una proteína 17.39-18.60 % y una energía de 4264.76- 427362 kcal/kg
- El costo de producción en relación a la producción y a la calidad nutritiva está entre los 24-28 días de cosecha del forraje verde hidropónico del maíz; por ende el costo varía 2.70– 3.73 soles por kg.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Realizar estudios para determinar las respuestas biológicas de germinación y/o consumo de alimento hidropónico en diversas especies animales.
- Realizar nuevas investigaciones con relación a la densidad de forraje verde hidropónico del maíz por m².
- Para siguientes investigaciones en la metodología incluir la separación de los granos no germinados.
- Para la producción de medianos y grandes productores en el trópico, se recomienda producir forraje verde hidropónico tecnificado para aumentar el rendimiento por área y reducir la mano de obra requerida.
- Para la producción del forraje verde hidropónico se recomienda utilizar materiales de la zona para disminuir costos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldrich, S. (1994). *Producción Moderna Del Maíz. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D).* México, Buenos Aires.
- A.O.A.C (2001). *Métodos oficiales de análisis.* 9^{ta} edición, 831 págs. Washington (EE.UU.)
- A.O.A.C (2004). *Métodos oficiales de análisis.* 13^{ta} edición, 1018 págs. Washington (EE.UU.)
- Bernal, E (1991) *Pastos y forrajes. Producción y manejo.* 2^o edición. Colombia. Editorial Fadega S.A. 512 p.
- Clavero, T. y Ferrero, O (1995). *Valor nutritivo del pasto elefante enano (Pennisetum purpureum cv mott)* Rev. Fac.Agron. (LUZ) 12365-372.
- Calles, D. (2005). *Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (F.V.H.) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero.* Riobamba – Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.esPOCH.edu.ec/123456789/2858/1/17T0715.pdf>
- Camargo, C. (1998). *Efecto de tratamientos y distintas láminas de riego sobre la composición química del forraje hidropónico de avena y producción de aflatoxinas.* Disponible en: <http://www.correodelmaestro.com/1991/1a2htm>.
- Carballo, C. (2000). *Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal* [En línea]: CIPAV, (<http://zoetecnocampo.com>, 3 de Enero 2006).
- Cuadra R, M. 1998. *Efecto de diferentes densidades de siembra entre hileras sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo.* Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 38 p
- FAO. (2001). *Manual técnico forraje verde hidropónico,* [en línea]: FAO, (<http://www.zoetecnocampo.com>, 25 de Marzo 2005).
- FAO. (2002). *Forraje Verde hidropónico.* Santiago - Chile. 69 p. Disponible en: www.fao.org/regional/LAmerica/prior/segalim/forraje.htm

- FAO. (2012). (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). *Cambio climático y la ganadería*. (En línea). Consultado 27 octubre. 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/climatechange/49380/es/>
- Fick, G y Holthausen, R. (1985). *Proteína de la hoja de alfalfa y rendimiento de polisacáridos de la pared de células madre bajo sistemas de manejo de heno y biomasa*. Ciencia de cultivos
- Guerrero, A. (1992). *Cultivos herbáceos extensivos*. 5ª Edición ed. Mundi Prensa. Madrid. 779 p.
- García A, Kohashi J, Baca A y Escalante S. (2003) *Rendimiento y asignación de materia seca de una variedad de frijol en un sistema hidropónico y suelo*. Terra Latinoam. 21: 471-480.
- Gutierrez, M. (2000). *Evaluación de especies forrajeras*. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. Primera edición. Querétaro. MX. 50 p.
- Hidalgo, L. (1985). *Producción de forraje en condiciones de hidroponía*. Evaluaciones preliminares en Avena y Triticale. Chillán - Chile. 87 p.
- Holdridge, L. (1967). *Ecología de la zona de vida*. Ecología de la zona de vida., (Rev. Ed.)
- Huterwal, G. (1952). *Hidroponía*. Buenos Aires, Argentina. Hobby. 192 p
- Izquierdo J. (2001). *Forraje verde Hidropónico*. Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA. Primera Edición. Santiago - Chile. Editorial FAO. 68 p.
- Izquierdo, J. (2002). *Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 68p.
- Isepon, J; Silva, E; Matsumoto R. Campos.(2002). *Producción y composición bromatológica de maíz, sorgo a diferentes densidades de siembra*. Anais 29ª Reunión Anual de la Sociedad Brasileña de Ciencia Animal. Recife, SBZ. CD ROM.
- Juárez, L. (2011). *Estructuras utilizadas en la agricultura protegida*. Revista Fuente. 3 (8).

- López, D y Ruales J. (2007). *Evaluación de edad de cosecha y niveles de forraje verde hidropónico de cebada, maíz y trigo en el crecimiento de conejos de carne (Oryctolagus cuniculus) raza neozelandes*. Tesis Lic.Ing. Agr. Universidad Técnica Del Norte. Ibarra - Ecuador. 80 p.
- Marín, F. y Torres, M. (2016). *Validando la tecnología de producción de forraje verde hidropónico con maíz. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Convenio CNP-MAG)*. Boletín ProNAP 10(58), pág 9-11.
- Martínez, P. (1997). *Formulación de soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos comerciales*. Jaboticabal, FUNEP, 31 p.
- Martínez, E. (2001). *Comunicación personal. Manual Técnico FVH*. Primera edición. St. Maldonado, 76 p
- Mendoza, M. (2009). *Producción de cebada (Hordeum vulgare L.) bajo sistema hidropónico, en cuatro soluciones nutritivas*. Tesis Lic. Ing. Agr.Universidad Mayor de San Andrés. La Paz -Bolivia. 111 p.
- Minson, D. (1990). *The chemical composition and nutritive of tropical legumes, tropical forage. Legumes. Second edition. FAO Plant production and protection serie No 2* FAO, Roma-Italia. Pp 187 _ 194.
- Molina, J. (1989). *La Cebada Ediciones Mundi-Prensa*. Madrid, ES. 73 p.
- Morales, F. (1987). *Forraje hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados*. Ed. Universidad de Concepción, Chillán, Chile, pp 75.
- Müller, L; Manfron, P; Santos, O; Medeiros, S; Haut, V; Dourado, D; Binotto, E y Bandeira, A. (2005). *Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (Zea mays L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Brasil. Zootecnia Tropical* 23(2): 105-119.
- Panduro, J. (2008). *Contenido Nutricional, Coeficientes de Digestibilidad y Energía Digestible del Forraje Verde Hidropónico de Maíz (Zea mayz L.) en Cobayos (Cavia porcellus L.)*.

- Tesis Ing. Zootecnista. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva .55p
- Pérez, F. (2007). *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas*. Madrid- España. 19 p.
- Perez, L.; Esparza, J.; Preciado, R.; Alvarez, V; Meza, A.; Velazquez, J. y Murillo, M. (2011). *Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) producido en invernadero bajo fertilización orgánica*. Torreón México.
- Pichilingue, C. 1994. *Producción de Forraje Hidropónico*. Primer Curso Taller de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 72 p.
- Ramírez, M; Suárez, H; Regino, M; Caraballo, B y García, D. (2012). *Respuesta a tratamientos pregerminativos y caracterización morfológica de plántulas de Leucaena leucocephala, Pithecellobium dulce y Ziziphus mauritiana*. *Pastos y Forrajes*. 35 (1):29-41.
- Rodriguez, A. (2001). *Manual práctico de hidroponía. Centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral*. Editorial La Molina. Lima- Perú.
- Rodriguez, M. (2003). *Producción de forraje verde, Literatura pendiente de publicación* Facultad de Zootecnia Universidad Autónoma de Chihuahua. 150 p.
- Rojas, M. (2009). *Evaluación de los parámetros de producción y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de avena y trigo producidos de manera artesanal en el Zoológico de Buin, Chile*. Trabajo de Grado para optar por el Título de Zootecnista. Universidad de la Salle. Bogotá. Colombia.
- Salas L; Esparza J, Preciado P, Álvarez V, Meza J, Velázquez J y Murillo M. (2012); *Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) producido en invernadero bajo fertilización orgánica*. *Interciencia*. 37(3):215-220.
- Sánchez, A. (1997). *Hidroponía, una gota viva de esperanza*. Editorial MGAP Lima - Perú.10 p.

- Sánchez, A. (2002). *Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay*. Boletín informativo de la Red de Hidroponía. Lima. Perú. N 7.
- Silva, E. 1994. *Utilización del germinado la cebada (*Hordeum vulgare*) y Maíz (*Zea mays*) en la alimentación de cobayos machos en crecimiento y engorde*. Tesis Ing. Zootenista. Universidad Nacional Agraria la r'v1olina. Lima, Perú.
- Steiner, A. (1961). *Método Universal para la preparación de soluciones nutrientes con una concentración definida*. Ed. Wageningen. Holanda, pp 134154.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2020). Base de datos históricos [En línea]: SENAMHI, (<https://bit.ly/2SN5a66>, documento, 05 de febrero del 2020)
- Tarazona, C. (2006). *Contenido nutricional del germinado del grano de maíz (*Zea mays*) a diferentes edades de cosecha en el trópico*. - Tesis Ing. Zootecnista. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.55pp.
- Theunissen J, Ndakidemi A y Laubscher P. (2010). *Potencial de vermicompost producida de residuos en el crecimiento y estado nutricional en la producción de hortalizas*. En t. J. física. ciencia 5:1964-1973.
- Urias, E. (1997). *Hidroponía*. Como cultivar sin tierra. Red de Hidroponía. Lima, Perú. p. 7
- Valdivia, E. (1997). *Producción de forraje verde hidropónico*. Conferencia internacional en Hidroponía Comercial. Del 6 al 8 de agosto de 1997. UNA la Molina. Lima, Perú.
- Vargas, A. (2008). *Evaluación productivo ambiental de dos genotipos de maíz (*Zea mayz L.*) en forraje verde hidropónico bajo invernadero*. Tesis Lic.Ing. Agr. Instituto Politécnico Nacional. Durango - México. 54 p
- Van, J (1987). *Composition, fiber quality and nutritive value of. Healt*, R. F. Barnes. Ames. Iowa . USA.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de la altura

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	388.71	7	55.53	12.26	<0.0001
BLOQUE	40.81	3	13.60	3.00	0.0448
TRAT	347.90	4	86.97	19.21	<0.0001
Error	144.89	32	4.53		
Total	533.60		39		

Contrastes

TRAT	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	19.22	2.38	295.42	1	295.42	65.25	<0.0001
Contraste2	-7.58	2.81	32.82	1	32.82	7.25	0.0112
Contraste3	2.10	2.38	3.52	1	3.52	0.78	0.3846
Contraste4	-11.88	6.29	16.14	1	16.14	3.56	0.0681
Total			347.90	4	86.97	19.21	<0.0001

Anexo 2. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de la RHR

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.51	7	0.07	22.90	<0.0001
BLOQUE	0.03	3	0.01	2.82	0.0545
TRAT	0.49	4	0.12	37.95	<0.0001
Error	0.10	32	3.2	E-03	
Total	0.62	39			

Contrastes

TRAT	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	0.70	0.06	0.39	1	0.39	121.17	<0.0001
Contraste2	-0.32	0.07	0.06	1	0.06	18.72	0.0001
Contraste3	0.19	0.06	0.03	1	0.03	9.07	0.0050
Contraste4	-0.28	0.17	0.01	1	0.01	2.84	0.1015
Total			0.49	4	0.12	37.95	<0.0001

Anexo 3. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de producción de MV x m2

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	171.17	7	24.45	54.45	<0.0001
BLOQUE	36.53	3	12.18	27.11	<0.0001
TRAT	134.64	4	33.66	74.95	<0.0001
Error	14.37	32	0.45		
Total	185.54	39			

Contrastes

<u>TRAT</u>	<u>Contraste</u>	<u>E.E.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	-11.28	0.75	101.70	1	101.70	226.45	<0.0001
Contraste2	-3.50	0.89	7.01	1	7.01	15.62	0.0004
Contraste3	0.92	0.75	0.68	1	0.68	1.52	0.2272
Contraste4	-14.86	1.98	25.25	1	25.25	56.22	<0.0001
Total			134.64	4	33.66	74.9	<0.0001

Anexo 4. Análisis de varianza y contrastes ortogonales del % de MS

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	352.07	7	50.30	8.38	<0.0001
BLOQUE	41.95	3	13.98	2.33	0.0929
TRAT	310.12	4	77.53	12.92	<0.0001
Error	192.00	32	6.00		
Total	544.07	39			

Contrastes

<u>TRAT</u>	<u>Contraste</u>	<u>E.E.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	10.04	2.74	80.64	1	80.64	13.44	0.0009
Contraste2	12.60	3.24	90.77	1	90.77	15.13	0.0005
Contraste3	-1.92	2.74	2.94	1	2.94	0.49	0.4889
Contraste4	34.47	7.25	135.77	1	135.77	22.63	<0.0001
Total			310.12	4	77.53	12.92	<0.0001

Anexo 5. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de la producción de MS x m²

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.18	7	0.60	9.92	<0.0001
BLOQUE	0.94	3	0.31	5.20	0.0049
TRAT	3.24	4	0.81	13.46	<0.0001
Error	1.92	32	0.06		
Total	6.10	39			

Contrastes

TRAT	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-1.92	0.27	2.95	1	2.95	49.16	<0.0001
Contraste2	0.53	0.32	0.16	1	0.16	2.62	0.1151
Contraste3	-0.32	0.27	0.08	1	0.08	1.37	0.2499
Contraste4	0.61	0.73	0.04	1	0.04	0.70	0.4088
Total			3.24	4	0.81	13.46	<0.0001

Anexo 6. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de la producción del % ms hoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	693.79	7	99.11	33.62	<0.0001
BLOQUE	9.28	3	3.09	1.05	0.3844
TRAT	684.52	4	171.13	58.04	<0.0001
Error	94.34	32	2.95		
Total	788.14	39			

Contrastes

TRAT	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	25.20	1.92	508.09	1	508.09	172.34	<0.0001
Contraste2	14.53	2.27	120.60	1	120.60	40.91	<0.0001
Contraste3	4.38	1.92	15.38	1	15.38	5.22	0.0292
Contraste4	18.81	5.08	40.44	1	40.44	13.72	0.0008
Total			684.52	4	171.13	58.04	<0.0001

Anexo 7. Análisis de varianza y contrastes ortogonales del % ms raíz

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	525.99	7	75.14	3.88	0.0036
BLOQUE	98.62	3	32.87	1.70	0.1871
TRAT	427.36	4	106.84	5.52	0.0017
Error	619.44	32	19.36		
Total	1145.43	39			

Contrastes

<u>TRAT</u>	<u>Contraste</u>	<u>E.E.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	-5.12	4.92	20.98	1	20.98	1.08	0.3056
Contraste2	10.68	5.82	65.19	1	65.19	3.37	0.0758
Contraste3	-8.22	4.92	54.04	1	54.04	2.79	0.1045
Contraste4	50.13	13.01	287.15	1	287.15	14.83	0.0005
Total			427.36	4	106.84	5.52	0.0017

Anexo 8. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de Energía

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	97371.00	7	13910.14	7.88	<0.0001
BLOQUE	20728.19	3	6909.40	3.92	0.0173
TRAT	76642.80	4	19160.70	10.86	<0.0001
Error	56460.87	32	1764.40		
Total	153831.87	39			

Contrastes

<u>TRAT</u>	<u>Contraste</u>	<u>E.E.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	-154.11	46.96	18999.76	1	18999.76	10.77	0.0025
Contraste2	206.03	55.57	24255.18	1	24255.18	13.75	0.0008
Contraste3	120.26	46.96	11570.46	1	11570.46	6.56	0.0154
Contraste4	436.92	124.25	21817.41	1	21817.41	12.37	0.0013
Total			76642.80	4	19160.70	10.86	<0.0001

Anexo 8. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de Proteína

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	88.85	7	12.69	19.85	<0.0001
BLOQUE	3.33	3	1.11	1.74	0.1790
TRAT	85.51	4	21.38	33.44	<0.0001
Error	20.46	32	0.64		
<u>Total</u>	<u>109.30</u>	<u>39</u>			

Contrastes

<u>TRAT</u>	<u>Contraste</u>	<u>E.E.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	9.63	0.89	74.23	1	74.23	116.11	<0.0001
Contraste2	-3.24	1.06	5.99	1	5.99	9.37	0.0044
Contraste3	2.56	0.89	5.24	1	5.24	8.20	0.0073
Contraste4	0.68	2.37	0.05	1	0.05	0.08	0.7748
<u>Total</u>			<u>85.51</u>	<u>4</u>	<u>21.38</u>	<u>33.44</u>	<u><0.0001</u>

Anexo 10. Registro de parámetros agronómicos

BLOQUE	TRAT	ALTURA	RHR	PX de Biomasa/Bandeja (kg)	Px de biomasa x m2 (kg)	% MS Promedio (%)	PX DE MS X M2(kg)
IV	12	13.125	0.058	1.965	13.496	28.988	3.912
II	12	14.092	0.038	1.880	12.912	26.618	3.437
III	12	13.475	0.058	2.305	15.831	25.299	4.005
I	12	10.942	0.041	1.905	13.084	27.288	3.570
IV	12	12.492	0.051	2.190	15.041	25.693	3.865
I	12	9.817	0.038	1.915	13.152	27.161	3.572
III	12	13.092	0.045	2.060	14.148	26.320	3.724
II	12	10.350	0.041	1.940	13.324	27.349	3.644
III	16	17.192	0.215	2.335	16.037	22.250	3.568
II	16	17.983	0.207	2.150	14.766	24.249	3.581
I	16	14.483	0.243	1.890	12.981	24.313	3.156
IV	16	17.600	0.261	2.350	16.140	21.255	3.431
IV	16	16.492	0.285	2.210	15.179	20.974	3.184
III	16	17.833	0.281	2.330	16.003	19.395	3.104
II	16	19.458	0.275	2.120	14.560	23.884	3.478
I	16	16.533	0.335	1.895	13.015	20.524	2.671
I	20	10.883	0.165	1.300	8.929	32.114	2.867
IV	20	15.142	0.322	1.865	12.809	27.962	3.582
II	20	19.075	0.296	1.645	11.298	26.583	3.003
III	20	20.683	0.298	1.840	12.637	26.150	3.305
III	20	17.225	0.294	1.795	12.328	28.597	3.526
IV	20	19.775	0.238	1.825	12.534	27.664	3.468
I	20	18.067	0.324	1.625	11.161	23.846	2.661
II	20	19.492	0.280	1.675	11.504	27.217	3.131
III	24	22.067	0.358	1.969	13.521	21.859	2.956
IV	24	20.517	0.312	1.919	13.177	20.849	2.747
II	24	20.392	0.339	1.928	13.240	26.340	3.487
IV	24	17.025	0.292	1.852	12.722	25.142	3.199
III	24	21.200	0.389	1.736	11.924	27.790	3.314
I	24	20.383	0.324	1.596	10.959	22.338	2.448
I	24	18.075	0.236	1.445	9.921	31.042	3.080
II	24	21.950	0.357	1.780	12.225	23.683	2.895
II	28	16.617	0.398	1.299	8.920	29.082	2.594
IV	28	23.283	0.412	1.653	11.351	28.967	3.288
II	28	18.225	0.337	1.336	9.179	33.765	3.099
III	28	18.800	0.396	1.504	10.330	26.342	2.721
I	28	21.917	0.246	1.267	8.702	33.439	2.910
I	28	17.308	0.209	1.114	7.653	35.293	2.701
III	28	24.467	0.561	1.504	10.329	26.552	2.743
IV	28	21.617	0.346	1.444	9.920	30.335	3.009

Anexo 11. Análisis de laboratorio

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	Energía(kcal/kg)	PT (%)	P (%)	Ca (%)
1	1	4243.165	13.84	0.537	2.387
	2	4379.28	14.57		
	3	4277.25	14.57		
	4	4247.12	13.41		
	5	4347.01	14		
	6	4240.645	14.58		
	7	4370.525	14.58		
	8	4384.645	14.29		
2	1	4272.335	16.04	0.538	0.739
	2	4229.06	15.31		
	3	4232.375	16.77		
	4	4273.82	16.04		
	5	4276.785	16.48		
	6	4280.26	17.21		
	7	4232.625	16.77		
	8	4254.865	18.23		
3	1	4255.955	16.77	0.379	2.461
	2	4222.875	18.23		
	3	4279.7	16.98		
	4	4312.52	17.71		
	5	4261.605	16.77		
	6	4246.76	17		
	7	4278.22	18.65		
	8	4260.395	16.98		
4	1	4129.47	17.53	0.494	1.516
	2	4168.295	17.93		
	3	4224.905	16.85		
	4	4150.84	17.05		
	5	4204.615	17.62		
	6	4121.83	19.83		
	7	4115.03	16.78		
	8	4305.725	16.48		
5	1	4317.005	17.43	0.408	1.239
	2	4236.35	18.92		
	3	4232.28	18.52		
	4	4327.495	19.85		
	5	4265.71	17.88		
	6	4240.265	17.78		
	7	4271.725	19.76		
	8	4298.08	18.62		

Anexo 12. Registro de calidad nutricional

Bloque	TRAT	Energía bruta kcal/kg	Proteína cruda %
IV	1	4243.165	13.84
II	1	4379.28	14.57
III	1	4277.25	14.57
I	1	4247.12	13.41
IV	1	4347.01	14
I	1	4240.645	14.58
III	1	4370.525	14.58
II	1	4384.645	14.29
III	2	4272.335	16.04
II	2	4229.06	15.31
I	2	4232.375	16.77
IV	2	4273.82	16.04
IV	2	4276.785	16.48
III	2	4280.26	17.21
II	2	4232.625	16.77
I	2	4254.865	18.23
I	3	4255.955	16.77
IV	3	4222.875	18.23
II	3	4279.7	16.98
III	3	4312.52	17.71
III	3	4261.605	16.77
IV	3	4246.76	17
I	3	4278.22	18.65
II	3	4260.395	16.98
III	4	4129.47	17.53
IV	4	4168.295	17.93
II	4	4224.905	16.85
IV	4	4150.84	17.05
III	4	4204.615	17.62
I	4	4121.83	19.83
I	4	4115.03	16.78
II	4	4305.725	16.48
II	5	4317.005	17.43
IV	5	4236.35	18.92
II	5	4232.28	18.52
III	5	4327.495	19.85
I	5	4265.71	17.88
I	5	4240.265	17.78
III	5	4271.725	19.76
IV	5	4298.08	18.62

Anexo 13. Registro de temperatura y humedad

Dias	Temperatura		Humedad Relativa	
	Max	Min	MAX	MIN
1	33.3	20.2	87	82
2	32.7	19.6	87	83
3	33.9	19.5	88	82
4	32.4	20.1	87	83
5	34.3	19.8	87	84
6	32.3	20.1	87	42
7	33.6	20.3	87	83
8	32.3	19.3	88	42
9	31.7	19.6	87	45
10	33.9	18.7	89	87
11	35.2	19.3	90	82
12	34.9	19.6	88	82
13	34.9	20.3	87	78
14	31.1	20.4	88	50
15	34.5	19.9	90	41
16	30.3	19.8	88	42
17	33.5	19.8	89	40
18	35.8	21	89	81
19	36.3	21.3	88	82
20	36.8	21.1	86	81
21	36.4	21.1	88	82
22	30.8	21.3	88	55
23	29.1	19.7	82	67
24	29.5	20.3	82	64
25	32.9	22.5	82	50
26	32.2	22.7	90	48
27	32.1	20.9	87	43
28	31.3	20.1	88	43
Promedio	33.14	20.29	87.28	65.14

Anexo 14. Detalles de los costos fijos

=Detalles	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Total
Costos fijos (general)				1271
Estructura metálica	unidad	1	350	350
Mochila fumigadora	unidad	1	150	150
Balanza digital	unidad	1	120	120
Baldes (20L)	unidad	4	15	60
Bandejas germinadoras plástico negro	unidad	40	12	480
plástico transparente	metro	8	2	16
wincha	metro	80	1	80
wincha	unidad	1	15	15
Depreciación (10 años)				10.59
costos fijos total de tratamientos				44.5
semilla de maíz	kg	20	2	40
Hipoclorito (lejía)	unidad	1	2.5	2.5
Papel periódico	kg	0.5	4	2
Costo fijo x tratamiento				8.9
				19.5

Anexo 15. Detalles de los costos variables

Detalles	Unidad	Cantidad	Precio		Capacidad De 14 Andamios	Duracion De 30 Dias
			Unitario (S/.)	Total		
costos variables					1650	3.93
Alquiler de galpón	días	30	30	900	64.29	2.14
Mano de obra	días	30	25	750	53.57	1.79
					Por tratamiento	0.79

Anexo 16. Detalles de los costos variables

Variables	T1	T2	T3	T4	T5
Fijo General	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
Fijo X Tratamiento	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
Variable Por Día	9.4	12.6	15.7	18.9	22
Costo Total	28.9	32.1	35.2	38.35	41.5
Costo Por Bandeja	3.61	4.01	4.40	4.79	5.19
Producción por Bandeja	2.02	2.16	1.7	1.78	1.39
Costo por kg	1.8	1.9	2.6	2.7	3.7

Anexo 17. Análisis de Ca y P



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología
 Carretera Central Km. 1.21 - Tingo María - Celular: 941.331309
analisis.suelos@unase.edu.pe / unase@mail.unase.edu.pe



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:			LAZO POZO LINDA CRISTINA					PROCEDENCIA		FACULTAD DE ZOOTECNIA								
										RUPA RUPA - LEONCIO PRADO - HUANUCO								
DATOS DE LA MUESTRA			ANÁLISIS PROXIMAL					RESULTADOS EN BASE SECA										
			Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA		PORCENTAJE (%)					PARTES POR MILLON (ppm)					
Código	Tipo	Referencia		MATERIA SECA				N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	
			Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)												
ME_523	FORRAJE	T1	6.44	91.16	2.40	97.45	2.57	---	0.537	2.587	---	---	---	---	---	---	---	
ME_524	FORRAJE	T2	6.03	90.33	3.64	96.13	3.87	---	0.538	0.759	---	---	---	---	---	---	---	
ME_525	FORRAJE	T3	5.15	90.78	4.07	95.71	4.29	---	0.379	2.461	---	---	---	---	---	---	---	
ME_526	FORRAJE	T4	6.41	89.15	4.44	95.26	4.74	---	0.494	1.516	---	---	---	---	---	---	---	
ME_527	FORRAJE	T5	4.42	90.99	4.59	95.20	4.80	---	0.408	1.239	---	---	---	---	---	---	---	

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 28 DE FEBRERO 2020
 RECIBO N° 0610042

VND, VALOR NO DETECTABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAS ANÁLISIS DE SUELOS

Prado
Ing. José G. Mancilla Minoza
 JEFE

