

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE BIOL- BOVINO EN LA PRODUCCIÓN DE
FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) EN
LA LOCALIDAD DE VIACHA DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

DAVID HERNESTO MACHACA CRUZ

La Paz - Bolivia

2018

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE BIOL- BOVINO EN LA PRODUCCIÓN DE
FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAIZ FORRAJERO (*Zea mays*) EN
LA LOCALIDAD DE VIACHA DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

*Tesis de grado presentado como
requisito parcial para optar el
título de Ingeniero Agrónomo*

TESIS DE GRADO

DAVID HERNESTO MACHACA CRUZ

ASESORES:

Ing. Víctor Castañón Rivera

Ph. D. David Cruz Choque

REVISORES:

Ing. Bernardo Ticona Contreras

Ing. Msc. Juan José Vicente Rojas

Ing. Carlos Mena Herrera

Aprobada:

Presidente Tribunal Examinador

LA PAZ – BOLIVIA

2018

DEDICATORIA

Dedicado a mis Padres Mariano Machaca B. y Julia Cruz M. a mi hermano Miguel V. Machaca Cruz a mi hijo Yakov Machaca Mita y mi esposa Katia M. Mita Yujra con todo mi amor y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por haberme guiado, por darme fuerzas, sabiduría y muchas bendiciones.

A mis padres Mariano Machaca Blanco y Julia Cruz Mamani por su infinito amor, por haberme dado la vida, bienestar y educación.

A mi hermano Miguel V. Machaca Cruz por su apoyo incondicional.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés por haberme acogido durante mi formación académica.

A mis asesores:

Al Ing. Víctor Castañón Rivera, a quien agradezco por su orientación, enseñanza, comprensión y amistad, así mismo por su apoyo constante durante la investigación con todo su conocimiento.

Al Dr. David Cruz Choque, agradecimiento y admiración sincera por su orientación, apoyo con su conocimiento y amistad.

A mis tribunales Ing. M. Sc. Juan José Vicente, Ing. Bernardo Ticona Contreras, Ing. Carlos Mena por las revisiones, observaciones y sugerencias realizadas para mejorar el presente trabajo.

A la carrera del CIPyCA por brindarme sus ambientes necesarios para la realización de la tesis.

A mi pareja Katia Mita Yujra un agradecimiento especial por todo su apoyo, comprensión y por compartir momentos más felices y muy difíciles a mi lado en toda la etapa de mi carrera profesional.

ÍNDICE

	Pagina
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Definición de Hidroponía.....	4
3.2. Historia de la Hidroponía.....	4
3.3. Forraje verde hidropónico.....	5
3.4. Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos	6
3.5. Importancia del forraje verde hidropónico	8
3.6. Producción de FVH	9
3.6.1. Métodos de producción de FVH	9
3.6.2. Selección de las especies de grano a utilizar en FVH	10
3.6.3. Selección de semilla.....	10
3.6.4. Lavado de la semilla.....	11
3.6.5. Remojo y germinación de las semillas	11
3.6.6. Densidad de siembra	12
3.6.7. Riego en las bandejas	12
3.6.8. Cosecha y rendimientos	13
3.7. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico.....	13
3.7.1. Iluminación.....	13
3.7.2. Temperatura.....	14
3.7.3. Oxigenación	14
3.7.4. Humedad.....	15
3.7.5. Calidad de semilla.....	15
3.7.6. Calidad de agua de riego	16
3.8. Componentes básicos para el establecimiento del cultivo.....	16
3.8.1. Invernadero	16

3.8.2.	Estantería o almacón.....	16
3.8.3.	Recipientes de cultivos o bandejas	17
3.8.4.	Sistema de riego	17
3.9.	Maíz como Forraje Verde Hidropónico.....	18
3.10.	El Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	19
3.10.1.	Importancia del maíz	19
3.10.2.	Clasificación taxonómica	20
3.11.	Densidad de siembra	21
3.12.	La germinación	21
3.12.1.	Absorción de agua	22
3.12.2.	Movilización de nutrientes	22
3.12.3.	Crecimiento y diferenciación	22
3.13.	Fisiología del germinado para forraje	23
3.14.	Cosecha y rendimiento del forraje verde hidropónico del maíz	23
3.15.	Rendimiento de la materia seca del forraje verde hidropónico del maíz	24
3.16.	Abonos orgánicos líquidos.....	24
3.16.1.	Cualidades del abono líquido.....	25
3.16.2.	Efecto del abono orgánico líquido sobre el desarrollo de los cultivos	25
3.17.	Biodigestor	26
3.17.1.	Tipos de biodigestores.....	26
3.17.2.	Ventajas y desventajas	26
3.17.3.	Formación del biol	27
3.18.	Biol.....	28
3.18.1.	Ventajas y desventajas del biol.....	28
3.18.2.	Uso del biol.....	29
3.18.3.	Método de aplicación	29
3.19.	Nutriente	29
3.19.1.	Clasificación de los nutrientes	30
3.19.2.	Valoración nutritiva de los alimentos	30
3.20.	Análisis bromatológico	30
3.21.	Nutrición foliar	30
3.21.1.	Absorción de nutrientes mediante las hojas.....	30

4. LOCALIZACIÓN	31
4.1. Ubicación del área de estudio	31
4.2. Características climáticas.....	32
4.2.1. Temperatura.....	32
4.2.2. Precipitación pluvial	33
4.2.3. Sequia	33
4.3. Recursos bióticos.....	33
4.3.1. Flora.....	33
4.3.2. Fauna	34
5. MATERIALES Y METODOS	34
5.1. Materiales	34
5.1.1. Material vegetal.....	34
5.1.2. Material de campo	34
5.1.3. Material de laboratorio	35
5.1.4. Material de gabinete	35
5.2. Metodología de campo	36
5.2.1. Instalación del ambiente hidropónico	36
5.2.2. Selección de semilla.....	37
5.2.3. Lavado y desinfección de semilla.....	37
5.2.4. Remojo y etapa de pre germinación.....	38
5.2.5. Siembra	39
5.2.6. Fase de producción.....	41
5.2.7. Cosecha	42
5.3. Diseño experimental	43
5.3.1. Modelo lineal aditivo.....	43
5.3.2. Factores de estudio	44
5.3.3. Croquis del diseño experimental	44
5.4. Variables de respuesta	45
5.4.1. Porcentaje de germinación (%).....	45
5.4.2. Altura de planta (cm).....	45
5.4.3. Longitud de raíz (cm)	45

5.4.4.	Rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (kg/m ²).....	45
5.4.5.	Rendimiento de materia seca (kg/m ²)	46
5.4.6.	Análisis bromatológico	46
5.4.7.	Costos de producción	46
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
6.1.	Descripción de temperaturas durante la producción de FVH de maíz	48
6.2.	Descripción de las características del abono orgánico	48
6.2.1.	Descripción de las características del biol- bovino puro	48
6.2.2.	Descripción de las características del biol - bovino dosis 20 %	49
6.2.3.	Descripción de las características del Biol - bovino a dosis 40%	50
6.2.4.	Descripción de las características del Biol - bovino a dosis 60 %	51
6.3.	Variables de respuestas.....	52
6.3.1.	Porcentaje de germinación.....	52
6.3.2.	Altura de planta	54
6.3.3.	Longitud de raíz	56
6.3.4.	Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de Maíz	59
6.3.5.	Rendimiento de materia seca (Kg/m ²).....	62
6.3.6.	Bromatología	64
6.3.7.	Costos de producción	69
7.	CONCLUSIONES.....	73
8.	RECOMENDACIONES	75
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Composición nutricional del forraje verde hidropónico de un kilogramo de maíz	20
Cuadro 2	Clasificación taxonómica del maíz.....	20
Cuadro 3	Principales especies de flora nativas.....	33
Cuadro 4	Principales especies de fauna nativa.....	34
Cuadro 5	Factor y niveles de estudio.....	44
Cuadro 6	Resultado del análisis químico del biol-bovino puro.....	49
Cuadro 7	Resultado del análisis químico del biol-bovino a dosis 20%....	50
Cuadro 8	Resultado del análisis químico del biol-bovino a dosis 40%...	51
Cuadro 9	Resultado del análisis químico del biol-bovino a dosis 60%..	52
Cuadro 10	Análisis de varianza para el porcentaje de germinación.....	53
Cuadro 11	Promedio de altura de planta (cm) del FVH de maíz con niveles de biol - bovino.....	54
Cuadro 12	Análisis de varianza de altura de planta en cm de forraje verde hidropónico de maíz.....	55
Cuadro 13	Análisis de varianza para longitud de raíz del forraje verde hidropónico de maíz	58
Cuadro 14	Prueba Duncan de la longitud de raíz del forraje verde hidropónico de maíz.....	58
Cuadro 15	Análisis de varianza para el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz.....	60
Cuadro 16	Prueba de Duncan para rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz.....	60
Cuadro 17	Análisis de varianza para rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz.....	62
Cuadro 18	Prueba de Duncan para rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz.....	63
Cuadro 19	Costos totales por superficie y por ciclo de producción de cada	69

	tratamiento.....	
Cuadro 20	Ingreso bruto por m ² y por ciclo de producción de forraje verde hidropónico de cada tratamiento	70
Cuadro 21	Ingreso neto por m ² y por ciclo de producción de forraje verde hidropónico de cada tratamiento	71
Cuadro 22	Relación Beneficio/Costo de cada tratamiento	71

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Ubicación geográfica del área de estudio.....	32
Figura 2	Construcción de bandejas.....	36
Figura 3	Desinfección de bandejas.....	37
Figura 4	Lavado de semillas de maíz.....	38
Figura 5	Remojo de la semilla de maíz.....	39
Figura 6	Siembra de semillas en bandejas.....	40
Figura 7	Disposición de las bandejas de forma aleatoria.....	40
Figura 8	Colocado de papel periódico para que las semillas mantengan humedad.....	40
Figura 9	Ambiente oscuro para inducir crecimiento de las semillas.....	41
Figura 10	Germinación de las semillas de maíz.....	41
Figura 11	Aplicación de riego a las bandejas.....	41
Figura 12	Aplicación de riego con biol- bovino a las bandejas	42
Figura 13	FVH listo para la cosecha.....	43
Figura 14	Disposición de las bandejas con los respectivos tratamientos y repeticiones de producción FVH.....	45
Figura 15	Temperaturas máximas y mínimas en el lugar de investigación.....	48
Figura 16	Variación de altura de planta entre los tratamientos	55
Figura 17	Promedios de la longitud de raíz de cada tratamiento	57
Figura 18	Promedio del rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz.....	59
Figura 19	Promedios del rendimiento de materia seca de forraje verde hidropónico de maíz.....	62
Figura 20	Variación del contenido proteico (%) del forraje verde hidropónico del maíz con niveles de biol.....	65

Figura 21	Variación del contenido del valor energético (Kcal/100 g) del forraje verde hidropónico de maíz con niveles de biol.....	66
Figura 22	Variación del contenido carbohidratos (%) del forraje verde hidropónico de maíz la con niveles de Biol....	67
Figura 23	Variación del contenido de fibra (%) del forraje verde hidropónico de maíz con niveles de biol.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1** Resultados del programa de SAS, porcentaje de germinación
- Anexo 2** Promedio de altura de planta
- Anexo 3** Resultados del programa de SAS, altura de planta
- Anexo 4** Promedios de Longitud de raíz
- Anexo 5** Resultados del programa SAS, longitud de raíz
- Anexo 6** Promedios de rendimiento de FVH de maíz
- Anexo 7** Resultados del programa SAS, rendimiento FVH de maíz
- Anexo 8** Promedio de rendimiento materia seca de maíz
- Anexo 9** Resultados del programa SAS, rendimiento materia seca de maíz
- Anexo 10** Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz –
Tratamiento 1
- Anexo 11** Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz –
Tratamiento 2
- Anexo 12** Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz –
Tratamiento 3
- Anexo 13** Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz –
Tratamiento 4
- Anexo 14** características del biol- bovino puro
- Anexo 15** características del biol - bovino dosis 20 %
- Anexo 16** características del biol - bovino dosis 40 %
- Anexo 17** características del biol - bovino dosis 60 %

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Viacha en los ambientes de hidroponía de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria CIPyCA, con el objetivo de evaluar el efecto de niveles de biol – bovino en la producción de forraje verde hidropónico de maíz. Las variables agronómicas que se midieron fueron: Porcentaje de germinación (%), altura de planta (cm), longitud de la raíz (cm), rendimiento de forraje verde (kg/m^2), producción de materia seca (kg/m^2), análisis bromatológico y análisis económico. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, los tratamientos fueron: T1 (0 % biol- bovino), T2 (20 % biol- bovino), T3 (40 % biol- bovino), T4 (60 % biol- bovino).

Los resultados mostraron que los tratamientos fueron diferentes en todas las variables. En la evaluación de la variable altura de planta de FVH se observó diferencias no significativas entre los tiramientos, donde el T2 (20 % biol- bovino) presento mayor altura de planta con un promedio de 26.99 cm. En cuanto a la longitud de raíz se obtuvo diferencias altamente significativas entre los tratamientos donde el T2 (20 % biol- bovino) presento mayor longitud de raíz con un promedio de 24.96 cm. En la evaluación de la variable rendimiento de FVH también se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos donde el T2 (20 % biol- bovino) presento un mayor rendimiento de FVH de maíz con un promedio de 23,7 kg/m^2 . Para el rendimiento de materia seca el que obtuvo mayor promedio de rendimiento también fue el tratamiento 2 con 11,46 kg/m^2 .

En la variable bromatológica tenemos al T2 (20%biol- bovino) que presento mayores contenidos de proteína con 10,14%, valor energético con 243,5 Kcal/100 g y carbohidratos con 35,49 %, en el contenido de fibra cruda el T2 (20%biol- bovino) es el que sobre sale con 11, 75 %.

Para el análisis económico el mayor beneficio/costo obtuvo el tratamiento T2 (20% biol - bovino) con una ganancia de 0.39 Bs. Por cada boliviano invertido a diferencia de los demás tratamientos.

1. INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) es un “pienso” o forraje vivo que se utiliza para alimentar animales de granja. Las especies de interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en las familias de las gramíneas y de las leguminosas. Las gramíneas forrajeras incluyen pastos y cereales forrajeros los cuales tienen característica de producir alta calidad y cantidad de alimentos en un corto periodo de tiempo, presentan un alto contenido de proteínas e hidratos de carbono solubles y un bajo contenido de fibra lignificada.

La técnica de cultivo, se basa en la producción sobre sustratos que no sean tierra y se hace preferiblemente en invernaderos que permiten su producción incluso en épocas de sequía u otras condiciones climáticas adversas, para no detener, ni depender la alimentación de los animales, de las variaciones estacionales y poder mantener el engorde de los animales para producción de carnes e incluso de leche.

Cabe destacar que el cultivo del maíz es uno de los más diversificados en el mundo y ha ocupado tanto para la alimentación humana como en la alimentación de animales de todo tipo, desde aves hasta vacunos de carne o leche, además se encuentra ubicada a nivel mundial después del trigo y el arroz. Es de gran importancia en la alimentación tanto humana como animal. Se ha cultivado desde antiguas culturas centroamericanas y es conocido el uso que le dieron los mayas a terrenos boscosos que transformaron en cultivables al sembrar maíz.

Los fenómenos climáticos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas inundaciones, y otros fenómenos naturales han venido afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje verde producido en forma convencional para la alimentación de los animales. Los fenómenos climáticos adversos han incrementado significativamente su frecuencia en estos últimos años, así mismo, el frecuente anegamiento de los terrenos por exceso de precipitaciones limita por

periodos prolongados, la disponibilidad de alimento verde fresco para los animales, causando mortalidad y pérdidas de peso o de producción.

Antiguamente se enseñaba en la universidad que para hacer agricultura se necesitaban tres cosas imprescindibles: clima, agua y suelo. Hoy se sabe que es posible cultivar en climas adversos, en lugares donde no se cuente con grandes cantidades de agua y sin necesidad precisamente de suelo.

Gómez, Sosa y Farías (2012), mencionan que los abonos orgánicos se fundamentan en el aprovechamiento de la biomasa de las plantas, residuos vegetales post cosecha, excrementos animales, lodos residuales, desechos industriales, agroindustriales y urbanos. Son desechos sólidos, líquidos y semilíquidos que procesados y aplicados al suelo mejoran sus condiciones físicas, químicas y biológicas.

Dada la importancia del FVH en la producción animal doméstica, se requiere analizar el rendimiento del forraje verde y seco hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), con tres niveles de biol - bovino con la finalidad de obtener buenos rendimientos en la producción de materia seca y verde a su vez nos estará proporcionando en menor tiempo y a bajo costo, una alimentación alternativa y con principios agroecológicos para los animales y para los agricultores con menos trabajo y tener alimento para sus animalitos en época seca ya que es tan necesaria para su alimentación, sanidad y nutrición no solo del grano de maíz si no de forrajes hidropónicos.

Por lo anterior, se llega a la conclusión de que se deben implementar proyectos de producción de forraje en forma masiva mediante el uso adecuado del recurso de agua, además de que con la aplicación de abonos orgánicos se obtendrá forraje libre de compuestos químicos que a la larga pueden provocar una contaminación de los productores que crían ganado.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de tres niveles de Biol - Bovino en la producción de forraje verde hidropónico de maíz forrajero (*Zea mays*) en la localidad de Viacha

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las variables agronómicas del forraje verde hidropónico de maíz bajo los diferentes niveles de biol- bovino.
- Determinar la composición nutricional del forraje producido con los diferentes tratamientos.
- Analizar los costos de producción de FVH de los diferentes tratamientos.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Definición de Hidroponía

Malca (2005), menciona que la hidroponía (hidros = agua y ponos = trabajo o actividad) es traducido literalmente como trabajo del agua y es una técnica de producción de cultivos sin suelo. El suelo es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella. Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas; y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis.

Resh (2001), indica que la hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. La palabra hidroponía proviene del griego, hydro = agua y ponos = trabajo. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta. Y pueden crecer en una solución mineral únicamente o bien en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita.

Cuando las raíces de la planta se sumergen solo en agua, presenciamos la hidroponía pura, uno de los primeros métodos utilizados; después evoluciona con implementos y variaciones, pero con el mismo principio: una solución nutritiva entra en contacto con las raíces y ningún otro sustrato (Abad, 1995).

3.2. Historia de la Hidroponía

Huterwal (1992), menciona que la producción del Forraje Verde Hidropónico, es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico Irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, Jhon Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparo 5 diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante.

Palacios (1995), indica que el Forraje Verde Hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9-15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología Forraje Verde Hidropónico es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc., para cultivo forrajero convencional).

Hidroponia.com (2006), menciona que el pionero en este aspecto, fue el doctor William F. Gericke, de California, EEUU, que en 1930 realizó cultivos de tomate en gran escala por el sistema hidropónico y fue tal el éxito que obtuvo, que de inmediato la experiencia se difundió por los EEUU primero, y por el resto del mundo después, dando lugar a la aparición de innumerables empresas que emplean la hidroponía en sus cultivos, sistema que está en plena expansión y desarrollo. Una experiencia decisiva para confirmar la importancia que habrían de adquirir los cultivos hidropónicos, fue la llevada a cabo por el ejército de los EEUU durante la segunda guerra mundial en la Isla Ascensión, donde se construyeron inmensos piletos de cemento que sirvieron para cultivar diversas variedades de plantas hortícolas, que le permitieron a los soldados comer miles de toneladas de alimentos frescos durante ese período.

Actualmente el concepto de hidroponía es conocido mundialmente. Así es como en EEUU, Europa y Japón existen grandes establecimientos dedicados a la producción de este tipo de cultivos.

3.3. Forraje verde hidropónico

Carballido (2005), indica que el forraje verde hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 20 días) captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva.

Tarrillo (2005), entiende por Forraje Verde Hidropónico al resultado del proceso de germinación de granos, por lo general de cereales que se realiza durante un periodo de 8 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales disueltos de una solución nutritiva. La producción de granos germinados está considerada como un sistema hidropónico, debido a que este se realiza sin suelo, lo que permite producir a partir de granos colocados en bandejas, una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible al 100% con una digestibilidad de hasta el 90%, limpia y libre de contaminantes.

En la publicación FAO (2001), menciona que el FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo.

SICA (2000), menciona que la técnica para la producción de forraje verde hidropónico se basa en el aprovechamiento del poder germinativo de las semillas de cereales como cebada, avena, trigo o maíz, las cuales una vez iniciada la germinación, liberan en sus primeras etapas de crecimiento todos los nutrientes almacenados como reserva, para sostenimiento de la nueva planta.

3.4. Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos

Carballido (2005), menciona las ventajas en el uso de los sistemas hidropónicos pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- ✓ Menor número de horas de trabajo y más livianas. En general estos sistemas requieren de un menor número de horas de trabajo que los sistemas convencionales de producción. Además en general las tareas son más livianas que en los sistemas convencionales, por lo que puede existir un ahorro sensible en mano de obra y por lo tanto en costos.
- ✓ No es necesaria la rotación de cultivo en estos sistemas. No es necesaria la rotación de cultivos en el sentido estricto como se utiliza en los sistemas convencionales, básicamente por la no existencia de suelo.

- ✓ No existe la competencia por nutrientes. No existe la competencia por nutrientes, ya sea por plantas voluntarias o por microorganismos de suelo.
- ✓ Las raíces se desarrollan en mejores condiciones. El crecimiento tanto en medios artificiales como en agua el desarrollo radicular adquiere su mejor desarrollo sin impedimentos físicos ni nutricionales, comparados con los sistemas tradicionales donde se suceden problemas de compactación, baja infiltración, condiciones de anaerobiosis para las raíces, que conspiran en su desarrollo.
- ✓ Mínima pérdida de Agua. A través de estos sistemas se realiza un uso eficiente del agua, ya que ésta es aportada en las cantidades necesarias y en forma controlada. Además en sistemas hidropónicos se minimizan las pérdidas por infiltración y evaporación.
- ✓ Mínimo problema con las Malezas. El problema de malezas se considera mínimo en estos sistemas, ya sea que los medios son estériles o son esterilizados, además que el problema de formación de algas en el sistema puede ser minimizado. De hecho al no existir suelo, el problema de las malezas tiende a desaparecer.
- ✓ Reducción en Aplicación de Agroquímicos. En general la aplicación de agroquímicos se reduce en estos sistemas, ya que el suelo como fuente de hospedaje o ciclo de enfermedades desaparece, de todos modos los sistemas hidropónicos no son inmunes a la presencia de patógenos sobre todo aquellos que pueden colonizar medios líquidos. Por otro lado las plagas pueden tener una incidencia similar que en los sistemas tradicionales, pero en la medida que se implementen estrategias de control, como el control integrado de plagas y enfermedades, así como un mejor control de las condiciones de crecimiento, redundará en una aplicación menor de plaguicidas.
- ✓ El Sistema se ajusta a áreas de producción no tradicionales. La implementación de estos sistemas permite ampliar el horizonte agrícola permitiendo la inclusión de áreas urbanas y suburbanas para la producción. En general es posible desarrollar producciones comerciales exitosas en

áreas tan pequeñas como el fondo de una casa. Esto permite una plasticidad en la evolución del volumen y el área de cultivo muy diferente a la obtenida con los cultivos realizados en los sistemas tradicionales.

Carballido (2005), El mismo autor indica una desventaja que se menciona a continuación;

- ✓ El costo inicial es alto en estos sistemas debido a las inversiones a realizar, de todos modos esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se desee realizar del ambiente de crecimiento. Si vamos a sistemas donde se controla la temperatura, humedad y luz del lugar de crecimiento del cultivo, tendremos mayores grados de inversión en equipos de medición y control. Por otro lado sistemas que requieran un aporte energético, como los sistemas circulantes, diferirán en los costos de aquellos sistemas flotantes o estáticos.

3.5. Importancia del forraje verde hidropónico

Rodríguez (2003), indica que en la actualidad uno de los problemas más preocupantes en el mundo es la insuficiencia de alimentos, tanto de origen animal como vegetal, esta insuficiencia es atribuida en parte por la falta de continuidad en la producción tanto vegetal, ya que las condiciones climáticas no son constantes, la producción de forraje no es constante y por lo tanto la producción animal es variable.

Una forma de reducir esta variabilidad es manteniendo condiciones climáticas uniformes en áreas donde se desarrolle el forraje de manera continua logrando así alimentar animales en forma constante conforme a sus requerimientos nutricionales para que estos tengan una producción menos variable, además de obtener una producción animal menos variable al utilizar la producción de FVH, se ha reportado que también produce un beneficio económico en la producción originado por las ventajas que ofrece.

Molina (1989), menciona que por sus cualidades nutricionales y de bajo costo de producción, el FVH puede ser la salvación de cientos de miles de personas que padecen hambre y desnutrición. Lo extraordinario del sistema, es que reduce sustancialmente el costo de la alimentación, un kilogramo de maíz o trigo puede convertirse, en tan solo 8 o 10 días, en 12 kilos de FVH natural que puede consumir cualquier animal. Representa un nuevo paradigma en nutrición y puede ser la base esencial para erradicar el hambre y la pobreza que campean en nuestro maltrecho planeta.

3.6. Producción de FVH

3.6.1. Métodos de producción de FVH

FAO (2001), menciona que los métodos de producción de FVH cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades menciona que esta se puede instalar en bandejas de plástico provenientes del corte longitudinal de envases descartables; estantes viejos de muebles a los cuales se les forra con plástico; bandejas de fibra de vidrio, de madera pintada o forrada de plástico las cuales a veces son hechas especialmente para esto; en cajones de desecho provenientes de barcos y/o plantas procesadoras de pescado, a los que se les reduce la altura por ser demasiado altos, o en los más sofisticados sistemas automatizados por computadora que se conocen en el presente.

Carballido (2005), menciona que los métodos de producción de FVH cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades. Existen casos muy simples en que la producción se realiza en franjas de semillas pre-germinadas colocadas directamente sobre plásticos de 1 m de ancho colocadas en el piso y cubiertas, dependiendo de las condiciones del clima, con túneles de plástico; invernaderos en los cuales se han establecido bandejas en pisos múltiples obteniéndose varios pisos de plantación por metro cuadrado; galpones agrícolas (por ejemplo: criaderos de pollos abandonados); hasta métodos sofisticados conocido como: “Fábricas de forraje” donde, en estructuras “container” cerradas, totalmente automatizadas y

climatizadas, el FVH se produce a partir del trabajo de un operario que sólo se remite a sembrar y cosechar mientras que todos los demás procesos y controles son realizados en forma automática.

3.6.2. Selección de las especies de grano a utilizar en FVH

En la publicación de la FAO (2001), se dice que esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad local y/o del precio a que se logren adquirir. La producción de FVH utilizando semillas de alfalfa no es tan eficiente como con los granos de gramíneas debido a que su manejo es muy delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional de forraje.

3.6.3. Selección de semilla

Ñíguez (1998), señala que se debe de utilizar semilla de cereales o leguminosas sin malezas y libres de plagas y enfermedades, evitar los transgénicos. No deben de provenir de lotes tratados con insecticidas o fungicidas. La humedad más deseable es de un 12% y debe de haber tenido un reposo para que se cumpla con los requisitos de madurez fisiológica. Los cultivares más comunes son: maíz, cebada, trigo y sorgo.

Calderón (1992), indica que en términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos son adecuados, se deben utilizar las semillas de los cultivos de grano que se producen a nivel local. Es muy conveniente también que las semillas elegidas para nuestra producción de forraje, se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y

fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con cura semillas, agentes pre emergentes o algún otro pesticida tóxico.

3.6.4. Lavado de la semilla

Rodríguez (2003), menciona que las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias. El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que dejamos las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

3.6.5. Remojo y germinación de las semillas

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

3.6.6. Densidad de siembra

FAO (2005), manifiesta que una buena densidad de población es un requisito imprescindible para obtener una buena cosecha, ya que es importante no olvidar que cuando las siembras quedan claras, el mayor tamaño de las mazorcas no compensa la falta de plantas. Por otra parte es importante recordar que existen híbridos que son tolerantes a las altas densidades de siembra y otros que no lo son, produciéndose en este segundo caso plantas poco vigorosas y esterilidad, si la población es excesiva una buena densidad de siembra varía de 2.2 a 3.4 kg/ considerando que la disposición de las semillas no debe superar 1.5 cm de altura en la bandeja.

Calderón (1992), menciona, otras referencias aconsejan densidades específicas para cada especie de semilla, tal como las que se muestran a continuación:

- 4 kilos de semilla de maíz por metro cuadrado a una profundidad de 3 a 4 centímetros.
- 2 kilos de semilla de cebada por metro cuadrado a una profundidad de 2 centímetros.
- 2.5 kilos de semilla de sorgo por metro cuadrado a una profundidad de 1.5 centímetros.

3.6.7. Riego en las bandejas

FAO (2001), indica que la dosis exacta de agua de riego según cada especie de (FVH) resulta muy difícil, dado que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible. Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Lo usual es entregarle el volumen diario dividido en 6 o 9 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada y por lo tanto los mejores resultados se obtienen con la pulverización o aspersión sobre el cultivo o en el caso de usar riego por goteo, poseer un sistema de burbujeo en el estanque que cumpla con la función de oxigenación del agua.

3.6.8. Cosecha y rendimientos

Moreno (2000), menciona que para saber cuándo realizar la cosecha se debe hacer cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 8 a 12 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales y las frecuencias del riego.

Los rendimientos esperados son bastante altos por esto SICA, (2000), propone que en condiciones normales un kilogramo de semilla produce de 9 a 12 kilogramos de FVH.

3.7. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico

3.7.1. Iluminación

FAO (2005), menciona que la luz dentro de los recintos para FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promotora de la síntesis de compuestos (por ejemplo: Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de sembrada, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue (FAO, 2001). Para favorecer el crecimiento de brotes y de las raíces, a partir del cuarto día hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas (Chang, 2004).

Una exposición directa al sol puede traer consecuencias negativas, sólo en los dos últimos días del proceso de producción, se exponen las bandejas a la acción de la luz para lograr, que el forraje obtenga su color verde intenso lo cual es muy característico y por lo tanto complete su riqueza nutricional óptima (FAO,2001).

3.7.2. Temperatura

La temperatura debe mantenerse estable, en todo caso sobre los 18 a 25°C (Tarrillo, 2008). La temperatura es una de las variables más importantes en la producción, la temperatura debe estar entre los 22 a 25°C (Chang, 2004).

Rodríguez (2003), menciona que la temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH, por lo que se debe efectuar un adecuado control de la temperatura. La producción óptima del FVH de maíz se sitúa entre los 21 y 28°C.

3.7.3. Oxigenación

Chang, *et al.* (2000), menciona que la falta de oxigenación produce la fermentación de la solución y como resultado de la raíz, originada por la aparición de microorganismos. Una raíz sana y bien oxigenada debe ser blanquecina, de lo contrario esta se torna oscura debido a la muerte del tejido radicular. La oxigenación puede ser manual (agitando la solución manualmente por algunos segundos por lo menos dos veces al día, cuando las temperaturas son altas se requiere mayor oxigenación) o mecánica mediante una compresora, inyectando aire durante todo el día.

El agua se cambia totalmente dependiendo de la coloración de la raíz o por la presencia de algas cada tres semanas. La aireación se realiza por lo menos una vez al día, preferiblemente por la mañana. El nivel o contenido de agua se debe revisar todos los días en cada bancal y al disminuir 3 cm de los 10 cm recomendados de profundidad, debe complementarse nuevamente con solución.

Samperio (2007), dice que la oxigenación es muy importante, ya que a través de esta realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular. El oxígeno al oxidar los minerales, se convierte en el catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular. Para su correcto funcionamiento, las raíces dependen fundamentalmente de una

óptima oferta de oxígeno, pues de lo contrario, aunque se les aporta los nutrientes adecuados, se tendrá un cultivo precario o en casos más graves podrán morir las raíces, es decir necesitan respirar.

3.7.4. Humedad

Es muy importante el cuidado de la condición de humedad en el interior de recinto de producción. La humedad del aire debe mantenerse dentro del margen de 70 a 95% (Tarrillo, 2008). Por otra parte, Chang (2004), sostiene que es un factor muy importante, debiéndose obtener una humedad relativa de 65 a 70%.

La humedad relativa en el interior del invernadero es muy importante. Ésta no debería ser menor a 70%. Valores de humedad superiores a 90% sin adecuada ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido enfermedades fungosas difíciles de eliminar, además de incrementar los costos operativos (Rodríguez, 2003).

Gutiérrez, *et al.* (2000), manifiestan que la humedad es de gran importancia para procurar condiciones de asimilación adecuadas, ya que ejercen una influencia directa en el trabajo que desempeñan las hojas. Debe haber una humedad cercana al 100% para asegurar un adecuado desarrollo del sistema radicular. Las radículas de las plantas jóvenes son incapaces de crecer en ambientes secos. Como el cultivo de FVH es un cultivo a raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá realizar en ambiente con una alta humedad relativa, por encima del 85%.

3.7.5. Calidad de semilla

El éxito del Forraje Verde Hidropónico comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica (Sánchez, 2001). Es un factor muy importante, ya que porcentaje mínimo debe ser 85 - 90% de viabilidad, todo el proceso falla y no se logra el rendimiento esperado (Chang, 2004).

La FAO (2001), recomienda que la semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75%, para evitar pérdidas en los rendimientos de Forraje Verde Hidropónico.

3.7.6. Calidad de agua de riego

La calidad de agua de riego es otro de los factores importantes en la producción de FVH. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su potabilidad. Puede ser agua de pozo, agua de lluvia o agua del grifo. Si el agua disponible no es potable, se podrían tener problemas sanitarios por lo que se recomienda realizar un análisis microbiológico para usar el agua de manera confiable (Rodríguez, 2003).

3.8. Componentes básicos para el establecimiento del cultivo

3.8.1. Invernadero

Gutiérrez, *et al.* (2000), señala que el invernadero deberá construirse de acuerdo con la cantidad de forraje que se quiera producir diariamente, dejando un margen de seguridad. Se sabe que 4 m² son suficientes para producir 15 kg por día de forraje. De acuerdo a la ubicación, debe estar cerca al establo para facilitar el suministro de forraje a los animales su manejo, control y supervisión constante, también dependerá de la funcionalidad de las instalaciones de agua y luz. En climas fríos con el fin de regular la temperatura especialmente en horas de la noche se ha de construir un invernadero hermético y con doble pared de plástico.

3.8.2. Estantería o armazón

Guerrero (2002), señala que la estructura donde crecen es simple, bandejas de plástico negro, que deben estar colocadas con una pequeña inclinación, para evitar que el agua se encharque y se formen hongos.

Gutiérrez, *et al.* (2000), indica que comprende toda la estantería para soportar las bandejas en que se va a cultivar el forraje y puede ser de madera, metal y PVC. Su altura debe ser tal que ofrezca comodidad en las diferentes labores del cultivo.

Generalmente se construyen módulos de 4 a 6 niveles, separados entre sí por calles de 1 m para facilitar las labores de siembra, cosecha y aseo. Los niveles van separados entre sí cada 50 cm y el primer nivel dista 30 cm del suelo cada nivel debe tener una pendiente del 10% para drenar la solución sobrante de las bandejas.

3.8.3. Recipientes de cultivos o bandejas

Gutiérrez, *et al.* (2000), manifiesta que son los recipientes que se usan para colocar la semilla para el desarrollo del cultivo, puede ser de diferentes materiales, como asbesto-cemento, lámina galvanizada, fibra de vidrio, material plástico o formaleas de madera cubiertas de polietileno. Sus medidas varían de 40 a 60 cm de ancho y 80 a 12 cm de largo, profundidad es de 2 a 5 cm.

3.8.4. Sistema de riego

Samperio (1997), señala que existen varios sistemas para proporcionar a la planta la humedad y alimento que requiere para producir una producción óptima. En la técnica de cultivo hidropónico, describiremos las formas más fáciles, usuales y económicas de hacerlo. Sistemas más usuales son:

- Riego por aspersión superficial
- Riego por goteo
- Riego por sub-irrigación
- Riego por capilaridad

Este mismo autor nos indica que el riego por aspersión superficial es recomendable para instalaciones domésticas o cuando no se dispone de bombas eléctricas o de

gasolina y si se prefiere el riego manual para irrigar, se puede utilizar una regadera manual o algún otro recipiente que la sustituya. En este sistema se puede o no reciclar la solución nutritiva.

El riego debe hacerse por la mañana, entre las 6 y las 10 a.m. o bien por la tarde, entre las 5 y las 7 p.m. Esto es porque si se riega el cultivo cuando la temperatura ambiente es muy elevada, se corre el riesgo de que las plantas se quemen, pues ya se sabe que cuando hace mucho calor, el proceso de evaporación es más violento (Samperio, 1997).

Sánchez (1982), indica que el riego de las bandejas de crecimiento FVH debe realizarse solo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o “mochila” de mano.

3.9. Maíz como Forraje Verde Hidropónico

FAO (2001), indica que el forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH o “*Green fodder hydroponics*” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal.

Es conocido que durante épocas (sequía y/o lluvia), y etapas fisiológicas críticas en diferentes zonas agroecológicas, el ganado tropical presenta algunas diferencias en la etapa de crecimiento, trayendo como consecuencia pérdidas económicas para los productores. Una de las prácticas comúnmente aplicadas en el uso de alimentos concentrados comerciales, sin embargo, esto implica un aumento en los costos de producción. Basado en este hecho, el forraje hidropónico de maíz (FHM) ha venido considerándose por algunos productores, como una alternativa para mejorar la calidad de la dieta base a ser utilizada y podría sustituir parcialmente al concentrado, no solo en especies ovinas, sino en especies vacunas y equinas principalmente (FAO, 2001).

3.10. El Maíz (*Zea mays L.*)

3.10.1. Importancia del maíz

Según INIAF (2015), el maíz es uno de los granos más utilizados alrededor del mundo, es el ingrediente principal de diversos productos entre ellos alimentos, aceites, jabones, jarabes y hasta biocombustible, principalmente etanol.

INIAF (2015), menciona que en Bolivia el maíz constituye el segundo cultivo más importante desde el punto de vista de seguridad alimentaria, después de la papa. Es un cultivo tradicional cuya producción es utilizada principalmente como materia prima para la elaboración de alimentos balanceados y como componente esencial de la dieta de sus habitantes. Forma parte de todos los sistemas de producción agrícola, cultivándose en diferentes latitudes y altitudes, desde las regiones del Chaco, valles interandinos, subtropical y la llanura oriental.

Martínez (2001), indica que el maíz es importante por el volumen de FVH que produce, aparte de su gran riqueza nutricional, necesita de temperaturas optimas que varían entre los 25°C y 28°C.

También menciona el mismo autor que el forraje verde hidropónico es totalmente diferente a los alimentos tradicionales, ya que el animal consume las primeras hojas verdes (parte aérea), los restos de la semilla y la zona radícula, que constituyen una completa formula de carbohidratos, azúcares y proteínas. Ver cuadro 1 Su aspecto, color, sabor y textura le confiere gran palatabilidad, a la vez que aumenta la asimilación de otros alimentos por parte del animal.

Cuadro 1. Composición nutricional del Forraje Verde Hidropónico de un kilogramo de maíz

Composición	Análisis nutricional	
	Materia seca	= 18,6%
	Proteína	= 16,8%
	Energía	=3,216
	Valor energético	=1178/1190 calorías
	Digestibilidad	= 81 - 91 %
Vitaminas	Caroteno	=25,1 ul/kg
	Vitamina E	=26,3 ul/kg
	Vitamina C	=45,1 mg/kg
Minerales	Calcio	= 104%
	Fosforo	= 47%
	Magnesio	= 14%
	Hierro	=200 ppm
	Manganeso	= 300 ppm
	Zinc	= 34,0 ppm
	Cobre	= 8,0 ppm

Fuente: Cultivos Hidropónicos. Howard M. Reseh citado por Espinoza (2005)

3.10.2. Clasificación taxonómica

En el cuadro 2 se muestra la siguiente clasificación taxonómica del maíz

Cuadro 2. Clasificación taxonómica.

Reino:	Plantae
División :	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Zea
Especie	Mays
Nombre Científico:	Zea mays

3.11. Densidad de siembra

FAO (2005), manifiesta que una buena densidad de población es un requisito imprescindible para obtener una buena cosecha, ya que es importante no olvidar que cuando las siembras quedan claras, el mayor tamaño de las mazorcas no compensa la falta de plantas. Por otra parte es importante recordar que existen híbridos que son tolerantes a las altas densidades de siembra y otros que no lo son, produciéndose en este segundo caso plantas poco vigorosas y esterilidad, si la población es excesiva una buena densidad de siembra varía de 2,2 a 3,4 kg/m² considerando que la disposición de las semillas no debe superar 1,5 cm de altura en la bandeja.

Las densidades óptimas de semilla a sembrar por metro oscilan entre 2 a 3,4 kg considerando que la disposición de las semillas o “siembra” no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja. Para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pre – germinadas (Níñez, 1988).

3.12. La germinación

Matilla (2003), define la germinación como el conjunto de procesos metabólicos y morfo-genéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula capaz de velarse por sí misma y transformarse en una planta fotosintéticamente competente. La germinación de una semilla, es uno de los procesos más vulnerables por los que atraviesa el ciclo vital de una planta ya que de ella depende el desarrollo de la nueva generación.

Gutiérrez, et al. (2000), indica que es el conjunto de cambios que experimenta la semilla. Durante este periodo el embrión rompe la cutícula de la semilla y emerge la radícula. Las semillas poseen sustancias que inhiben la germinación y que el remojo quedan disueltas en el agua pudiendo ser extraídas: entonces conviene cambiar el agua repetidas veces. El tiempo de germinación varía entre 24 y 48 horas, es cuando el grano alcanzado estructuras radicales notorias formando tres

de cuatro raicillas. Se puede considerar que el proceso de la germinación ha terminado cuando los cotiledones han salido del tegumento de la semilla.

3.12.1. Absorción de agua

Carballado (2000), manifiesta que durante la fase de absorción de agua se inicia la actividad de la semilla, es decir, se reanuda el metabolismo, para lo cual se necesitan condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxígeno. Una vez reunidos estos factores la semilla va aumentando de volumen por la absorción del agua, el embrión se hincha, se reblandecen las cubiertas y las reservas alimenticias principian una serie de reacciones químicas y biológicas que hacen que el embrión se desarrolle.

3.12.2. Movilización de nutrientes

León (2005), en la fase de movilización de nutrientes los cotiledones se van reduciendo mientras la nueva planta consume sus reservas, el alimento almacenado en ellos es digerido por la acción del agua, se descompone mediante la respiración se usa en el desarrollo de nuevas estructuras.

Los alimentos almacenados en los cotiledones generalmente se encuentran en cantidades suficientes para sostener el crecimiento de las plántulas hasta cuando pueden empezar a fabricar su propio alimento.

3.12.3. Crecimiento y diferenciación

León (2005), se puede definir el crecimiento como la síntesis del material vegetal (biomasa), que normalmente viene acompañada de un cambio de forma y un aumento irreversible de la masa del organismo, aumento de la longitud o de los diámetros del cuerpo del vegetal y su aumento en peso, el crecimiento de las diferentes partes de la planta suele determinarse por la altura, el área foliar o el peso seco, en relación con el tiempo transcurrido durante el ciclo de vida.

La diferenciación es el proceso mediante el cual se forman y producen las diferentes clases de células. En una planta el crecimiento y diferenciación transcurren paralelamente y por eso pareciera tratarse de un solo proceso que llamamos desarrollo. Una vez han aparecido las raicillas y las primeras hojas, la planta está capacitada para realizar la fotosíntesis, motivo por el cual se debe exponer a condiciones óptimas de luminosidad, oxigenación y nutrientes.

3.13. Fisiología del germinado para forraje

En el proceso de germinación de una semilla se produce una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas muy importantes. El germen del embrión de la futura planta, a partir de un almacén de energía en forma de carbohidratos y lípidos, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol y absorber elementos minerales de la solución nutritiva. En este estado de la planta tanto en su parte aérea como en la zona radicular, se encuentra en un crecimiento acelerado poseyendo poco contenido de fibra y un alto contenido en proteína, parte de la cual se encuentra en estado de nueva formación, por lo que gran parte de los aminoácidos están en forma libre y son aprovechables fácilmente por los animales que los consumen (Hidalgo, 1985).

3.14. Cosecha y rendimiento del forraje verde hidropónico del maíz

Los rendimientos esperados son bastante altos por esto SICA, (2000), propone que en condiciones normales un kilogramo de semilla produce de 9 a 12 kilogramos de FVH.

Moreno. (2000), menciona que para saber cuándo realizar la cosecha se debe hacer cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 8 a 12 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales y las frecuencias del riego.

Gutiérrez, et al. (2000), indica que la cosecha se hace cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 9 a 15 días, dependiendo de la temperatura, condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia de riego. Como resultado obtendremos un gran tapete radicular ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la alta densidad de siembra.

3.15. Rendimiento de la materia seca del forraje verde hidropónico del maíz

Paucara (2012), indica que al aplicar 3 kilogramos de semilla/m² registró los valores altos de producción de materia seca con un promedio de 2,94 kg/m², y al aplicar 2 kg/m² ha obtenido menor producción de forraje verde con una media de 2,71 kg/m².

3.16. Abonos orgánicos líquidos

Son abonos líquidos que resultan de la descomposición anaeróbica de los estiércoles (en biodigestores). Obtenidos en base a la fermentación de residuos orgánicos que generalmente se aplican foliarmente (Gomero, 1999).

Los desechos líquidos que resultan de la descomposición anaeróbica de los estiércoles funcionan como reguladores del crecimiento de las plantas, se ha comprobado que aplicados foliarmente a los cultivos en concentración de 20 y 50% estimulan el crecimiento, mejoran la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas.

Las mismas pueden ser aplicadas al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular. Los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Cuchman y Riquelme (1993) mencionan que los abonos o biofertilizante líquidos son los fertilizantes a corto plazo por excelencia, se usan principalmente como complementos del riego y para corregir deficiencias en aplicaciones foliares. No hay que desconocer de sus excelentes propiedades preventivas y repelentes contra hongos y plagas en general.

Quispe (2003) indica que funcionan como reguladores del crecimiento de las plantas. Pueden ser aplicados al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular. Los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

3.16.1. Cualidades del abono líquido

Según Restrepo (2001), el abono líquido actúa como repelente fungicida foliar, tiene las propiedades de las hormonas de crecimiento vegetal y mejora la vida en el suelo, además desarrollan resistencia a las enfermedades de origen viral. Los cultivos responden bien al abono líquido, incluso en suelos contaminados e inactivados por el uso de venenos, cuando se aplica en cultivos deficientes nutricionalmente, el efecto de la aplicación es visible a las 24 horas. Para la aplicación del abono líquido es preferible utilizar hojas de leguminosas, por su elevado contenido de nitrógeno.

3.16.2. Efecto del abono orgánico líquido sobre el desarrollo de los cultivos

La presencia de biofertilizante actúa regulando la movilización de almidones y azúcares en las plantas, importantes para mantener el estado de equilibrio nutricional en los vegetales, lo que favorece al aumento de la resistencia contra el ataque de insectos plaga y enfermedades (Restrepo, 2001).

3.17. Biodigestor

El Biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaeróbica de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar, éste en biogás y fertilizante líquido, el biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas o iluminaciones y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere electricidad (Marti, 2008).

El biodigestor es un tipo de birreactor en condiciones anaeróbicas diseñado para propiciar un ambiente adecuado a las bacterias que degradan la materia orgánica convirtiéndolo finalmente en biogás y dejando efluentes utilizados como fertilizantes líquidos agrícolas (Marti, 2008)

3.17.1. Tipos de biodigestores

Según Schlafli (2010) clasifica a los biodigestores de acuerdo al tipo de alimentación:

- *Sistemas discontinuos*, conocidos también como de carga fija ya que se carga solo una vez en forma total y luego se cierra herméticamente por unos 20 a 50 días, donde se descarga después que deje de producir gas. El modelo tipo Batch es el más conocido de este sistema.
- *Sistema semicontinuo*, son pequeños o de mediana escala, de uso urbano o rural, presenta buena eficiencia de producción de biogás diaria. Los modelos que destacan en este sistema son el tipo Hindú, Chino y otro de menor costo del tipo manga de polietileno interior, son grandes sistemas sofisticados, donde emplean equipos comerciales para alimentarlos, dando calefacción, agitación y control.

3.17.2. Ventajas y desventajas

Álvarez (2010), señala las siguientes ventajas del uso del Biol.

- Se puede elaborar en base a insumos que se encuentran en la comunidad.

- No tiene una receta fija, los insumos pueden variar de acuerdo a la disponibilidad del agricultor.
- Estimula el trabajo de los microorganismos benéficos del suelo.
- Su preparación es fácil y puede adecuarse a diferentes tipos de envase.
- Promueve las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas.
- Permite un mejor desarrollo de raíces, hojas, flores y frutos.
- Es de rápida absorción para las plantas, por su alto contenido de hormona de crecimiento vegetal, aminoácidos y vitaminas.
- Bajo costo y se puede preparar en la parcela.
- Mejora el vigor del cultivo y le permite soportar una mayor eficiencia de plagas, enfermedades y los efectos adversos del clima.

El mismo autor indica algunas desventajas que se muestran a continuación:

- Tiene un largo tiempo de preparación: entre dos y tres meses. Esto hace necesario planificar su producción anticipadamente, dependiendo de las necesidades del abono.
- En grandes extensiones de terreno, es necesaria una mochila para su aplicación.

3.17.3. Formación del biol

Suquilanda (1996), manifiesta que para conseguir un buen funcionamiento del digestor, debe cuidarse la calidad de la materia prima o biomasa, la temperatura de la digestión (25 a 35 °C), la acidez (pH) que debe estar alrededor de 7.0 y las condiciones anaeróbicas del digestor que se da cuando esté herméticamente cerrado. Es importante considerar la relación de materia seca y agua que implica el grado de partículas en la solución. La cantidad de agua debe

normalmente situarse alrededor del 90% en peso del contenido total. Tanto el exceso como la falta de agua son perjudiciales. La cantidad de agua varía de acuerdo con la materia prima destinada a la fermentación.

3.18. Biol

Es un abono orgánico líquido, una mezcla líquida elaborado por descomposición o fermentación en ausencia de oxígeno o anaeróbica, cuyo producto es un residuo líquido y otro sólido. El residuo líquido es el biol, que se utiliza como fertilizante foliar (Estrada, 2007).

El biol es un abono natural, denominado también biofertilizante líquido, puede ser utilizado para diferentes cultivos, principalmente hortalizas, y plantas de ciclo cortó. En plantas que ha sufrido daños por heladas, granizadas, bajas temperaturas, quemaduras de diferente naturaleza y en plantas desnutridas, los efectos del biol son muy rápidos y verificables (Estrada, 2007).

Álvarez (2010), menciona que es un abono foliar orgánico, también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol, residuos de cosecha). El mismo autor indica que el biol contiene nutrientes de valor nutritivo que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas.

3.18.1. Ventajas y desventajas del biol

3.18.1.1. Ventajas

- El biol no es tóxico y no contamina el medio ambiente
- Tiene bajo costo de producción
- Es fácil de elaborar
- Mejora el vigor de los cultivos y le permite soportar con mayor eficacia los ataques de plagas y enfermedades y los efectos adversos del clima (sequías, heladas, granizadas).

- Es rápida absorción para las plantas, por su alto contenido de hormonas de crecimiento vegetal, aminoácidos y vitamina (Arana, 2011).

3.18.1.2. Desventajas

- Tiene un periodo de elaboración de 3 a 4 meses, así que se tiene que planificar su producción en el año para encontrar follaje verde de los insumos y poder usarlo durante la campaña agrícola, (Arana, 2011)

3.18.2. Uso del biol

El uso del biol es principalmente como promotor y fortalecedor del crecimiento de la planta, raíces y frutos gracias a la producción de hormonas vegetales, las cuales son desechos del metabolismo de las bacterias típicas de este tipo de fermentación anaeróbico que no se presenta en el compost. Estos beneficios hacen que se requiera menor cantidad de fertilizante mineral u otro empleado, (Aparcana, 2008).

3.18.3. Método de aplicación

Las soluciones de biol al follaje, deben aplicarse en los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas con unos 400 a 800 lt/ha dependiendo de la edad del cultivo y empleando boquillas de alta presión en abanico (Goytia, 2007).

Este fitoestimulante líquido cuando se aplica al follaje, debe realizarse en momentos de mayor actividad fisiológica mediante la aplicación de aspersiones (Goytia, 2007).

Colque, *et al.* (2005), indican que su aplicación con parte efluente puede ser dirigidos al follaje, y con el lodo se puede aplicar al suelo, a la semilla y/o a la raíz.

3.19. Nutriente

Un nutriente es un elemento constitutivo de las sustancias alimenticias, ya sean de procedencia vegetal o animal, que ayuda a mantener la vida. Un nutriente puede

ser un elemento simple como el hierro o la proteína puede ser un compuesto químico (Church y Pond, 1992).

3.19.1. Clasificación de los nutrientes

De acuerdo a Cañas (1995) los nutrientes se pueden clasificar en:

- Según su origen en: (Carbohidratos, Grasas, Proteínas, Vitaminas), e inorgánicos (Agua, Sales minerales).
- Según su Misión Principal: (Carbohidratos y Lípidos), Plásticos y energéticos (Proteínas), Biorreguladores (Macro elementos minerales).

3.19.2. Valoración nutritiva de los alimentos

La composición química de los alimentos indica la calidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (aunque no de su disponibilidad para el animal), así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad (Church, 1988).

3.20. Análisis bromatológico

En análisis bromatológico es el más utilizado para determinar las sustancias alimenticias, pueden presentarse como el esquema químico utilizando frecuentemente para la descripción de un alimento, aunque este análisis posee limitaciones como indicador de propiedades nutritivas (Boada, 1998).

3.21. Nutrición foliar

3.21.1. Absorción de nutrientes mediante las hojas

Los nutrientes se aplican a las hojas porque pueden penetrar la cutícula por difusión. Estos atraviesan la cutícula, penetrando a la hoja a través de las células de la epidermis por unas finas estructuras submicroscópicas, que se extienden desde la superficie interna de la cutícula hasta la membrana citoplasmática a través de las paredes celulares de la epidermis. Una vez que el nutriente está en contacto

con la membrana citoplasmática de la célula, el mecanismo de entrada es similar al que ocurre en las células de las raíces (Armas, 1988).

La absorción de los elementos minerales por parte de las plantas mediante las raíces requiere en la mayor parte de los casos un gasto de energía metabólica para que estos penetren, en contra del gradiente de concentración, en las células (Vásques y Torres, 1985).

No obstante, existe cierta parte de los elementos que puede penetrar las plantas de forma pasiva, sin gasto de energía. La entrada de muchos nutrientes en la vacuola de la célula requiere del concurso de sustancias transportadoras, las teorías que implican el paso de elemento con gasto de energía hacia la célula son: la teoría de Lundegardh o “bomba de los citocromos”, la teoría del mecanismo de absorción con intervención de ATP y la teoría de las enzimas de transporte; las dos últimas parecen ser las más aceptadas (Vásques y Torres, 1985).

La efectividad de la fertilización foliar en gran medida de la calidad absorbida del elemento a través de la superficie (siendo importante la composición química de las hojas) y de su traslado por los conductos floemáticos, requerido en gasto de energía metabólica. Estos elementos nutritivos deben atravesar la cutícula, las paredes (primaria y secundaria) y la membrana plasmática hasta llegar al interior de la hoja (Rodríguez, 1989).

4. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en los predios de la Carrera de Ingeniería de Producción y Comercialización Agropecuaria de la Facultad de Agronomía-UMSA que se encuentra ubicado en el Municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz.

La ciudad de Viacha se encuentra aproximadamente a 22 km de la ciudad de La Paz con coordenadas geográficas, latitud – 16. 6478, longitud – 68. 2922, 16° 38` 52” Sur, 68°17`32” oeste (INE, 2010).

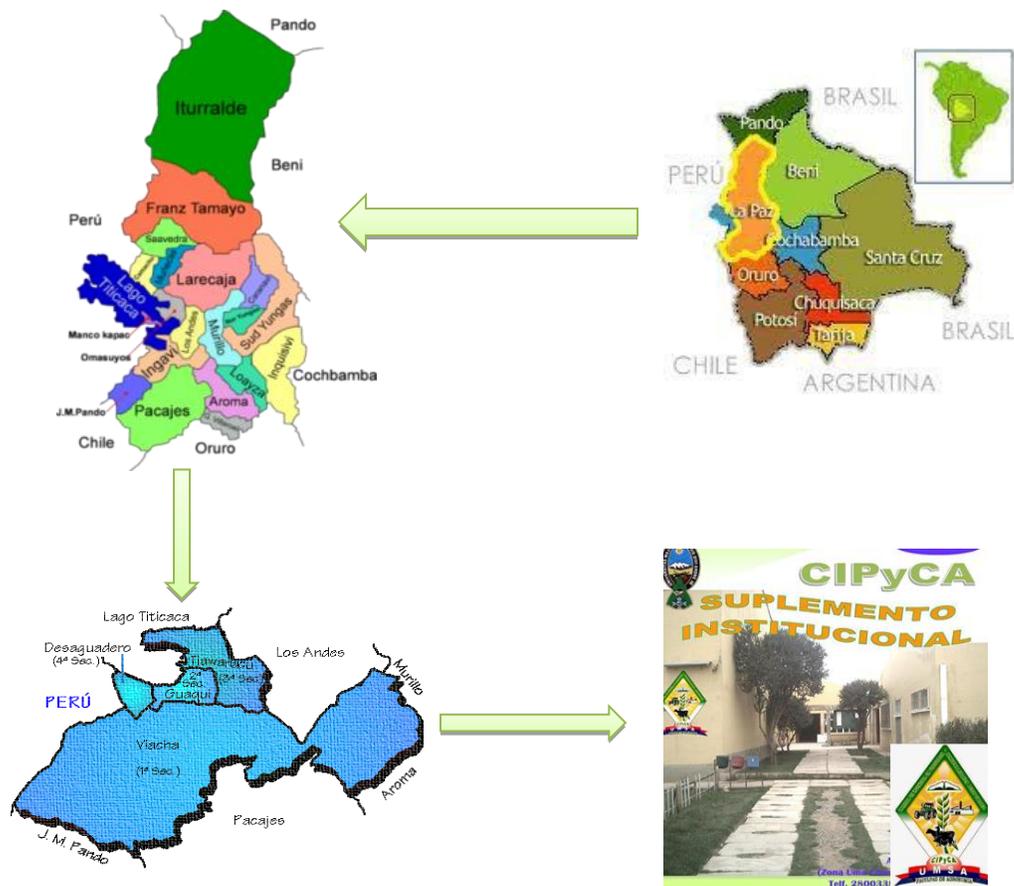


Figura 1 .Ubicación geográfica del área de estudio en la ciudad de Viacha

4.2. Características climáticas

4.2.1. Temperatura

La temperatura promedio es de 8.41°C, siendo la temperatura mínima absoluta de - 0.6°C, entre Junio a Julio, pero en ciertos años se registró temperaturas bajo cero incluso en épocas de lluvia en diciembre que es el más cálido del año, no se observa grandes fluctuaciones en relación a la temperatura máxima absoluta y esta es alrededor de 17.56°C,

4.2.2. Precipitación pluvial

La precipitación anual registrada presenta una distribución entre Noviembre y Febrero, con una media total de 524.60 mm por año, la estación húmeda se extiende generalmente durante cuatro meses, de Diciembre a Marzo, con el 70% de la precipitación pluvial.

La sequedad es casi absoluta de Mayo a Agosto, la estación seca es interrumpida entre Septiembre y Noviembre por algunos periodos lluviosos de corta duración (1 a 3 días), de manera general llueve por término medio un día cada tres durante el año y en el curso de los meses de Diciembre, Enero y Febrero, un promedio de dos cada tres días.

4.2.3. Sequia

Un periodo de 6 meses transcurre del mes de Junio hasta Noviembre, en esta época existe escases de agua tanto para el consumo humano y mucho mayor para los animales, esto depende mucho como han sido la caída las lluvias, en algunos años la cantidad de precipitación es mucho menor y por ello existe menos reservas de aguas subterráneas, que también afecta en gran manera a la producción agrícola y pecuaria.

4.3. Recursos bióticos

4.3.1. Flora

Desde el punto de vista Fito geográfico, el municipio entre sus principales variedades se presenta las siguientes en el cuadro 3.

Cuadro 3: Principales especies de flora nativas

Nombre común	Nombre científico
Thola	<i>Baccharis boliviensis</i>
Tara tara	<i>Fabiana densa</i>
Senecio sp	<i>Adesmia spp.</i>
Ñaka thola	<i>Baccharis spp.</i>
Thola de agua	<i>P. phyllicaeformis</i>
Kailla	<i>Tetraglochin cristatum</i>

Añahuaya	<i>Adesmia miraflorensis</i>
Ichu	<i>Stipa ichu</i>
Iru ichu	<i>Festuca orthophylla</i>
Chillihua	<i>Festuca dolichophylla</i>
Sillu sillu	<i>Lachemilla diplophylla</i>

4.3.2. Fauna

En el municipio se ha identificado una diversidad de especies que forman parte del ecosistema del lugar entre ellos se destacan en el cuadro 4.

Cuadro 4: Principales especies de fauna nativas

Nombre Común	Nombre científico
Águila (Mamani)	<i>Buteo poecilochorus</i>
Zorros (Kamake)	<i>Canis culapeus</i>
Cuy silvestre	<i>Cavia spp.</i>
Lagarto	<i>Leolaemus alticolor</i>
Lechuza	<i>Tyto alba</i>
Liebre	<i>Orytalagus cuniculus</i>
María	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>
Paloma	<i>Haematopus spp.</i>
Sapo	<i>Bufo spinulosus</i>
Vibora	<i>Vipera spp.</i>
Vicuña	<i>Vicugna</i>

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material vegetal

Semillas de maíz forrajero variedad Pairumani compuesto-10

5.1.2. Material de campo

Los materiales que se utilizaron en el trabajo fueron:

- Bandejas de madera cubiertas con plástico

- Termómetro de máximas y mínimas
- pistola de agua para riego
- 4 Botellas desechables (2 litros) (4 unidades)
- Nylon negro
- Solución nutritiva (biol)
- Desinfectante (hipoclorito de sodio)
- Flexometro
- Implementos de limpieza
- Balanza electrónica
- Estante de bandejas de FVH
- Cámara fotográfica

5.1.3. Material de laboratorio

Los materiales que se utilizaron en el laboratorio para obtener la materia seca fueron:

- Mufla
- Sobres manila
- Balanza electrónica
- Marcador para marcar

5.1.4. Material de gabinete

Los materiales de gabinete utilizados fueron los siguientes:

- Planillas de registro
- Tablero
- Computadora
- Lápices
- Bolígrafos
- Flash USB

5.2. Metodología de campo

5.2.1. Instalación del ambiente hidropónico

El presente trabajo de investigación se realizó en ambiente atemperado del módulo de hidroponía del CIPyCA.

a) Adecuación del ambiente

El ambiente de forraje verde hidropónico cuenta con dimensiones 10 m de largo por 5 m de ancho y con una altura de 4m.

Antes de iniciar con el trabajo de investigación en dicho ambiente, se realizó el arreglo del ambiente con el colocado de puerta y el sellado con estuco de las aberturas que existía, esto para evitar que haya cruce de aire y que el ambiente mantenga una temperatura homogénea.

b) Instalación del estante de FVH

Para la producción de forraje verde hidropónico de maíz se utilizó el estante con la que cuenta el módulo de hidroponía.

c) Construcción de las bandejas de producción

Se realizó la construcción de las bandejas para la producción de FVH, para ello se utilizó madera y nylon.



Figura 2. Construcción de bandejas

d) Desinfección de las bandejas

Una vez terminado la construcción de las bandejas se realizó la desinfección de las bandejas con hipoclorito de sodio al 2% y cal viva, esto para esterilizar las bandejas y así evitar la proliferación de alguna enfermedad que pueda perjudicar el normal desarrollo del forraje verde hidropónico.



Figura 3. Desinfección de bandejas

El forraje verde hidropónico de maíz se instaló en bandejas de madera de 0,25 m² forrada con nylon, con dimensiones de 0,64 m de largo, 0,4 m de ancho y 0,08 m de altura. Las bandejas se establecieron en un estante de metal.

5.2.2. Selección de semilla

Las semillas se sometieron a un proceso de selección para retirar impurezas como: piedras, basura, tierra y semillas partidas los que luego se convierten en fuente de contaminación, semillas de otras plantas que se pudieron haber mezclado en la cosecha.

5.2.3. Lavado y desinfección de semilla

Se procedió a sumergir el maíz en un balde con agua para lavar y retirar algunas impurezas que pudo haber quedado. Se hizo el lavado de la semilla con agua a temperatura ambiente cambiando el agua varias veces hasta que esta quede clara y la semilla limpia.

El lavado de semillas tiene como objetivo eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlos de residuos y dejarlos limpios (Rodríguez, Chang, Hoyos, 2000)

Posteriormente se realizó la desinfección de las semillas de maíz, para ello se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio al 2%, diluyendo 500 ml de hipoclorito de sodio en 10 litros de agua, el tiempo que se dejó las semillas sumergidas fue de diez minutos y finalmente se procedió a lavar las semillas con agua limpia.



Figura 4. Lavado de la semilla de Maíz

5.2.4. Remojo y etapa de pre germinación

Según Hidalgo, 1985. Luego de realizar la desinfección de la semilla, se procede a colocar las semillas en una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un tiempo no mayor a las 24 horas para lograr una completa inhibición. Este tiempo se divide a su vez en dos periodos de doce horas cada uno, a las 12 horas de estar sumergidas las semillas se realiza el oreado durante 1 hora. Acto seguido se procede nuevamente a sumergirlas en agua limpia y continuar con el

remojo durante 12 horas más para luego volver a realizar el oreado. Con este proceso se induce a la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que efectuó al embrión



Figura 5. Remojo de las semillas de Maíz

5.2.5. Siembra

Para la siembra se distribuyó una delgada capa de las semillas pre germinado en las bandejas, el cual no sobrepaso los 1,5 cm de espesor. A una densidad de siembra de 3.5 kg/m², y por bandeja de 0,25 m² se sembró 0,80 kg de semilla.



Figura 6. Siembra de las semillas en bandejas



Figura 7. Disposición de las bandejas de forma aleatoria

Una vez que se realizó la siembra de las semillas pre germinadas, se procedió a cubrir las semillas con papel periódico mojado con el fin de proporcionarles humedad, seguidamente las bandejas son cubiertas con plástico de polipropileno negro, esto para que las semillas estén en ambiente oscuro en el lapso del tiempo que transcurre desde la siembra hasta la germinación o brotación. Mediante esta técnica se le proporciona a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y el crecimiento inicial.



Figura 8. Colocado de papel periódico para que las semillas mantengan humedad



Figura 9. Ambiente oscuro para inducir el crecimiento de las semillas

5.2.6. Fase de producción

La fase de producción se dio inicio con el quinto día, en el que se destapo las bandejas y se observó que las semillas han germinado en su mayoría y se observa el desarrollo de las raíces, en este periodo solamente se efectuaron pequeños rocíos con agua 3 veces al día, utilizando un atomizador manual para poder mantener la humedad de las semillas y estimular su mayor desarrollo.



Figura 10. Germinación de las semillas de Maíz



Figura 11. Aplicación de Riego a las bandejas

5.2.6.1. Recolecta de biol-bovino

La recolección del biol-bovino se realizó de la Universidad Católica del municipio de Tiahuanaco, se recolecto en bidones de 20 litros para posteriormente filtrarlos y aplicarlo a forraje.

5.2.6.2. Riego en las bandejas

Una vez realizada a siembra en las bandejas, se procedió a realizar el riego para ello se utilizó una pistola de agua de forma nebulizadora de 2 litros, durante los primeros 5 días se des pues de la siembra se realizó el riego solamente con agua.

El volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales dentro del ambiente de producción de FVH. Uno de los

indicadores que se debe tomar en cuenta es que no se debe aplicar el riego cuando las hojas del cultivo se encuentren levemente húmedas al igual que su masa radicular (Sánchez, 1997).

A partir del sexto día se procedió a aplicar el abono orgánico biol-bovino diluyendo en agua al 20%, 40% y 60%. La aplicación se realizó 3 veces en el día en horas 09:00, 12:00 y 17:00 pm. El último riego de la tarde se lo realizo solo con agua.



Figura 12. Aplicación de riego con Biol - bovino a las bandejas

5.2.7. Cosecha

Al finalizar el trabajo de estudio, se realizó la cosecha del forraje verde hidropónico de maíz en el día 25, cuando la parte aérea del forraje llego alcanzar entre los 25 a 28 cm de altura en promedio, se realizó la recolecta de las bandejas y al mismo tiempo se midió y peso para la posterior evaluación de las demás variables que se plantearon para la investigación.



Figura 13. FVH listo para la cosecha

5.3. Diseño experimental

El diseño que se utilizó en esta investigación fue el diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos incluyendo el testigo y tres repeticiones haciendo un total de doce unidades experimentales, se utilizó este diseño por existir condiciones ambientales homogéneas dentro del ambiente controlado (Calzada, 1982).

5.3.1. Modelo lineal aditivo

El diseño estadístico tiene el siguiente modelo lineal.

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

X_{ij} : una observación cualquiera

μ : media poblacional

α_i : efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} : error experimental

5.3.2. Factores de estudio

El presente trabajo de investigación se basa en el factor de tres niveles de Biol – Bovino los cuales se detallan en el cuadro 5, que se muestran a continuación.

Cuadro 5. Factor y niveles de estudio

Tratamiento	de biol	(lt) DE BIOL
T1	0%	0
T2	20%	0,4
T3	40%	0,8
T4	60%	1,2

5.3.3. Croquis del diseño experimental

En la figura 14 se muestra la disposición de los tratamientos y sus repeticiones de acuerdo al arreglo del diseño experimental.

Figura 14. Disposición de las bandejas con los respectivos tratamientos y sus repeticiones de producción de forraje verde hidropónico.



5.4. Variables de respuesta

5.4.1. Porcentaje de germinación (%)

Para evaluar el porcentaje de germinación se comenzó a tomar los datos a partir del cuarto día al octavo día, se realizó el conteo del número de semillas germinadas de cada unidad experimental haciendo un conteo de cien semillas entre germinadas y no germinadas y seguidamente se realizó una operación matemática de regla de tres el porcentaje de las no germinadas y con diferencia con el 100% para poder representarlas en porcentaje, de la misma manera se hizo para las tres repeticiones por bandeja de cada tratamiento.

5.4.2. Altura de planta (cm)

Para determinar la altura de la planta se tomó de forma aleatoria 10 plantas de la región central de cada unidad experimental y se procedió a medir (cm) con una regla desde la base del grano hasta la última hoja apical, este registro de dato de altura se realizó a partir del décimo día hasta la cosecha.

5.4.3. Longitud de raíz (cm)

Para tomar los datos de esta variable, se utilizó las mismas plantas evaluadas de la variable altura de planta. Este procedimiento consistió en medir la longitud de la raíz (cm), desde el cuello hasta la punta de la raíz, haciendo el uso de una regla milimétrica, este dato se tomó de cada unidad experimental.

5.4.4. Rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (kg/m²)

Se determinó el rendimiento de forraje verde hidropónico de maíz el día de la cosecha, para ello se hizo el pesaje del forraje de cada tratamiento, utilizando una balanza de 5 kg, haciendo una relación en rendimiento de kilogramo por metro cuadrado.

5.4.5. Rendimiento de materia seca (kg/m²)

Para obtener el dato de materia seca (MS), se tomó como muestra 300 gr del forraje verde hidropónico de maíz de cada unidad experimental y se los coloco en sobres manila debidamente identificados para luego llevarlos a la mufla a 105 °C por 48 horas, luego de esto se procedió a pesar la materia seca en una balanza.

5.4.6. Análisis bromatológico

La determinación del análisis bromatológicos realizó a partir de muestras enviadas al Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnostico e Investigación en Salud (SELADIS) de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas (UMSA).

5.4.7. Costos de producción

Los costos de producción consistió en el cálculo de la relación beneficio costo de la producción de forraje verde hidropónico de maíz, teniendo en cuenta los costos parciales de producción, beneficios brutos y netos, sugeridos por Perrin (1988), que propone una metodología sobre el presupuesto parcial como una herramienta útil para determinar las implicaciones económicas y bajo condiciones de manejo agro ecológico utilizando formulas (Castro 2007).

5.4.7.1. Relación beneficio costo

La regla básica del beneficio/costo (B/C), es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ($B/C > 1$), es aceptable cuando es igual a a unidad ($B/C = 1$) y no es rentable si el beneficio es menor a la unidad ($B/C < 1$) (PROIPA, 1995).

Se determinó el ingreso bruto, ingreso neto y la relación beneficio costo mediante la siguiente ecuación:

a) Ingreso bruto (IB)

$$I.B = R * P$$

Dónde:

R: Rendimiento

P: Precio del producto

b) Ingreso neto (IN)

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

Dónde:

I.B. = Ingreso Bruto

C = Costo de Producción

c) Relación beneficio costo (B/C)

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

Dónde:

I.B. = Ingreso Bruto

C = Costo Total

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos y con el objeto de mostrar los rendimientos del forraje verde hidropónico de maíz según su densidad de siembra y bajo un sistema hidropónico, se describe los factores que influyen en la producción para luego determinar el rendimiento de FVH por superficie y realizar el análisis de los costos parciales de producción parciales.

6.1. Descripción de temperaturas durante la producción de FVH de maíz

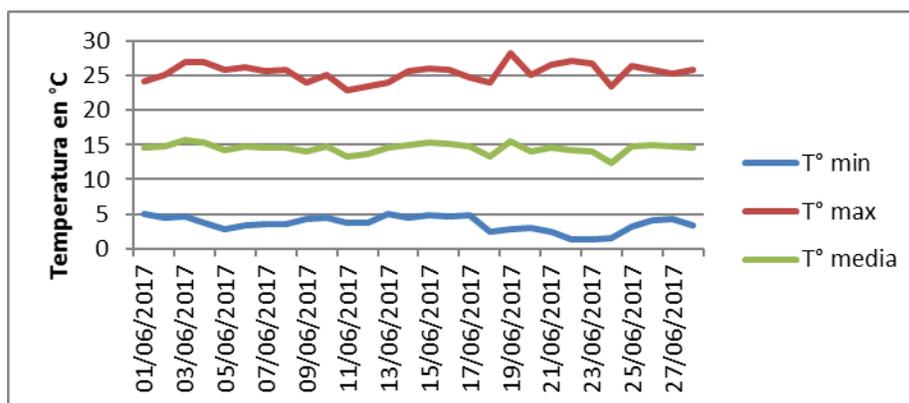


Figura 15. Temperaturas de máximas y mínimas en el lugar de investigación

En la figura 15 se puede ver la variación de la temperatura durante la producción del forraje durante el tiempo del trabajo de investigación. Se puede ver el rango de las temperaturas dentro de la instalación con temperatura en promedio mínima de 3,7 °C, temperatura media de 15,08 °C y temperatura máxima de 26,4 °C.

A respecto la FAO (2001), menciona que las temperaturas óptimas para la producción de forraje verde hidropónico esta entre los 18 y 20 °C, con temperaturas máximas y mínimas de 29 y 5 °C respectivamente.

6.2. Descripción de las características del abono orgánico

6.2.1. Descripción de las características del biol- bovino puro

En el cuadro 6 se presenta los resultados del análisis químico del biol-bovino puro obtenido del laboratorio de calidad ambiental del Instituto de ecología, de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA.

Cuadro 6. Resultados del análisis químico del Biol - Bovino puro

Parámetro	Unidad	Valor
pH		8,3
Fosforo total	MgP-PO ₄ /l	20
Nitrógeno total	mg/l	377
Potasio	mg/l	1396

Según los estudios realizados al abono líquido (biol-bovino), se determinó un pH de 8,3 lo que indica que es ligeramente alcalino, lo cual no puede afectar directamente al crecimiento de las plantas, a excepción de los valores extremos el cual puede producir algún daño en las raíces (Tinus, 1980).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio se obtuvo 377 mg/l de Nitrógeno total y 20 mg/l Fosforo total, presentan un contenido bajo, lo cual indica que el aporte de nitrógeno total y Fosforo total del abono líquido (Biol - bovino puro) al forraje verde hidropónico no es significativo. Asimismo el Potasio con un contenido de 1396 mg/l, presenta un contenido alto lo que nos indica que el aporte de potasio del biol bovino puro al forraje verde hidropónico de maíz es significativo.

Fuentes (1999), indica que cuando se utiliza fertilizantes foliares no se suele aplicar la cantidad exacta de nitrógeno, fosforo y potasio, debido a que para suministrar la cantidad requerida haría falta hacer un número elevado de aplicaciones, estas pulverizaciones se pueden considerar únicamente como un complemento del abonado del suelo.

6.2.2. Descripción de las características del biol - bovino dosis 20 %

En el cuadro 7 se presenta los resultados del análisis químico del biol - bovino al 20% obtenido del laboratorio de calidad ambiental del Instituto de ecología, de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA.

Cuadro 7. Resultados del análisis químico del Biol - Bovino a dosis 20 %

Parámetro	Unidad	Valor
pH		7,6
Fosforo total	mg/l	4,8
Nitrógeno total	mg/l	39
Potasio	mg/l	257

Según los estudios realizados al abono líquido (biol - bovino), a la dosis 20% de biol se determinó un pH de 7,6 lo que indica que es ligeramente alcalino, lo cual no puede afectar directamente al crecimiento de las plantas, a excepción de los valores extremos el cual puede producir algún daño en las raíces.

Según Chilón (1997), señala que los niveles de pH de 5.0 a 8.5 son considerados normales ya que en estos rangos las gramíneas se desarrollan bien, de acuerdo a estos parámetros el pH del estiércol porcino se encuentra en este rango con 6.01 de esta manera se consideró que el estiércol porcino descompuesto es favorable para utilizarlo como abono orgánico para cultivar maíz.

Fuentes (1999), indica que cuando se utiliza fertilizantes foliares no se suele aplicar la cantidad exacta de nitrógeno, fosforo y potasio, debido a que para suministrar la cantidad requerida haría falta hacer un número elevado de aplicaciones, estas pulverizaciones se pueden considerar únicamente como un complemento del abonado del suelo.

6.2.3. Descripción de las características del Biol - bovino a dosis 40%

En el cuadro 8 se presenta los resultados del análisis químico del biol - bovino al 40% obtenido del laboratorio de calidad ambiental del Instituto de ecología, de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA.

Cuadro 8. Resultados del análisis químico del Biol - Bovino a dosis 40 %

Parámetro	Unidad	Valor
pH		7,0
Fosforo total	mg/l	5,6
Nitrógeno total	mg/l	73
Potasio	mg/l	466

Según los estudios realizados al abono líquido (biol - bovino), a la dosis 40% de biol se determinó un pH de 7,0 lo que indica que es neutro, lo cual no puede afectar directamente al crecimiento de las plantas, a excepción de los valores extremos el cual puede producir algún daño en las raíces.

Según Chilón (1997), señala que los niveles de pH de 5.0 a 8.5 son considerados normales ya que en estos rangos las gramíneas se desarrollan bien, de acuerdo a estos parámetros el pH del estiércol porcino se encuentra en este rango con 6.01 de esta manera se consideró que el estiércol porcino descompuesto es favorable para utilizarlo como abono orgánico para cultivar maíz.

Fuentes (1999), indica que cuando se utiliza fertilizantes foliares no se suele aplicar la cantidad exacta de nitrógeno, fosforo y potasio, debido a que para suministrar la cantidad requerida haría falta hacer un número elevado de aplicaciones, estas pulverizaciones se pueden considerar únicamente como un complemento del abonado del suelo.

6.2.4. Descripción de las características del Biol - bovino a dosis 60 %

En el cuadro 9 se presenta los resultados del análisis químico del biol-bovino a dosis 60% obtenido del laboratorio de calidad ambiental del Instituto de ecología, de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA.

Cuadro 9. Resultados del análisis químico del Biol - Bovino a dosis 60 %

Parámetro	Unidad	Valor
pH		9,0
Fosforo total	mg/l	15
Nitrógeno total	mg/l	190
Potasio	mg/l	757

De acuerdo al resultado físico - químico obtenido por el laboratorio de Calidad ambiental se tiene la siguiente interpretación:

El pH registrado en el análisis del abono orgánico del biol - bovino a dosis 60 % fue de 9,0 se determina a su vez que es ligeramente alcalino, por lo que es una sustancia básica (menor concentración de iones de H⁺), tiene poco efecto en la nutrición de los minerales en la planta, como el pH es > a 7,5 incrementa su potencial de asimilación de nutrientes.

El análisis físico - químico del abono líquido (biol - bovino) tiene como propósito determinar el contenido de macro y micronutrientes que son esenciales para el desarrollo de las plantas.

Chilón (1997), señala que es importante la fertilización nitrogenada en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, en plantas la respuesta a este tipo de fertilización se caracteriza por poseer una buena cantidad de clorofila que es indispensable para que se realice la función fotosintética, buena síntesis y asimilación de productos orgánicos y una óptima velocidad de crecimiento, siendo que el FVH es de producción rápida se requiere niveles de nitrógeno óptimos.

6.3. Variables de respuestas

6.3.1. Porcentaje de germinación

En el cuadro 10 se observa el análisis de varianza para el porcentaje de germinación.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Sig.
Tratamientos	t-1=3	16,33	5,44	2,11	0,177	NS
Error	t (r-1)=8	20,66	2,58			
Total	t*r-1=11	37.00				

C.V. 1,79%

De acuerdo al cuadro 10 el análisis de varianza para el porcentaje de germinación se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas entre abonos orgánicos, debido a que en esta etapa de producción no se aplicaron los abonos orgánicos. Por lo tanto no influyen los abonos orgánicos en el porcentaje de germinación.

El coeficiente de variación fue de 1,79 %, que indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Se llegó a determinar que existe un elevado porcentaje de germinación, al utilizar una densidad de 3,5 kg/m² de semilla, alcanzando como dato promedio de 89.4 % de germinación para las 12 bandejas.

Estos resultados se deben al buen manejo de la siembra al distribuir las semillas de maíz de manera adecuada en las bandejas. También se debe al área oscura la cual acelera la germinación de las semillas brindando oscuridad, previniendo que las bandejas tengan ventilación y retengan humedad para acelerar su germinación en el área oscura.

Los resultados de la presente investigación son similares a los reportados por León (2005), quien al cultivar FVH de maíz, con diferentes periodos de luz y soluciones nutritivas, determino porcentajes que van de 60,68 a 94,55 % de germinación.

Paucara (2012), Menciona que al aplicar 3 kg/m² se registró un elevado porcentaje de germinación, con una media de 93,33%, se obtiene menor porcentaje de germinación al aplicar 2 kg/m² con una media de 90,92% quien considera que estos buenos porcentajes se dan a un buen manejo de densidades de siembra en las bandejas.

La semilla no debe tener un porcentaje inferior al 75% para evitar pérdidas en los tratamientos de FVH, por lo tanto se deben utilizar semillas de alto porcentaje de germinación (Gallardo, 2000).

Al igual que en el caso del maíz, cuando se utiliza dosis de siembra altas, la retención de humedad es mayor, lo que asegura un buen porcentaje de germinación.

6.3.2. Altura de planta

Cuadro 11. Promedios de altura de planta (cm) del FVH de maíz, con niveles de biol - bovino

Niveles de Biol – Bovino	0%	20%	40%	60%
TRATAMIENTOS	T1	T2	T3	T4
ALTURA DE PLANTA (cm)	22.10	26.99	24.93	18.76

En el cuadro 11 se muestra la altura de planta expresados en cm obtenidos con diferentes niveles de biol, el valor más alto se obtuvo en el tratamiento 2 (incorporación de biol- bovino al 20 %) sobre sale con 26.99 cm de altura de planta, seguido del tratamiento 3 (con 40% de biol - bovino), con 24.93 cm, los tratamientos con bajas alturas fueron los tratamientos 4 (60% de biol - bovino) con 18.76 cm y el tratamiento 1(0% de biol- bovino) con 22.10 cm.

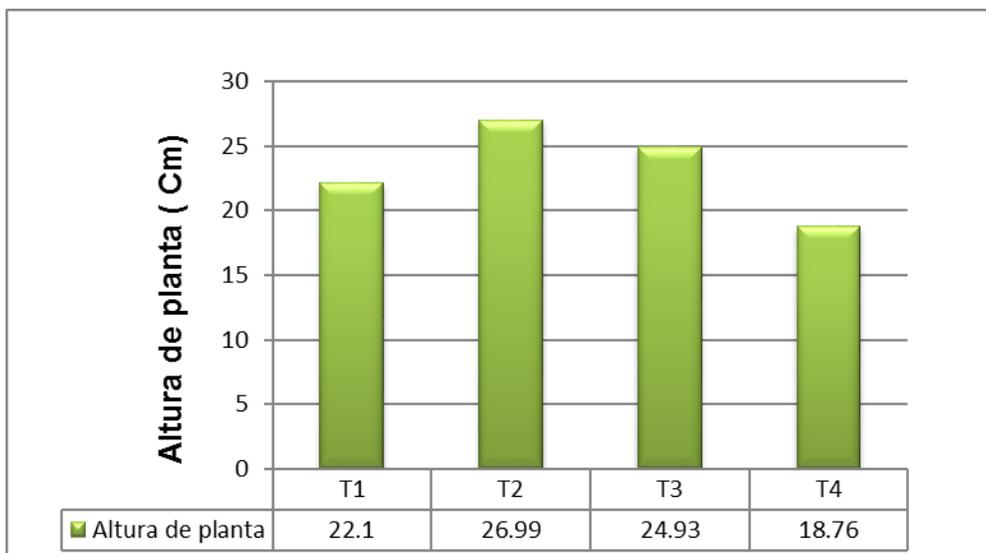


Figura 16. Variación de altura entre los Niveles de Biol

En la figura 16 se refleja los datos de la altura de planta en promedio entre los niveles de Biol, en el cual el T2 (20% de biol – bovino) presento mayor crecimiento 26,99 cm de altura, sin embargo así mismo se ve que el T4 (60% de biol – bovino) es el que presento menor crecimiento con 18.76 cm de altura.

Estos resultados se deben a que el nitrógeno en los abonos orgánicos es un elemento móvil dentro de la planta, y es transferido hacia el follaje y es esencial para promover un alto rendimiento y mantener saludable a la planta durante el período vegetativo. El N es absorbido por las raíces de las plantas casi exclusivamente en forma de iones de NO_3^- y en forma de amonio NH_4^+ . Una vez absorbidos por las raíces y translocados por medio del xilema a la parte aérea de la planta, los nutrientes pueden ser transferidos al floema o depositados en la raíz o células de las hojas (Aguirre, 2013).

El forraje Verde hidropónico es un suculento forraje de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de plena amplitud comestible para nuestros animales. (Palomino, 2008).

Para una evaluación estadística se realizó el análisis de varianza de altura de planta del forraje verde hidropónico en cm (Cuadro N°12) donde no se detectó diferencias significativas en los niveles de biol con una probabilidad del 5%.

Cuadro 12. Análisis de varianza de altura de planta en cm de forraje verde hidropónico del maíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	115.006	38.33	2.59	0,125	NS
Error	8	118.46	14.84			
Total	11	233.47				

Coefficiente de variación = 16.59%

En el cuadro 12 se observan los resultados de análisis de varianza se llegó a determinar que no existen diferencias significativas en los tratamientos de estudio, esto indica que trabajar con diferentes niveles de biol no permite obtener diferentes alturas de planta en el forraje verde hidropónico de maíz.

Por lo tanto no es necesario realizar la prueba de medias de Duncan.

El coeficiente de variación fue de 16.59 %, que indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un excelente manejo de las unidades experimentales.

6.3.3. Longitud de raíz

Esta variable fue medida en centímetros, desde la parte vegetativa del cuello de la planta hasta la finalización de la raíz para todos los tratamientos.

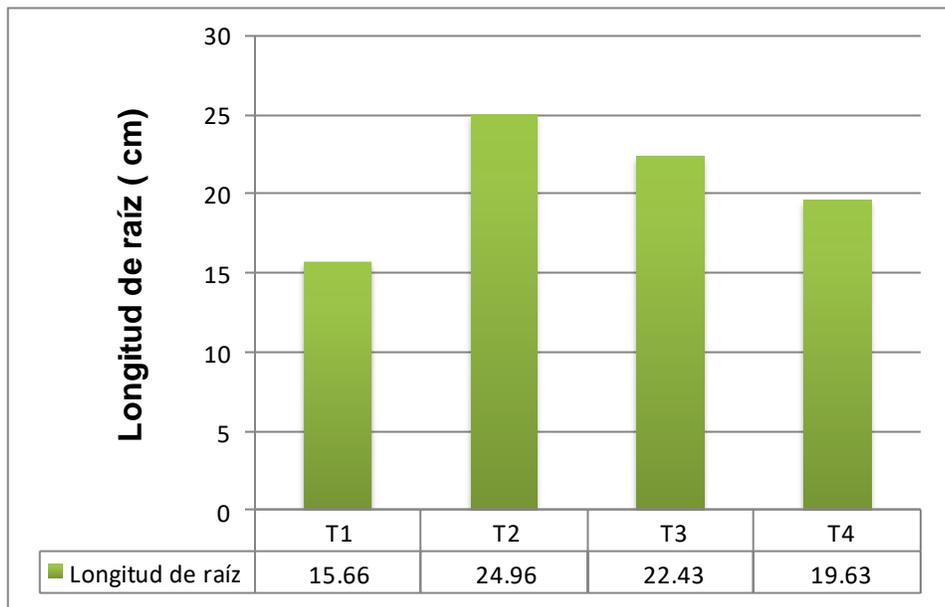


Figura 17. Promedios de la longitud de raíz de cada tratamiento

En la figura 17 se refleja los datos de longitud de raíz en promedio entre los niveles de Biol, en el cual el T2 (20% de biol – bovino) presento mayor longitud con 24,96 cm, sin embargo así mismo se ve que el T 1 (0% de biol – bovino) es el que presento menor longitud de raíz con 15,66 cm.

Cuadro 13. Análisis de varianza para longitud de raíz del forraje verde hidropónico de maíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	143.03	47.67	95.20	0,001	**
Error	8	4.06	0.500			
Total	11					

Coefficiente de variación = 3.42%

En el cuadro 13 se observan los resultados de análisis de varianza se llegó a determinar que existen diferencias altamente significativas en los tratamientos eso

quiere decir que los diferentes niveles de biol - bovino permiten lograr diferentes longitudes de raíz. Por lo tanto se recomienda realizar la prueba de Duncan.

El coeficiente de variación fue de 3.42 %, que indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un excelente manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 14. Prueba de Duncan de la longitud de raíz del forraje verde hidropónico de maíz

Duncan	Media (Cm)	N	Tratamiento Niveles de biol	
A	24.96	3	20%	T2
B	22.43	3	40%	T3
C	19.63	3	60%	T4
D	15.66	3	0%	T1

En el cuadro 14, se observa la prueba de Duncan a 5%, el efecto especificativo para la variable niveles de Biol, la aplicación al 20% de biol es la más recomendable registrando una longitud mayor de 24.96 cm, seguido de 40% de biol con 22.43 cm y correspondiendo a la longitud de raíz baja al 0% de biol con 15.66 cm.

Una considerable fracción del volumen de la raíz es accesible para la absorción pasiva de iones. La absorción de agua y de iones se presenta en los pelos absorbentes y en la epidermis de la raíz, el agua y los iones absorbidos por la raíz son transportados en dirección ascendente a todos los puntos de crecimiento a través del xilema. El sinergismo iónico y Ca^{+2} estimula la absorción neta del K^{+} a bajo pH incrementando su influjo y de aniones como el Cl^{-} (Aguirre, 2013)

La longitud de la raíz, del presente experimento es superior a la registrada por León, (2005), ya que registra una longitud de la raíz de 20,01 cm en promedio, posiblemente se deba a la variedad de maíz utilizada en el cultivo.

6.3.4. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de Maíz

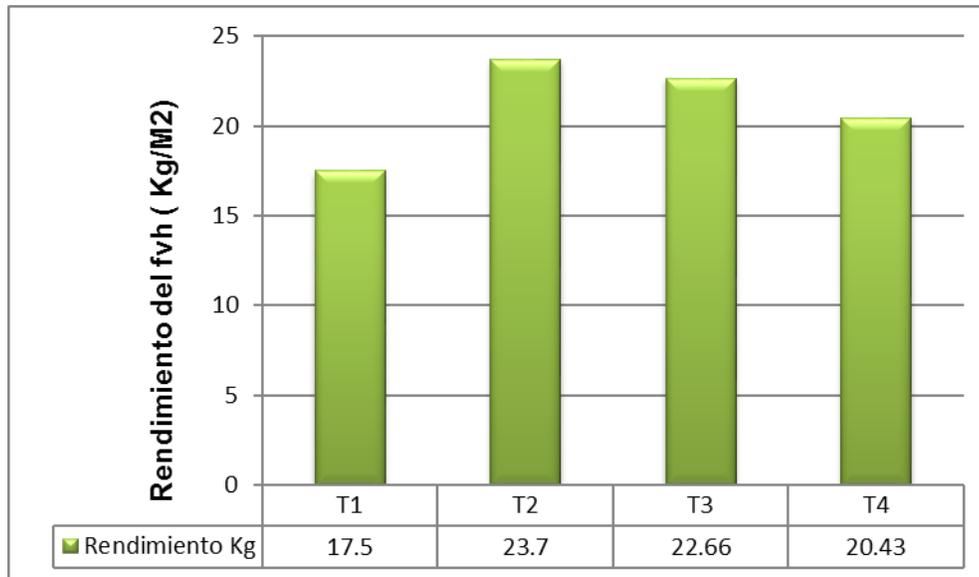


Figura 18. Promedios del rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz

En la figura 18 se refleja los datos del rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en promedio entre los niveles de Biol, en el cual el T2 (20% de biol – bovino) presento mayor rendimiento con 23.7 kg/m², sin embargo así mismo se ve que el T1 (0% de biol – bovino) es el que presento menor rendimiento con 17,5 kg/m².

León, S (2005), ha trabajado con densidad de 3,350 (kg/m²) obteniendo producciones de hasta 25 (kg/m²). En función de esto, se considera que los resultados obtenidos en este trabajo son satisfactorios. Por lo que se utilizó abonos orgánicos para la producción de forraje verde hidropónico ya que esta técnica resulta más económica y benéfica con el ambiente.

Cuadro 15. Análisis de varianza para rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	67.85	22.61	46.95	0,001	**
Error	8	3.85	0.481			
Total	11	71.70				

Coefficiente de variación = 3.29%

Los resultados de análisis de varianza para la variable de rendimiento de forraje verde hidropónico, determina que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, eso quiere decir que la aplicación de diferentes niveles de biol-bovino permite lograr diferentes rendimientos de forraje verde hidropónico. Por tanto quiere decir que si influyen el biol - bovino en el rendimiento de FVH de maíz, para un mejor análisis se realizó la Prueba de Duncan.

El coeficiente de variación fue de 3,29%, que indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un excelente manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 16. Prueba de Duncan para rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz

Duncan	Media de rendimiento de FVH (kg/m²)	N	Tratamiento Niveles de biol	
A	23.7	3	20%	T2
A	22.66	3	40%	T3
B	20.43	3	60%	T4
C	17.50	3	0%	T1

En el cuadro 16 se muestra, la categorización de la prueba Duncan ($p < 0,05$), en el mismo se determinó que existen tres grupos diferenciados, el primero de ellos formado por los tratamientos 2 y 3 que tiene los promedios de rendimiento de forraje verde hidropónico más altos (con promedios de 23.7 kg/m², 22.66 kg/m²); y el segundo grupo conformado por el tratamiento 4 (con promedio de 20.43 kg/m²). Por tanto se recomienda la aplicación de alguno de los niveles de Biol - bovino ya que obtenemos muy buenos rendimientos de forraje verde hidropónico de maíz y no así con el tratamiento 1 (0 % biol - bovino), que presento menor rendimiento de FVH.

Chiriboga (2001), dice que por cada kilo de semilla se producen de 18 a 24 kilos de forraje hidropónico con 18% de materia seca y más de 16% de proteína. Sin embargo Charles (1995), indica que la utilización de 0,5 kg de semilla/m² como densidad de siembra, se alcanzan parámetros similares, asimismo señala, que la producción en peso alcanzado con este método puede pasar de 1 a 5. Utilizando buena semilla, es decir se puede aumentar y llegar a una producción de 12 veces, por lo que se puede asegurar que está dentro de lo recomendado.

De acuerdo con Tarrillo (2007) a partir de 1 kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 kg consumible en su totalidad. Por su parte, Elizondo (2005) menciona que a partir de 1 kg de semilla se pueden obtener 9 kg de biomasa; sin embargo, en el presente trabajo con una densidad de 3,5 (kg/m²) de densidad y producción de 23.7 (kg/m²) se obtuvo un equivalente de producción lo cual nos dice que estamos dentro lo establecido.

6.3.5. Rendimiento de materia seca (Kg/m²)

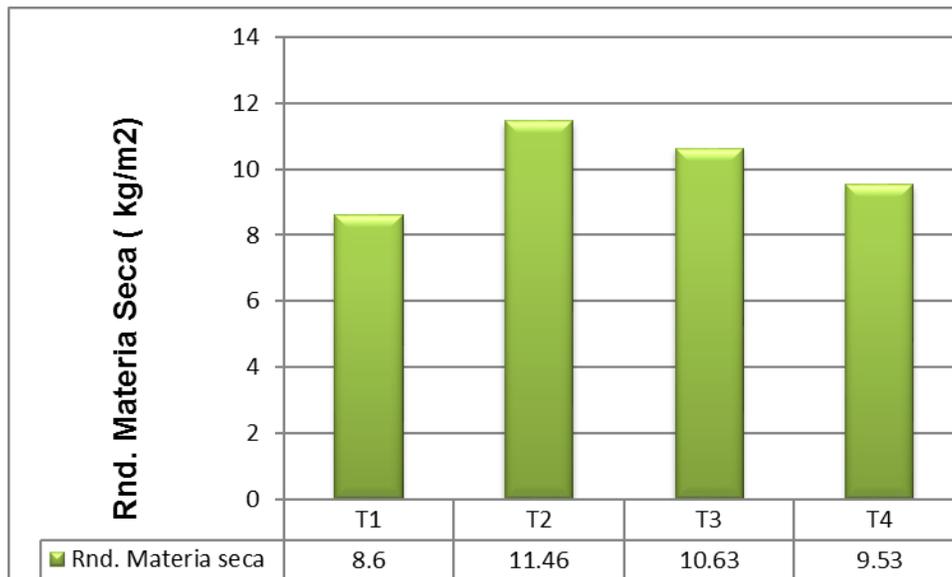


Figura 19. Promedios del rendimiento de materia seca de forraje verde hidropónico de maíz.

En la figura 19 se refleja los datos del rendimiento materia seca del forraje verde hidropónico de maíz en promedio entre los niveles de Biol, en el cual el T2 (20% de biol – bovino) presento mayor rendimiento de materia seca con 11,46 kg/m², sin embargo así mismo se ve que el T 1 (0% de biol – bovino) es el que presento menor rendimiento de materia seca con 8,6 kg/m².

Cuadro 17. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	14.149	4.71	43.87	0,001	**
Error	8	0.860	0.10			
Total	11	15.00				

Coefficiente de variación = 3.26%

Los resultados de análisis de varianza para la variable de rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz, determina que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, eso quiere decir que la aplicación de diferentes niveles de biol- bovino permite lograr diferentes rendimientos en materia seca de forraje verde hidropónico. Por tanto quiere decir que si influyen el biol - bovino en el rendimiento de FVH de maíz, para un mejor análisis se realizó la Prueba de Duncan.

El coeficiente de variación fue de 3,26%, que indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un excelente manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz

Duncan	Media rendimiento de materia seca FVH (kg/m ²)	N	Tratamiento Niveles de biol	
A	11.46	3	20%	T2
B	10.63	3	40%	T3
C	9.53	3	60%	T4
D	8.60	3	0%	T1

En el cuadro 18 se muestra, la categorización de la prueba Duncan ($p < 0,05$), en el mismo se determinó que existen cuatro grupos diferenciados, el primero de ellos formado por el tratamiento 2 que tiene promedio de rendimiento de materia seca de más altos con 11.46 kg/m², y el segundo grupo conformado por el tratamiento 3 (con promedio de 10.63 kg/m²). Por tanto se recomienda la aplicación de alguno de los niveles de Biol - bovino ya que obtenemos muy buenos rendimientos de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz y no así con el tratamiento 1 (0 % biol - bovino), que presento menor rendimiento de materia seca del FVH.

El análisis de varianza aplicado a la variable % MS, aportó resultados sin diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,01$). La poca fluctuación numérica observada en esta variable, se explica por el hecho de que los porcentajes de MS no se afectan drásticamente por factores externos y ambientales, ya que, este parámetro se encuentra regido por control genético y es intrínseco de cada especie vegetal (Pineda, 2004), independientemente de la forma en que se cultive. Resultados similares se han obtenido en cultivos de interés agrícola en diferentes condiciones experimentales (Parra, 1996 y Müller *et al.*, 2005).

Alvarado (2011), en el estudio realizado en paja de avena y tepecil como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico de maíz en invernadero obtuvo un valor promedio de 2.49 kg/m² de materia seca, estos resultados son similares a los obtenidos en el presente estudio.

6.3.6. Bromatología

En los resultados del análisis bromatológico, se presenta el contenido de Proteína, Fibra cruda, Valor Energético y Carbohidratos, obtenido del laboratorio de bromatología (SELADIS) instituto de servicios de laboratorio de diagnóstico e investigación en salud dependiente de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas - UMSA.

6.3.6.1. Contenido de proteína

Para la evaluación del contenido de proteína en porcentaje (%), los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología (SELADIS), los análisis se realizaron respecto a la absorción de los niveles de biol - bovino como se muestra en la siguiente figura.

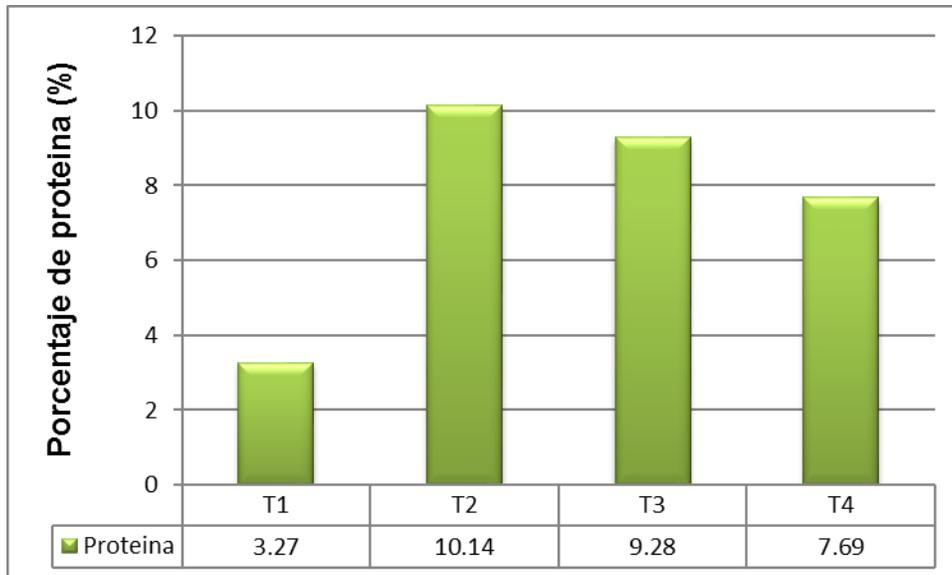


Figura 20. Variación del contenido proteico (%) del forraje verde hidropónico del maíz con niveles de biol.

En la figura 20. refleja los contenidos de proteína de los diferentes tratamientos expresados en porcentajes (%) obtenidos con los diferentes niveles de Biol – Bovino, los valores más altos en el contenido de proteína se obtuvieron en el tratamiento T2, (20 % de biol – bovino) que sobresale con 10,14 % de proteína, seguido del tratamiento T3 (40 % de biol – bovino) con 9,28 % de proteína, el tratamiento T4 (60 % de biol – bovino) con 7,69 % de proteína, comparando los resultados el que obtuvo menor cantidad de proteína fue el tratamiento T1 (0 % de biol – bovino) con 3,27 % de proteína.

Estos resultados nos indican que la incorporación del Biol - Bovino es beneficiosa para la obtención de mayor cantidad de proteína. También se observa que a mayor disolución del biol, mayor absorción y mayor contenido de proteína en el forraje verde hidropónico de maíz.

6.3.6.2. Valor energético

Para la evaluación del contenido del valor energético en Kcal/100 g, los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología (SELADIS) los análisis se realizaron respecto a la absorción de niveles de Biol como se muestra en la siguiente figura

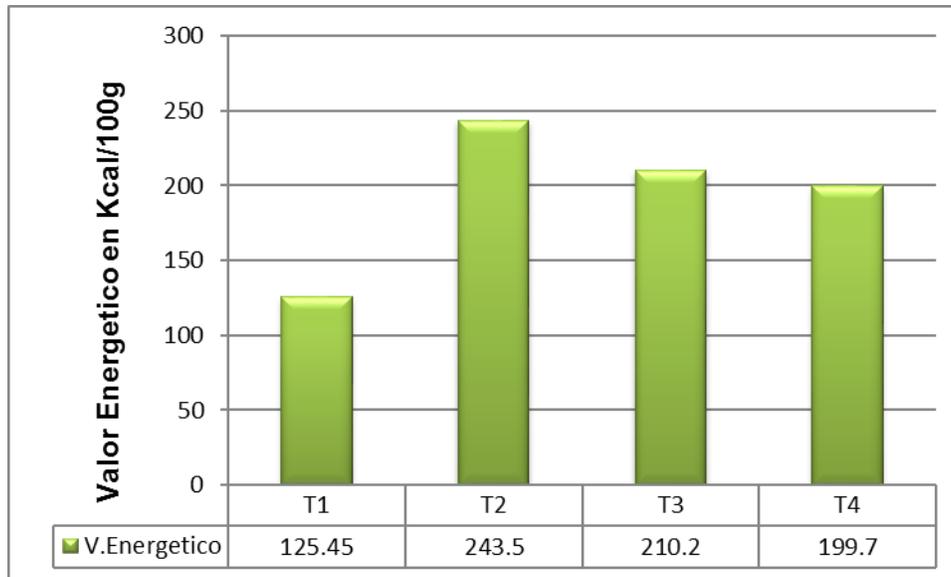


Figura 21. Variación del contenido del valor energético (Kcal/100 g) del forraje verde hidropónico de maíz con niveles de biol.

En la figura 21. refleja el contenido del valor energético de los diferentes tratamientos expresados en Kcal/100 g. obtenidos con los diferentes niveles de biol – bovino, los valores más altos en el contenido del valor energético se obtuvieron en el tratamiento T2 (20 % de biol – bovino) que sobresale con 243,5 Kcal/100 g de valor energético, seguido del tratamiento T3 (40 % de biol – bovino) con 210,2 Kcal/100 g de valor energético, el tratamiento T4 (60 % de biol – bovino) con 199,7 Kcal/100 g de valor energético, comparando los resultados el que obtuvo menor cantidad de valor energético fue el tratamiento T1 (0 % de biol – bovino) con 125,45 Kcal/100 g.

Estos resultados nos indican que la incorporación de Biol - Bovino es beneficiosa para la obtención de mayor cantidad de valor energético. También se observa que a mayor disolución del Biol, mayor absorción y mayor contenido de valor energético en el forraje verde hidropónico de maíz.

6.3.6.3. Carbohidratos

Para la evaluación del contenido de carbohidratos en porcentaje (%), los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología (SELADIS), los análisis se realizaron respecto a la absorción de los cuatro niveles de Biol - Bovino como se muestra en la siguiente figura.

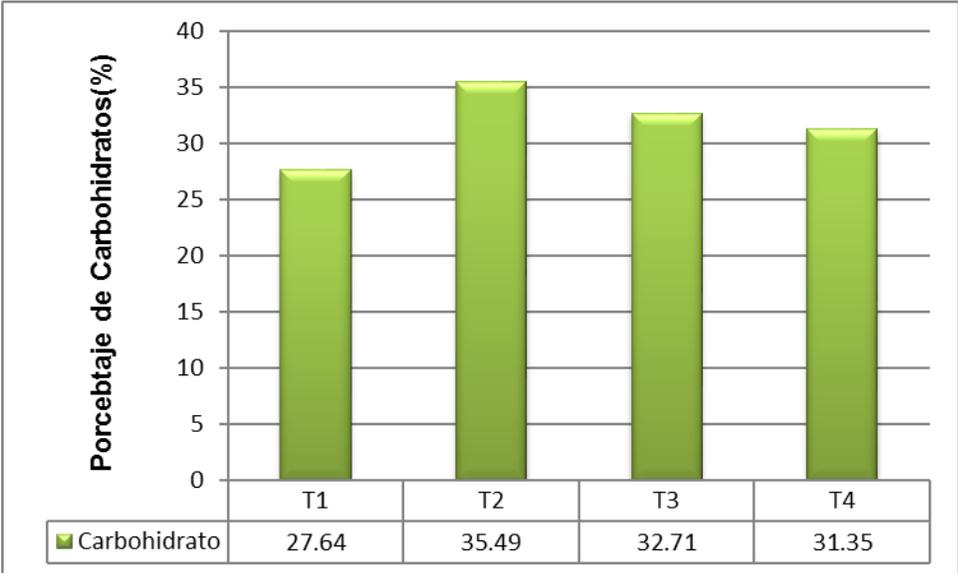


Figura 22. Variación del contenido carbohidratos (%) del forraje verde hidropónico de maíz la con niveles de Biol.

En la figura 22. refleja los contenidos de carbohidratos de los diferentes tratamientos expresados en % obtenidos con los diferentes niveles de Biol – Bovino, los valores más altos en el contenido de carbohidratos se obtuvieron en el tratamiento T2 (20 % de biol – bovino) que sobresale con 35,49 %, seguido del tratamiento T3 (40 % de biol – bovino) con 32,71 % de carbohidratos, el tratamiento T4 (60 % de biol – bovino) con 31,35 % de carbohidratos, comparando los

resultados el que obtuvo menor cantidad de carbohidratos fue el tratamiento T1 (0 % de biol – bovino) con 27,64 %.

Estos resultados nos indican que la incorporación del Biol - Bovino es beneficiosa para la obtención de mayor cantidad de carbohidratos. También se observa que a mayor disolución del biol, mayor absorción y mayor contenido de carbohidratos en el FVH de maíz.

6.3.6.4. Fibra

Para la evaluación del contenido de fibra cruda en porcentaje (%), los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología de (SELADIS) los análisis se realizaron respecto a la absorción de los cuatro niveles de Biol - Bovino como se muestra en la siguiente figura.

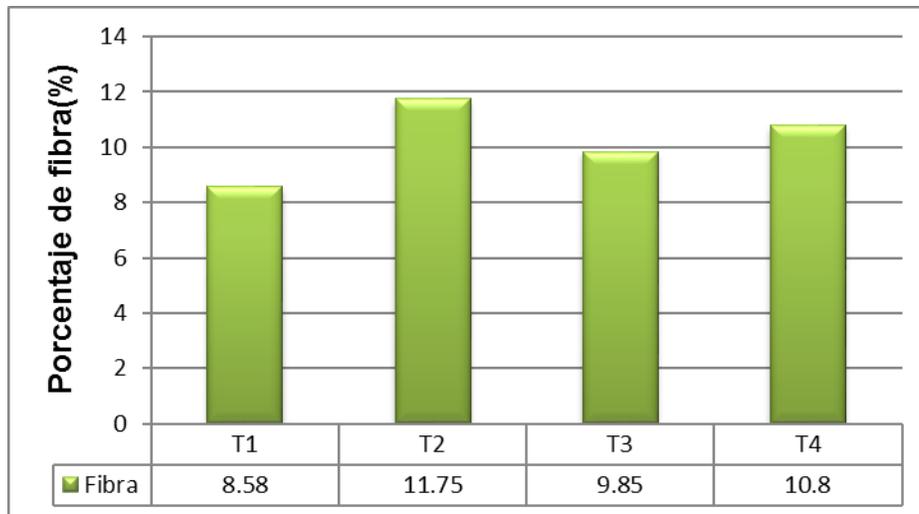


Figura 23. Variación del contenido de fibra (%) del forraje verde hidropónico de maíz con niveles de biol.

En la figura 23. refleja los contenidos de Fibra cruda de los diferentes tratamientos expresados en porcentajes (%) obtenidos con los diferentes niveles de Biol – Bovino, los valores más altos en el contenido de Fibra cruda se obtuvieron en el tratamiento T2 (20 % de biol – bovino) que sobresale con 11,75 %, seguido del tratamiento T4 (60 % de biol – bovino) con 10,8 % de Fibra cruda, el tratamiento T3

(40 % de biol – bovino) con 9,85 % de Fibra cruda, comparando los resultados el que obtuvo menor cantidad de Fibra cruda fue el tratamiento T1 (0 % de biol – bovino) con 8,58 %.

El contenido de proteína cruda en el forraje, así como en los demás ingredientes de la dieta es importante para que los animales puedan tener un desarrollo adecuado (Koster, 2002), ya que las proteínas son los constituyentes principales del cuerpo animal.

La proteína cruda está conformada por dos fracciones: la Proteína Verdadera que son las cadenas de aminoácidos y el Nitrógeno no Proteico compuesto de aminos, aminoácidos libres, pigmentos, sales de amonio, alcaloides, glucósidos, etc. (Alcázar, 1997).

Al respecto Bohnert (2002), menciona que un forraje con un contenido de proteína mayor a 6% es un forraje de buena calidad. En función de esto, se considera que los resultados obtenidos en este trabajo son satisfactorios esto nos da conocer que nuestro forraje es de muy buena calidad en todos los tratamientos.

6.3.7. Costos de producción

Perrín et al. (1982), dice que el costo de producción se define como la suma de los costos fijos y los costos variables correspondientes a un proceso productivo.

En el cuadro 19, se muestra los costos totales de cada tratamiento.

Cuadro 19 . Costos totales por superficie y por ciclo de producción de cada tratamiento

Tratamientos	Costos totales (Bs.)
T 1 (0% biol-bovino)	72.5
T 2 (20% biol-bovino)	76.25
T 3 (40% biol-bovino)	79.25
T 4 (60% biol-bovino)	92

De acuerdo el Cuadro 19, se observa que al utilizar el tratamiento 4 (60% biol bovino) se obtiene un elevado costo total, seguidamente del tratamiento 3 (40% biol- bovino) tratamiento 2 (20% biol- bovino, y tratamiento 1 (0% biol-bovino).

Morales (1987), indica que el gasto de implementación es elevado. Estos costos pueden reducirse con el empleo de material local o mediante el uso de invernaderos.

6.3.7.1. Ingresos de la producción de FVH

El ingreso bruto fue calculado multiplicando el precio por kg/m² de FVH de maíz, por los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 20. Ingreso bruto por m² y por ciclo de producción de forraje verde hidropónico de cada tratamiento

Tratamiento	Rendimiento de FVH kg/m ²	Precio (Bs/m ²)	Ingreso Bruto (Bs)
T 1 (0% biol-bovino)	17.5	4.5	78.75
T 2 (20% biol-bovino)	23.7	4.5	106.65
T 3 (40% biol-bovino)	22.66	4.5	101.97
T 4 (60% biol-bovino)	20.43	4.5	91.93

En el cuadro 20, se puede observar que al utilizar el tratamiento 2 (20% biol-bovino) se obtiene mayor ingreso bruto (106.65 Bs) y se obtiene menor ingreso bruto con el tratamiento 1 (0% biol- bovino) con (78.75 Bs)

Cuadro 21. Ingreso neto por m² y por ciclo de producción de forraje verde hidropónico de cada tratamiento

Tratamiento	Ingreso Bruto (Bs)	Costos Totales (Bs)	Ingreso neto (Bs)
T 1 (0% biol-bovino)	78.75	72.5	6.25
T 2 (20% biol-bovino)	106.65	76.25	30.4
T 3 (40% biol-bovino)	101.97	79.25	22.4
T 4 (60% biol-bovino)	91.93	92	-0.07

De acuerdo al cuadro 21 se observa que el mayor ingreso neto se da cuando se utiliza el tratamiento 2, por lo contrario al utilizar el tratamiento 4 no se tiene ingreso neto al contrario obtenemos una pérdida de 0.07 Bs.

Cuadro 22. Relación Beneficio/Costo de cada tratamiento

Tratamiento	Ingreso Bruto (Bs)	Costos Totales (Bs)	Beneficio/costo (Bs)
T 1 (0% biol-bovino)	78.75	72.5	1.08
T 2 (20% biol-bovino)	106.65	76.25	1.39
T 3 (40% biol-bovino)	101.97	79.25	1.28
T 4 (60% biol-bovino)	91.93	92	0.99

Según Villarroel (2002), para la evaluación del análisis de la relación Costo/Beneficio (C/B), se toma valores mayores, menores o iguales a 1, que implica que:

- ❖ C/B > 1 implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces la producción es aconsejable o atractivo.
- ❖ C/B = 1 implica que los ingresos son iguales que los egresos, en este caso el proyecto es indiferente.
- ❖ C/B < 1 implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

En el Cuadro 22, se puede observar que el tratamiento que ofrece mayor beneficio costo es el tratamiento 2 con un valor de 1.39 seguido del tratamiento 3 con un valor de 1.28, el tratamiento 1 con un valor de 1.08, frente al tratamiento 4 (60% biol - bovino) con un valor de 0.99 Bs.

También nos muestra que por cada 1 Bs de inversión se obtuvo 0.39 Bs de beneficio para el tratamiento 2 (20% biol-bovino), para el caso de tratamiento 1 (0% biol-bovino) existe una pérdida de dinero y que no se recomienda utilizar esta dosis de biol

La diferencia del ingreso se debe básicamente a la cantidad en peso del forraje verde hidropónico obtenido a la cosecha y el precio de los mismos

Las investigaciones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costo de producción de FVH, que se presenta por su importancia en una sección específica de manual, revela que consideración los riesgos de sequias, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económica viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores (Palomino, 2008).

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se establecen las siguientes conclusiones:

Se determina que el biol bovino si tiene efecto en la producción de forraje verde hidropónico de maíz, se observó diferencias significativas entre los tratamientos, lo que nos indica que permite lograr diferentes rendimientos, el mejor rendimiento obtenido fue el T2 (20% biol - bovino) con 23.7 kg/m², seguido del T3 (40% biol - bovino) con 20.66 kg/m², T4 (60 % biol - bovino) con 20.43 kg/m² , siendo el T1 (0 % biol- bovino) con 17.50 kg/m² el que presento más bajo rendimiento.

Y en cuanto al rendimiento de materia seca el T2 (20 % biol- bovino) fue el que obtuvo mayor rendimiento con 11.46 kg/m² respecto al T1 (0% biol- bovino) donde se obtuvo menor resultado de rendimiento de materia seca con 8.60 kg/m².

En la evaluación de la variable altura de planta de FVH de maíz se observó diferencias no significativas, en los tratamientos se determinó que el T2 (20 % biol- bovino) obtuvo mejores resultados con 26.99 cm, respecto al T4 (60% biol- bovino) que tubo menor promedio de altura de planta con 18.76 cm.

En el caso de la longitud de raíz existen diferencias altamente significativas lo cual indica que los diferentes niveles de biol- bovino permiten lograr diferentes longitudes de raíz, el T2 (20% biol- bovino) es el mejor con un promedio de 24.96 cm. Seguido del T3 (40% biol- bovino) con 22.43 cm. Respecto al T1 (0 % biol- bovino) con 15.66 cm siendo este el tratamiento más bajo en cuanto a la longitud de raíz.

Para la evaluación de la variable de porcentaje de germinación no existen diferencias significativas en los tratamientos lo cual indica que los diferentes niveles de biol no influyen en el porcentaje de germinación.

En la variable bromatológica tenemos al T 2 (20 %biol- bovino) que presenta mayores contenidos de proteína con 10,14 %. Valor energético con 243,5 Kcal/100

g, y carbohidratos con 35,49 % y en fibra cruda se obtuvo mayor cantidad también en el T2 (20 % biol - bovino) que sobre sale con 11,75 %.

En cuanto al análisis económico se tiene mayor relación beneficio / costo cuando se aplica el T 2 (20%biol - bovino) con un B/C de 1.39 Bs. La cual supera a los demás tratamientos, seguido por el T 3 (40 %biol- bovino) con 1.28 Bs. Y por último al T4 (60% biol- bovino) que tiene una menor relación B/C con 0.99 Bs.

La producción de forraje verde hidropónico es una excelente alternativa en los periodos críticos de sequía aparte si los aplicamos con abonos orgánicos ya que son ricos en macro y micronutrientes y son económicos y fáciles de preparar sin dañar el ecosistema.

8. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidos se realiza las siguientes recomendaciones.

Se recomienda utilizar el biol bovino en otros cultivos de forraje verde hidropónico ya que se obtienen buenos resultados en rendimiento de FVH, longitud de raíz, altura de planta.

Realizar el mismo tema de investigación aplicando diferentes tipos de estiércol (ovino, bovino y camélido) para la elaboración de biol, y estudiar las diferencias que se obtienen.

En el momento de la aplicación del abono orgánico se recomienda aplicar dos veces por día el abono y por la tarde solo regar con abundante agua para evitar que se oxiden las raíces.

Se recomienda no comprar semilla de alto valor económico puesto que hará bajar enormemente las ganancias y no tener una buena relación beneficio costo, ya que con la semilla convencional se puede obtener altas utilidades.

Es importante tomar en cuenta que se pueden disminuir los costos de producción utilizando bandejas de material reciclado u otros materiales que tengamos a disposición

Otra de las recomendaciones que se debe tomar muy en cuenta es la ventilación, esto para que no haya la proliferación de hongos, babosas y tijeretas, para mitigar las pérdidas de deshidratación de las semillas.

9. BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, L. (2013) Código curso –302570 Nutrición vegetal. Universidad Nacional Abierta y a distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio Ambiente. Bogotá. 44 – 45 pp.

ALCAZAR, J. (1997) Bases para la alimentación animal y la formulación manual de raciones. La Paz, BO. 158 p.

ALVARADO. S.G.(2011) Paja de avena y tepecil como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico de maíz en invernadero. Tesis Lic. Ing. Agr. Xalapa, MX. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. pp. 31-55.

ÁLVAREZ, F. (2010) Preparación y uso de Biol 1 ed. Soluciones prácticas. Lima, Perú. 30 p.

APARCANA, D. (2008) Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de fermentación anaeróbica para producción de biogás. (En línea). Consultado 30 abril – 2010. Disponible en:
<http://www.manualdelmbricultura.com/foro/mensajes/18545.html>.

ARANA, S. (2011) Manual de Elaboración de Biol. Soluciones Prácticas. Cusco – Perú. 40 p.

ARMAS, C., A., (1988) Fisiología Vegetal. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p 118 – 134.

BOADA, S., B., (1998) Nutrición y alimentación. Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero. México D. F. 468 p.

CALDERÓN, F. (1992) Aprende fácil. Cultivos hidropónicos. Forraje verde hidropónico. Fascículo No. 9. Ediciones Culturales VER Ltda. p. 137-152. Bogotá, Colombia.

CARBALLIDO, (2000) Manual de procedimientos para germinar granos para alimentación animal.carballado@.cln.megared.netmax.

CARBALLIDO, C. (2005) Forraje verde hidropónico. Artículos silvoagropecuarios: Forraje verde hidropónico (en línea). Chile. Consultado en 10 jun. 2012. Disponible en: <http://www.ofertasagricolas.cl7aticulos/88>.

CALZADA, J.(1985) Métodos Estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica S.A., Tercera Edición, Lima-Perú. pp. 237-428.

CASTRO, R. (2007) Rendimiento de tomates híbridos (*Lycopersicon sculentum*) Bajo sistema hidropónico en sustrato en el centro experimental de Cota Cota. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 80 p.

CHANG, M., HOYOS, M. y RODRÍGUEZ, A. (2000) Manual práctico de hidroponía: sistema de raíz flotante y sistema de sustrato sólido. Perú, s.e. 42 p.

CHANG, M. (2004) Producción de Forraje Verde Hidropónico. Ed. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima. Perú. 235 p.

CHILÓN, E. (1997) Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ed. Centro de investigación y difusión de alternativas tecnológicas para el desarrollo (C.I.D.A.T). La paz – Bolivia. 185 p.

CHUCH, D., y POND, W. (1992) Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. México. 45 p

CHURCH, D., C. (1988) El Rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 641 p.

COLQUE, T., MUJICA, A., APAZA, V., RODRÍGUEZ, D., CAÑAHUA, A. y JACOBSEN, E. (2005). Producción de Biol Abono Líquido Natural y Ecológico. ILLPA-PUNO. Puno, Perú. Pág. 16

CUCHMAN, M. y RIQUELME, A. (1993) Manejo de sistemas orgánicos. Ed. CEADUIICA – EUROPEA – CESVI. Uruguay. 10 – 32 pp.

ESPINOSA, (2005) Proyecto de inversión para la producción de forraje verde hidropónico en Santa María Chachoapan Nochixtlan, Oaxaca. Tesis, Universidad Tecnológica de la Mixteca. Heroica Ciudad Huajuapán de León, Oaxaca de México. 25 p.

ESTRADA, P. J. (2007) Guía para la elaboración del Biol. Proyecto agricultura urbana – Oruro. 26 p.

FAO (2001) Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los centros de desarrollo infantil del infa. En: Manual técnico forraje verde hidropónico. Consultado el 5 de junio de 2009. (En línea) <http://www.rlc.fao.org:80/prior/segalim/forraje.htm>

FAO (2005) Manual técnico “La huerta hidropónica popular” de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO). (En línea) http://www.veterinaria.uchile.cl/mundogranja2005/proyectos/integrando_ciencias/archivos/MANUAL_HIDROPONÍA.pdf consultado 2 de mayo de 2006.

FUENTES, J. (1999) Manual práctico sobre utilización y uso de fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca Alimentación. Ed. Mundi Prensa, Mundi España. 49 – 105 pp.

GALLARDO, (2000) Producción de forraje verde hidropónico. Manual N° 2. Bogotá. Colombia.

GOMERO, O. (1999) Manejo ecológico de suelos, conceptos y técnicas. Ed. Grafica Esteffan. Lima – Perú. 189 – 201 pp.

GOMEZ, V. E. (2008) Curso sobre producción de forraje verde hidropónico. División Agricultura Viacha. La Paz, BO. s.p.

GOYTIA, R. A. (2007) Introducción de diez líneas y/o variedades de cebada (*Hordeum vulgare L*), para la producción de forraje y grano en dos comunidades de la provincia de Cochabamba. 20 p.

GUERRERO, J. (2002) Cultivos Hidropónicos de centeno forrajero: densidad de Utilización y Respuesta en Cuyes Criollos en crecimiento. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” Lambayeque, Perú. 165 p.

GUTIERREZ, I. *et al.* (2000) Cultivos Hidropónicos. Fascículo 9. Bogotá, Colombia. Edit. Géminis. 1, 2, 3, 4, 6, 7,9 p.

HIDALGO, L. (1985) Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. Evaluaciones preliminares en Avena y Triticale. sn. Chillán, Chile. 35 – 43 p.

HUTERWAL, G. O. (1992) Hidroponía cultivo de plantas sin tierra. Edit. Hobby, Com. E Ind. Buenos Aires, AR. 251 p.

INIAF, (2015) Manual Técnico del maíz y sorgo: Situación actual y perspectivas del maíz y sorgo. 2da Edición INIAF. La Paz – Bolivia. 5 – 23 p.

LEÓN, S. (2005) Efecto del fotoperiodo en la producción de FVH de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde. Tesis de Grado. Escuela Superior de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. 27 – 28 p.

MALCA, G. (2005) Seminario de agronegocios, lechugas hidropónicas (en línea). Lima, Perú, Universidad del Pacifico. 96p. Consultado 17 de marzo. 2012., Disponible en www.upbusiness.net.

MARTINEZ, E. (2001) Comunicación personal. Manual Técnico FVH. Primera edición. St. Maldonado, UY.se. 76 p.

MARTI, J. (2008) Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano, Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares

MATILLA, A. 2003. Eco fisiología de la germinación de la semilla. Cap. 29 (p. 901-922). En: M.J. Reigosa, N. Pedro y A. Sánchez - Moreiras, eds. La Eco fisiología Vegetal. Una ciencia de síntesis. Paraninfo S. A., Madrid. 22 p.

MOLINA, J. (1989) La Cebada Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 73 p.

MORALES, O. A. F. (1987) Forraje hidropónico y utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillan. Chile.

MORENO, P. (2000) Vida y obra de granos y semillas, Despertando una vez más, [En línea],<http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/146/htm/vidayob>.

MÜLLER L., MANFRON P., SANTOS O., MEDEIROS S., HAUT V., DOURADO D., BINOTTO E. Y GUERRERO, A. (2005) Cultivos herbáceos extensivos. Quinta Edición. Mundi Prensa. 779p.

ÑÍGUEZ, C. (1998) Producción de forraje en condición de hidroponía II. Selección de especie y evaluación de cebada y trigo. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillan, CL. 82 p.111

PAUCARA, J. (2012) El efecto de dos soluciones nutritivas en la producción de FVH de maíz (*Zea mays*) con diferentes densidades de siembra en la comunidad de Totorani. Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. 104 p.

PALACIOS, M. y NIERI, F. (1995) Cultivo de Forraje Verde Hidropónico. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Fisiología Vegetal Universidad Agraria La Molina. Lima, PE. 112 p.

PALOMINO, K. (2008) Producción de forraje hidropónico. Primera edición. Empresa editora Macro EIRL. Miraflores, PE. 59 p.

PERRÍN, *et al* (1982) “La formulación de recomendaciones partir de datos agronómicos” publicado por CIMMYT. Programa de economía. México. 18 – 24 pp.

PROINPA, (1995) Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria IBTA-CIP-COTESU, catalogo boliviano de cultivares No. 2, Cochabamba-BO. 31 p.

QUISPE, R. (2003) Efecto de la fertilización con abonos líquidos orgánicos fermentados en Cañahua. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia. 24 – 61 pp.

RODRÍGUEZ, S. (2003) Hidroponía: una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, PE. 26 p.

RODRÍGUEZ, F. (1989) Fertilizantes – Nutrición Vegetal; De. AGT. Editor, S.A. México D.F.; p 123 – 125.

RESH, H. (2001) Cultivos Hidropónicos; Nuevas técnicas de Producción, Cuarta Edición, Editorial Mundi Prensas. Madrid – España. 125 p

RESTREPO, R. (2001) Manual Práctico. El ABC de la agricultura orgánica. Printex Managua – Nicaragua. Pág. 98 – 100

SAMPERIO, G. (1997) Hidroponía básica. 1ª ed. México, México. Edit. Diana. 33 p.

SAMPERIO, R. (2007) Forraje Verde Hidropónico. Memorias del VIII congreso de rentabilidad de la producción de forraje verde y conservado. Asociación Hidropónica Mexicana, A.C. Querétaro, MX. pp. 15-20.

SANCHEZ, J. (1982) Cultivos Hidropónicos. SENA. Medellín, Colombia. 2 – 3 pp.

SANCHEZ, J. (1988) Un sistema de producción de plantas. Hidroponía, Principios y métodos de cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. 194p.

SCHLAEFLI, F. (2010) Tratamiento de residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM en un biodigestor semicontinuo para la producción de biogás y biol. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias - Perú

SICA, (2000) Cultivos Controlados. (En línea), Quito, EC. Disponible en <http://www.sica.gov.ec/> Consultado el 23 de marzo de 2015.

SUQUILANDA. M. (1996) Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro

TARILLO, H. (2007) Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal (en línea). Arequipa, Perú. Consultado el 15 jun. 2007. Disponible en: <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/print.php?id=88123>

TARRILLO, H. (2005) Manual de Producción de Forraje Verde Hidropónico. Segunda Edición. Ed. Forraje Hidropónico E.I.R.L. Perú. pp. 41.

TINUS, R.W. (1980) Nature and management of soil pH and salinity. In: Proceedings North American forest tree nursery soils workshop; 1980 July 28-August 1; Syracuse, NY. Syracuse, NY: State University of New York, College of Environmental Science and Forestry: 72 – 86 pp.

VAZQUES, E. y TORRES, S. (1985) Fisiología Vegetal, Ed. Pueblo y Educación. La Habana Cuba; pp 462- 463.

.

ANEXOS

Anexo 1.

The SAS System 12:56 Saturday, August 1, 2009 1

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Tratamiento	4	T1 T2 T3 T4
Number of Observations Read		12
Number of Observations Used		12

The SAS System 12:56 Saturday, August 1, 2009 2

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: PG

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	16.33333333	5.44444444	2.11	0.1776
Error	8	20.66666667	2.58333333		
Corrected Total	11	37.00000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PG Mean
0.441441	1.795838	1.607275	89.50000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	16.33333333	5.44444444	2.11	0.1776

The SAS System 12:56 Saturday, August 1, 2009 3

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for PG

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	2.583333

Number of Means	2	3	4
Critical Range	3.026	3.154	3.225

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Tratamiento
-----------------	------	---	-------------

A	91.333	3	T2
A			
A	89.667	3	T3
A			
A	88.667	3	T4
A			
A	88.333	3	T1

Anexo 2. Promedio de altura de planta

ALTURA DE PLANTA (Cm)				
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
T1 0% DE BIOL - BOVINO	26,69	21,9	17,7	22,10
T2 20% DE BIOL- BOVINO	29,81	27,56	23,6	26,99
T3 40% DE BIOL- BOVINO	28,55	25,24	21,01	24,93
T4 60% DE BIOL- BOVINO	21,76	19,78	14,75	18,76

Anexo 3. Resultados del programa de SAS, altura de planta

The SAS System 21:00 Saturday, September 19, 2009 1

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Tratamiento	4	T1 T2 T3 T4
Number of Observations Read		12
Number of Observations Used		12

The SAS System 21:00 Saturday, September 19, 2009 2

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: AP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	115.0061667	38.3353889	2.59	0.1254
Error	8	118.4616000	14.8077000		
Corrected Total	11	233.4677667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	AP Mean
0.492600	16.58773	3.848077	23.19833

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	115.0061667	38.3353889	2.59	0.1254

The SAS System 21:00 Saturday, September 19, 2009 3

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for AP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 8
Error Mean Square 14.8077

Number of Means 2 3 4
Critical Range 7.245 7.550 7.721

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Tratamiento
A	26.997	3	T2
A	24.933	3	T3
B	22.103	3	T1
B	18.760	3	T4

Anexo 4. Promedios de Longitud de raíz

LONGITUD DE RAIZ (Cm)				
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
T1 0% DE BIOL - BOVINO	16,51	14,75	15,71	15,66
T2 20% DE BIOL- BOVINO	24,1	25,44	25,33	24,96
T3 40% DE BIOL- BOVINO	22,5	21,9	22,9	22,43
T4 60% DE BIOL- BOVINO	19	19,9	20	19,63

Anexo 5. Resultados del programa SAS, longitud de raíz

The SAS System 13:14 Monday, September 21, 2009 1

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Tratamiento	4	T1 T2 T3 T4

Number of Observations Read 12
 Number of Observations Used 12

The SAS System 13:14 Monday, September 21, 2009 2

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: LR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	143.0358333	47.6786111	95.20	<.0001
Error	8	4.0066667	0.5008333		
Corrected Total	11	147.0425000			

R-Square 0.972752
 Coeff Var 3.422954
 Root MSE 0.707696
 LR Mean 20.67500

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	143.0358333	47.6786111	95.20	<.0001

The SAS System 13:14 Monday, September 21, 2009 3

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for LR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 8
 Error Mean Square 0.500833

Number of Means	2	3	4
Critical Range	1.332	1.389	1.420

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Tratamiento
A	24.9667	3	T2
B	22.4333	3	T3
C	19.6333	3	T4
D	15.6667	3	T1

Anexo 6. Promedios de rendimiento de FVH de maíz

RENDIMIENTO DE FVH DE MAIZ
Kg/m²

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
T1 0% DE BIOL - BOVINO	17,3	18	17,2	17,50
T2 20% DE BIOL- BOVINO	24,4	23,9	22,8	23,70
T3 40% DE BIOL- BOVINO	23,29	22,9	21,8	22,66
T4 60% DE BIOL- BOVINO	21,3	20,2	19,8	20,43

Anexo 7. Resultados del programa SAS, rendimiento FVH de maíz

The SAS System 18:13 Monday, September 21, 2009 1

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Tratamiento	4	T1 T2 T3 T4

Number of Observations Read	12
Number of Observations Used	12

The SAS System 18:13 Monday, September 21, 2009 2

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Rd

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	67.84916667	22.61638889	46.95	<.0001
Error	8	3.85333333	0.48166667		
Corrected Total	11	71.70250000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Rd Mean
0.946259	3.293106	0.694022	21.07500

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	67.84916667	22.61638889	46.95	<.0001

The SAS System 18:13 Monday, September 21, 2009 3

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for Rd

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8

Error Mean Square	0.481667		
Number of Means	2	3	4
Critical Range	1.307	1.362	1.392

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Tratamiento
A	23.7000	3	T2
A	22.6667	3	T3
B	20.4333	3	T4
C	17.5000	3	T1

Anexo 8. Promedio de rendimiento materia seca de maíz

RENDIMIENTO MATERIA SECA DE MAIZ Kg/m2				
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
T1 0% DE BIOL - BOVINO	8,7	8,48	8,8	8,66
T2 20% DE BIOL- BOVINO	11,45	11,47	11,46	11,46
T3 40% DE BIOL- BOVINO	10,56	10,76	10,58	10,63
T4 60% DE BIOL- BOVINO	9,55	9,44	9,6	9,53

Anexo 9. Resultados del programa SAS, rendimiento materia seca de maíz

```

The SAS System      11:04 Friday, September 25, 2009    1
      The ANOVA Procedure
      Class Level Information
      Class          Levels  Values
      Tratamiento    4      T1 T2 T3 T4

      Number of Observations Read      12
      Number of Observations Used      12
      The SAS System      11:04 Friday, September 25, 2009    2
      The ANOVA Procedure

```

Dependent Variable: RMS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	14.14916667	4.71638889	43.87	<.0001
Error	8	0.86000000	0.10750000		
Corrected Total	11	15.00916667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RMS Mean
0.942702	3.259704	0.327872	10.05833

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	14.14916667	4.71638889	43.87	<.0001

The SAS System 11:04 Friday, September 25, 2009 3

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for RMS

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	0.1075

Number of Means	2	3	4
Critical Range	.6173	.6433	.6578

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Tratamiento
A	11.4667	3	T2
B	10.6333	3	T3
C	9.5333	3	T4
D	8.6000	3	T1

Anexo 10 Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz- Tratamiento 1

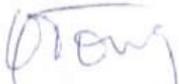
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
SALUD (SELADIS)
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 74504-74505	
Informe N°:	122/17		
Producto:	FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE MAIZ T1- 0% DE BIOL		
Marca:	S/M	Razón Social	Univ. David Hernesto Machaca Cruz
Procedencia	CIPyCA- Viacha		
Fecha de recepción muestra:	2017/08/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/10/30
Fecha de inicio de ensayos:	2017/08/30		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	125.45.-	CALCULO
PROTEINA	%	3.27.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	27.64.-	FEHLING
FIBRA	%	8.58.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD
menor al límite de detección


Dra. Maria O. Torrez T.
Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana
/ AOAC: American Organization Analytical

Anexo 11 Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz- Tratamiento 2

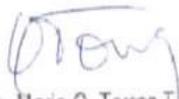
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
SALUD (SELADIS)
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS	CODIGO: 74504-74505	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA			
Informe N°:	122/17		
Producto:	FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE MAIZ T2- 20% DE BIOL		
Marca:	S/M	Razón Social	Univ. David Hernesto Machaca Cruz
Procedencia	CIPyCA- Viacha		
Fecha de recepción muestra:	2017/08/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/10/30
Fecha de inicio de ensayos:	2017/08/30		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	243.5.-	CALCULO
PROTEINA	%	10.14.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	35.49.-	FEHLING
FIBRA	%	11.75.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD
menor al límite de detección


Dra. Maria O. Torrez T.
Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana
/ AOAC: American Organization Analytical

Anexo 12 Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz- Tratamiento 3

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
SALUD (SELADIS)
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS	CODIGO: 74504-74505	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA			
Informe N°:	122/17		
Producto:	FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE MAIZ T3- 40% DE BIOL		
Marca:	S/M	Razón Social	Univ. David Hernesto Machaca Cruz
Procedencia	CIPyCA- Viacha		
Fecha de recepción muestra:	2017/08/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/10/30
Fecha de inicio de ensayos:	2017/08/30		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	210.2.-	CALCULO
PROTEINA	%	9.28.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	32.71.-	FEHLING
FIBRA	%	9.85.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD
menor al límite de detección


Dra. Maria O. Torrez T.
Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana
/ AOAC: American Organization Analytical

Anexo 13 Análisis bromatológico de Forraje verde hidropónico de maíz- Tratamiento 4

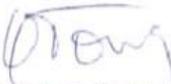
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
SALUD (SELADIS)
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS	CODIGO: 74504-74505	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA			
Informe N°:	122/17		
Producto:	FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE MAIZ T4-60% DE BIOL.		
Marca:	S/M	Razón Social	Univ. David Hernesto Machaca Cruz
Procedencia	CIPyCA- Viacha		
Fecha de recepción muestra:	2017/08/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/10/30
Fecha de inicio de ensayos:	2017/08/30		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	199.7.-	CALCULO
PROTEINA	%	7.69.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	31.35.-	FEHLING
FIBRA	%	10.8.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Limite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD
menor al limite de detección


Dra. Maria O. Torrez T.
Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana
/ AOAC: American Organization Analytical

Anexo 14 Características del biol - bovino puro

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 24/17

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO EN BIOL A24/17

Cliente: FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA
Solicitante: Univ. Kimberly Nicol Lima Torr ez
Dirección del cliente: Z/El Tejar, calle 26 de mayo # 944
Procedencia de la muestra: La Paz
Provincia: Murillo
Departamento: La Paz
Tiwanaku
Punto de muestreo: Univ. Kimberly Nicol Lima Torr ez
Responsable del muestreo: Noviembre 2016
Fecha de muestreo: 09:30
Hora de muestreo: 28 de marzo de 2016
Fecha de recepción de la muestra: Del 28 de marzo al 10 de abril, 2017
Fecha de ejecución del ensayo: Biol- Muestra líquida
Caracterización de la muestra: Compuesta
Tipo de muestra: Botella Pet
Envase: 24-1
Código LCA: KD1
Código original :

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	KD1 24-1
pH	EPA 150.1		1 - 14	8,3
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO ₄ /l	0,010	20
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	377
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	1396

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Abril 17 de 2017


Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c.: Arch.
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Anexo 15 Características del biol - bovino dosis 20%

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 49/17

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO EN BIOL A49/17

Cliente:	INGIENERIA AGRONOMA -UMSA
Solicitante:	Kimberly Nicol Lima Torrez
Dirección del cliente:	Z/ El tejtar C/26 de mayo
Procedencia de la muestra:	La Paz
	Provincia: Murillo
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Tiwanaku
Responsable del muestreo:	Kimberly Nicol Lima Torrez
Fecha de muestreo:	30 de noviembre de 2016
Hora de muestreo:	09:00
Fecha de recepción de la muestra:	27 de abril de 2017
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 27 e abril al 12 de mayo de , 2017
Caracterización de la muestra:	Biol (Muestra líquida)
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet 1,5 Litros
Código LCA:	49-1
Código original :	20%

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	0,2 49-1
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO ₄ /l	0,010	4,8
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	39
pH	EPA 150.1		1 - 14	7,6
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	257

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, mayo 15 de 2017



c.c.: Arch.
JCH/LCA

Anexo 16 Características del biol - bovino dosis 40%

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 49/17

Página 2 de 3

INFORME DE ENSAYO EN BIOL A49/17

Cliente:	INGIENERIA AGRONOMA -UMSA
Solicitante:	Kimberly Nicol Lima Torrez
Dirección del cliente:	Z/ El tejtar C/26 de mayo
Procedencia de la muestra:	La Paz
	Provincia: Murillo
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Tiwanaku
Responsable del muestreo:	Kimberly Nicol Lima Torrez
Fecha de muestreo:	30 de noviembre de 2016
Hora de muestreo:	09:00
Fecha de recepción de la muestra:	27 de abril de 2017
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 27 e abril al 12 de mayo de , 2017
Caracterización de la muestra:	Biol (Muestra líquida)
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet 1,5 Litros
Código LCA:	49-2
Código original :	40%

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	0,4 49-2
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO ₄ /l	0,010	5,6
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	73
pH	EPA 150.1		1 - 14	7,0
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	466

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, mayo 15 de 2017

c.c.: Arch.
JCH/LCA



Anexo 17 Características del biol - bovino dosis 60%

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 49/17

Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO EN BIOL A49/17

Cliente: INGENIERIA AGRONOMA -UMSA
Solicitante: Kimberly Nicol Lima Torrez
Dirección del cliente: Z/ El tejtar C/26 de mayo
Procedencia de la muestra: La Paz
Provincia: Murillo
Departamento: La Paz
Punto de muestreo: Tiwanaku
Responsable del muestreo: Kimberly Nicol Lima Torrez
Fecha de muestreo: 30 de noviembre de 2016
Hora de muestreo: 09:00
Fecha de recepción de la muestra: 27 de abril de 2017
Fecha de ejecución del ensayo: Del 27 e abril al 12 de mayo de , 2017
Caracterización de la muestra: Biol (Muestra líquida)
Tipo de muestra: Simple
Envase: Botella pet 1,5 Litros
Código LCA: 49-3
Código original : 60%

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	U.S
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO ₄ /l	0,010	15
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	190
pH	EPA 150.1		1 - 14	9,0
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	757

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, mayo 15 de 2017




Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c.: Arch.
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia