



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

“Evaluación de diferentes sustratos y nutrientes para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía”

Trabajo de Investigación (Graduación). Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI). Presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniera Bioquímica otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

AUTOR: Patricia del Pilar Castillo Manzano

TUTOR: Dr. Ramiro Velasteguí, PhD

Ambato – Ecuador

2013

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación (Graduación) sobre el tema: **“EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS Y NUTRIENTES PARA EL CRECIMIENTO AGROECOLÓGICO DE UNA ESPECIE FORRAJERA EN HIDROPONÍA”**, elaborado por Patricia del Pilar Castillo Manzano, egresada de la Carrera de Ingeniería Bioquímica, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, certifico que el trabajo fue realizado por la persona indicada. Considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato, Septiembre del 2013

.....
Dr. Ramiro Velasteguí, PhD

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el Trabajo de Investigación “**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS Y NUTRIENTES PARA EL CRECIMIENTO AGROECOLÓGICO DE UNA ESPECIE FORRAJERA EN HIDROPONÍA**”, corresponden exclusivamente a mi persona como ejecutora de este trabajo de investigación.

Ambato, Septiembre 2013

EL AUTOR

.....

Patricia del Pilar Castillo Manzano

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación, sobre el tema: **“Evaluación de diferentes sustratos y nutrientes para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía”**, de la estudiante: Patricia del Pilar Castillo Manzano

Ambato, Septiembre 2013

Para constancia firman:

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Las páginas de este libro dedico con todo amor, a mis padres, porque con su ejemplo han sabido guiarme y hacer de mí una persona de bien, a mi lindo esposo Eduardo y a mi precioso hijo David, que día a día supieron darme su apoyo incondicional y las palabras de aliento para seguir adelante.

LOS AMO MUCHO

AGRADECIMIENTO

A todos los maestros de la facultad, porque me han brindado todos los conocimientos necesarios para ser una buena profesional.

Al Dr. Ramiro Velastegui por su apoyo incondicional en la elaboración de la tesis.

Pero sobre todo agradezco a Dios por haberme permitido cumplir una meta más en mi vida

ÍNDICE

PÁGINAS PRELIMINARES

Tema	i
Aprobación del tutor	ii
Autoría	iii
Aprobación del tribunal de grado	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice	vii
Resumen	xiv

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Tema de Investigación	1
1.2	Planteamiento del Problema	1
1.2.1	Contextualización	2
1.2.2	Análisis Crítico	4
1.2.3	Prognosis	5
1.2.4	Formulación del Problema	5
1.2.5	Preguntas Directrices	5
1.2.6	Delimitación	6
1.3	Justificación	6
1.4	Objetivos	7
1.4.1	Objetivo General	7
1.4.2	Objetivos Específicos	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes Investigativos	8
2.2	Fundamentación Filosófica	9
2.3	Fundamentación Legal	10
2.4	Categorías Fundamentales	13
2.4.1	Marco Conceptual de la Variable Independiente	13
2.4.1.1	Sustratos Agrícolas	13
2.4.1.2	Sustratos para Hidroponía	14
2.4.1.3	Nutrientes Agrícolas	16
2.4.2	Marco Conceptual de la Variable Dependiente	21
2.4.2.1	Agroecología	21
2.4.2.2	Forraje Verde Hidropónico	22
2.4.2.3	Fertilizantes químicos usados en la agricultura ecológica	23
2.5	Hipótesis	24
2.6	Señalamiento de Variables	24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Modalidad Básica de la Investigación	25
3.2	Nivel o Tipo de Investigación	25
3.3	Población y Muestra	26
3.3.1	Población	26
3.3.2	Muestra	26
3.4	Operacionalización de Variables	27
3.5	Plan de recolección de Información	29
3.5.1	Técnicas de Recolección de Datos	29
3.5.2	Materiales y Métodos	29
3.5.2.1	Ubicación	29
3.5.2.2	Materiales	29

3.5.2.3	Métodos	30
3.6	Plan de procesamiento de la información	38

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Análisis de los resultados	39
4.1.1	Evaluación de sustratos accesibles y fórmulas nutritivas de bajo costo para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía	39
4.1.2	Selección del (los) mejor(es) tratamiento(s)	40
4.1.2.1	Análisis físico químico	40
4.1.2.2	Análisis vegetal	47
4.1.3	Estudio económico de los tratamientos	49
4.2	Interpretación de datos	49
4.2.1	Evaluación de sustratos accesibles y fórmulas nutritivas de bajo costo para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía	49
4.2.2	Selección del (los) mejor(es) tratamiento(s)	51
4.2.3	Estudio económico de los tratamientos	56
4.3	Verificación de hipótesis	57

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	58
5.2	Recomendaciones	59

CAPITULO VI PROPUESTA

6.1	Datos informativos	61
6.2	Antecedentes de la propuesta	62
6.3	Justificación	63
6.4	Objetivos	64
6.4.1	Objetivo general	64
6.4.2	Objetivo específico	64
6.5	Análisis de factibilidad	65
6.6	Fundamentación	66
6.6.1	Cultivo hidropónico	66
6.6.2	Hidroponía en sustratos	66
6.6.3	Raíz flotante	66
6.6.4	NFT	67
6.6.5	Aeroponía	67
6.6.6	Forraje verde hidropónico	67
6.7	Metodología	68
6.8	Administración	69
6.9	Previsión de evaluación	70

MATERIAL DE REFERENCIA

Bibliografía	70
Anexos	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Árbol de problemas	4
Gráfico 2.	Inclusión de variables	12
Gráfico 3.	Porcentaje de humedad en los tratamientos	40
Gráfico 4.	Porcentaje de materia seca con los tratamientos	41

Gráfico5.	Porcentaje de cenizas con los tratamientos	41
Gráfico6.	Porcentaje de proteína con los tratamientos	42
Gráfico7.	Porcentaje de extracto etéreo con los tratamientos	43
Gráfico8.	Porcentaje de fibra con los tratamientos	43
Gráfico9.	Porcentaje de fósforo en los tratamientos	45
Gráfico10.	Porcentaje de potasio en los tratamientos	45
Gráfico11.	Porcentaje de calcio en los tratamientos	46
Gráfico12.	Porcentaje de magnesio en los tratamientos	46
Gráfico13.	Cantidad de biomasa aérea en los tratamientos	47
Gráfico14.	Cantidad de biomasa subterránea en los tratamientos	48
Gráfico15.	Alturas de las plantas en los tratamientos	48
Gráfico16.	Alturas de las plantas con el tiempo	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Fórmula para la solución nutritiva química	16
Cuadro 2.	Funciones de los nutrientes en la plantas	17
Cuadro 3.	Contenido nutricional para alimentación de ganado vacuno	18
Cuadro 4.	Requerimientos Nutricionales para cuyes y conejos	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Lista de tratamientos	34
Tabla 2.	Tabla ANOVA	35
Tabla 3.	Recursos para la producción hidropónica	64

ANEXOS

DATOS OBTENIDOS

- Tabla B-1. Resultados del análisis bromatológico del forraje
- Tabla B-2. Resultados del análisis foliar del forraje
- Tabla B-3. Resultados del análisis vegetal
- Tabla B-4. Promedios del análisis bromatológico
- Tabla B-5. Promedios del análisis foliar
- Tabla B-6. Promedios del análisis vegetal

ANÁLISIS ESTADÍSTICO QUÍMICO BROMATOLÓGICO

- Tabla B-7. Análisis de varianzas de la humedad
- Tabla B-8. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-9. Prueba de Tukey para la humedad
- Tabla B-10. Análisis de varianzas de la materia seca
- Tabla B-11. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-12. Prueba de tukey para los tratamientos
- Tabla B-13. Análisis de Varianza de la cenizas
- Tabla B-14. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-15. Prueba tukey para los tratamientos
- Tabla B-16. Análisis de varianza de la proteína
- Tabla B-17. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-18. Prueba de tukey para los tratamientos
- Tabla B-15. Prueba tukey para los tratamientos
- Tabla B-16. Análisis de varianza de la proteína
- Tabla B-17. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-18. Prueba de tukey para los tratamientos

ANÁLISIS ESTADÍSTICO FOLIAR

- Tabla B-28. Análisis de Varianzas del Fósforo
- Tabla B-29. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

- Tabla B-30. Prueba de tukey
- Tabla B-31. Análisis de Varianzas del Potasio
- Tabla B-32. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-33. Prueba de Tukey
- Tabla B-34. Análisis de Varianzas del Calcio
- Tabla B-35. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-36. Prueba de Tukey
- Tabla B-37. Análisis de Varianzas del Magnesio
- Tabla B-38. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
- Tabla B-39. Prueba de Tukey

ESTUDIO ECONÓMICO

- Tabla B-40. Costo de los materiales utilizados para la elaboración de
15 m² de forraje
- Tabla B-41. Costos de los servicios básicos
- Tabla B-42. Costos de recursos humanos
- Tabla B-43. Costos de balanceados para alimentación animal

FOTOGRAFÍAS

- Figura B-1. Pesaje de las soluciones nutritivas química
- Figura B-2. Recolección de la tierra negra de páramo
- Figura B-3. Cajas forradas ocupadas para el cultivo
- Figura B-4. Elaboración del té de compost
- Figura B-5. Elaboración de la suspensión de tierra negra de páramo
- Figura B-6. Elaboración de la solución química
- Figura B-7. Lavado de la cascarilla de arroz
- Figura B-8. Pre germinación de las semillas
- Figura B-9. Riego de las unidades experimentales
- Figura B-10. Forraje a los 10 días de crecimiento
- Figura B-11. Forraje a los 15 días de crecimiento

RESUMEN

La gran cantidad de fertilizantes químicos, sequías, desastres naturales y otros problemas han provocado daños muy graves en la composición de nuestros suelos, erosionándolos o degradándolos. En el presente trabajo de investigación se elaboró forraje para la alimentación animal mediante el método de hidroponía utilizando como sustrato a la cascarilla de arroz y sin ningún sustrato; y cuatro fórmulas nutritivas (la química, té de compost, agua y solución de tierra negra de páramo) todas estas accesibles y de bajo costo para los agricultores.

Se realizó una pre germinación durante 2 días (24 horas en remojo y 24 horas en aireación), luego de esto pasaron a las cajoneras que sirvieron para su crecimiento durante 15 días. Estas cajoneras fueron previamente forradas con plástico negro de calibre 8 y colocadas mangueras para drenar el exceso de solución nutritiva. La cascarilla de arroz fue lavada con abundante agua antes de ser colocada en la bandeja y las soluciones nutritivas preparadas como se menciona en la metodología.

Los primeros cuatro días de crecimiento se regó con agua, a partir del quinto día con solución nutritiva hasta el día 10 y luego otra vez con agua para quitar el exceso de nutrientes hasta el día 15 en donde la cantidad de proteína está en el máximo.

Con todos los tratamientos se obtuvo características óptimas nutritivas, entre las principales está el porcentaje de proteína, la cual varía entre el (18 y el 23) % que según los requerimientos nutricionales tanto para ganado como para cuyes y conejos está en un rango adecuado. Asimismo se determinó nutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio, en los cuales no se observó diferencia significativa entre los tratamientos.

Finalmente se realizó un análisis económico de todos los tratamientos, y al comparar las soluciones nutritivas orgánicas con la solución nutritiva química, dio como resultado un ahorro del 75% al utilizar soluciones nutritivas orgánicas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema

Evaluación de diferentes sustratos y nutrientes para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía

1.2 Planteamiento del problema

Los cambios climáticos, desastres naturales y contaminantes ambientales han producido efectos contraproducentes para los sistemas de producción de pastos, cereales, leguminosas y otras, lo cual provoca una reducción general en los rendimientos afectando a las personas y animales que de estas dependen.

El uso inadecuado de fertilizantes además del sobrepastoreo, ha degradado los suelos, produciendo alteraciones en el nivel de fertilidad y consecuentemente en la economía de las personas que viven de esta actividad, ya que el costo y tiempo de rehabilitación de un suelo empobrecido es alto y de largo tiempo.

Con el aumento de la población el espacio para la agricultura ha disminuido y las personas se dedican a otras actividades provocando elevación de precios de los productos agrícolas en el mercado.

Los forrajes hidropónicos son una alternativa a la producción tradicional, por poseer excelentes características de rendimiento y menor tiempo de

producción, adicionalmente podría proveer a especies de animales un alimento con alto valor nutritivo.

En consecuencia, el forraje hidropónico es una solución práctica ante el problema planteado, por lo que se espera que el presente trabajo establezca las bases fundamentales para su aplicación biotecnológica en el medio.

1.2.1 Contextualización

En la actualidad los problemas ambientales mundiales han sido generados por actividades, procesos o comportamientos humanos, que han trastornado el entorno y ocasionan impactos negativos sobre el ambiente, la economía y la sociedad, cuyos efectos en mediano y largo plazo ponen en riesgo la biodiversidad y la calidad de vida de toda la humanidad. El cambio climático, el deterioro de los suelos, la contaminación de las aguas y del aire, la inadecuada explotación agrícola y forestal, la desaparición de especies, la pobreza en que vive las poblaciones, son algunos de los problemas que enfrenta nuestra sociedad por lo que se hace necesario fomentar conciencia sobre la importancia de la conservación ambiental y el manejo eficiente de los recursos naturales (FRERS, 2008).

La degradación del suelo está aumentando en muchas partes del mundo, según un nuevo estudio que recoge datos de un período de 20 años hecho público hoy por la FAO. Las consecuencias de este fenómeno incluyen una disminución de la productividad agrícola, la migración, la inseguridad alimentaria, los daños a recursos y ecosistemas básicos, y la pérdida de biodiversidad debido a cambios en los hábitat tanto a nivel de las especies como a nivel genético (FAO 2008).

En América Latina las políticas de desarrollo y expansión agrícola en las últimas décadas han conducido frecuentemente a la degradación de suelos y tierras, como consecuencia el suelo reacciona, se producen unos

cambios negativos en sus propiedades y se degrada. Actualmente existe una fuerte tendencia que clama por una utilización racional del suelo. Las teorías conservacionistas persiguen obtener más rendimientos pero con mínima degradación (SENTIS, 2010).

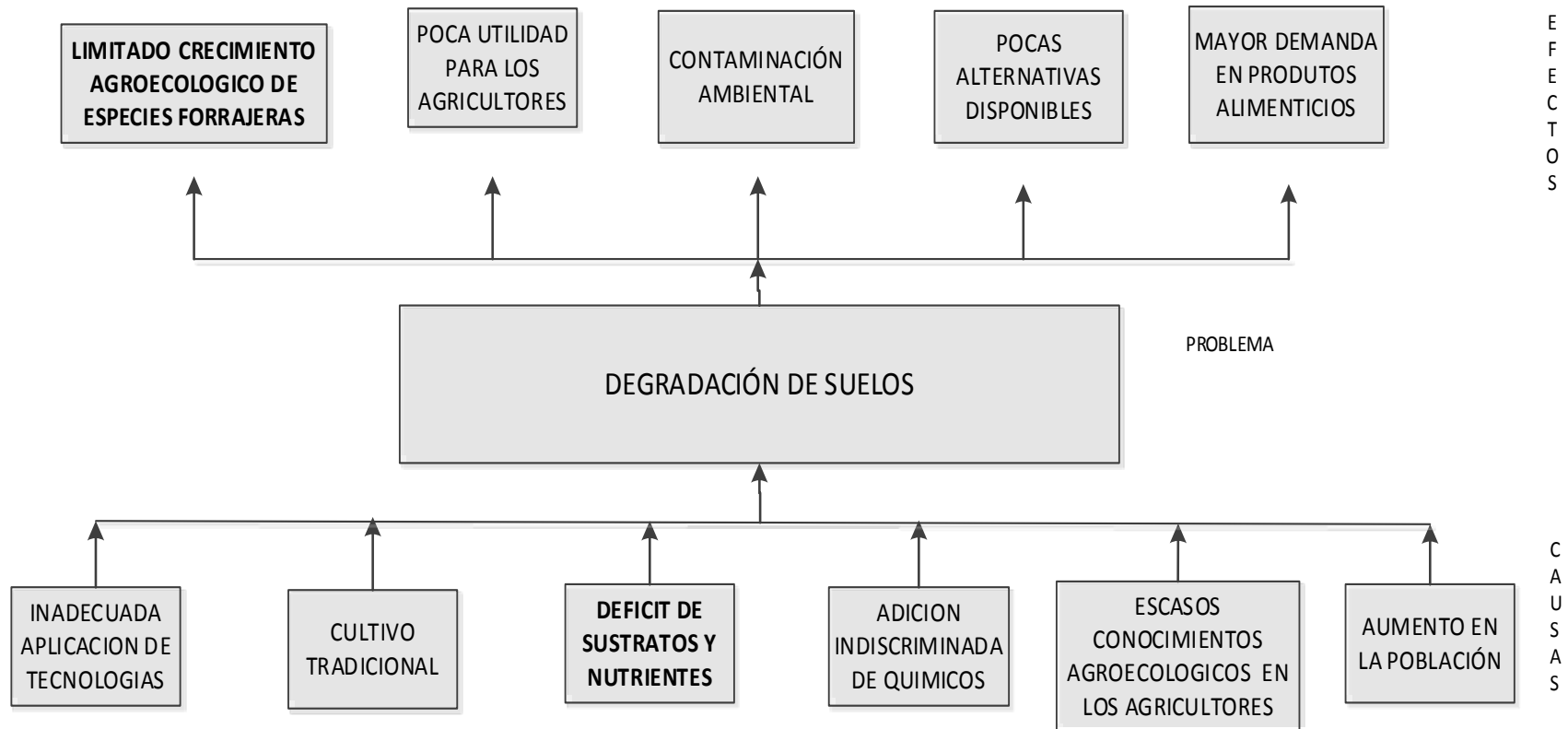
El Ecuador se caracteriza por la gran variedad y la riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se puede destacar la presencia de suelos volcánicos con un potencial agrícola elevado y una amplia gama de climas sobre distancias cortas, sin embargo, poco a poco la erosión ha venido afectando a los suelos agrícolas (NONI & TRUJILLO, 1986).

El Ecuador al igual que la mayoría de los países en desarrollo no ha escapado al problema de la erosión de los suelos, que afecta aproximadamente al 50% del suelo cultivado. Alrededor del 15% de las tierras degradadas se encuentran en el callejón interandino y sobre las vertientes que lo bordean, según una información técnica elaborada por el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (SUQUILANDA, 2012).

Tungurahua tiene extensas áreas que evidencian problemas de sobreutilización del suelo, principalmente por la incompatibilidad entre el uso actual y la aptitud. Predominan los cultivos en zonas con pendientes moderadas a fuertes. A esto se suma la acción de otros factores, como el agua, el viento, la gravedad y el uso agrícola intensivo de los predios, que originan la pérdida de suelo cultivable y erosión (SENPLADES, 2010).

1.2.2 Análisis Crítico

Gráfico1. Árbol de problemas



Elaborado por: Patricia Castillo

1.2.3 Prognosis

El estudio de nuevas tecnologías, como la hidroponía, ayudará en el incremento de producción, ahorro de agua, reducción de trabajo, mayor número de cosechas por año y sustitución efectiva de suelos agotados o no apropiados, lo cual mejorara significativamente la economía de los agricultores. Ayudará en la crianza de animales ya que se puede controlar la nutrición de las plantas de acuerdo a la especie animal que se esté alimentando. Si la presente investigación no se realiza su contribución no se ejecutará y una alternativa agroecológica no será posible, por lo tanto subsistirán problemas económicos en los agricultores, pues seguirán trabajando de manera artesanal y con ayuda de fertilizantes químicos que provocan suelos desgastados y altos costos de producción. Por lo tanto una alternativa ecológica como la hidroponía permitirá que los agricultores mejoren su calidad de vida y los consumidores tengan productos de buena calidad.

1.2.3 Formulación del problema

En la presente investigación se evaluó diferentes sustratos y nutrientes para el crecimiento de una especie forrajera en hidroponía, con la finalidad de solucionar la falta de productos para la alimentación animal y por tanto para la alimentación humana, de una manera alternativa a costos más bajos.

1.2.4 Preguntas directrices

- ¿Cuál es el contenido de proteína, biomasa aérea, biomasa radicular, materia orgánica y ceniza de los cultivos hidropónicos?
- ¿Mejorará el crecimiento de las plantas con tratamiento químico o un alternativo?
- ¿Cuál será el costo de producción de los cultivos hidropónicos?

- ¿Será posible una proyección a escala real en base a los mejores tratamientos?

1.2.5 Delimitación

1. Área: Biotecnología
2. Sub-área: Agroecología
3. Sector: Hidroponía
4. Sub-sector: Forrajes hidropónicos
5. Temporal: El desarrollo de la investigación se lo hizo entre los meses de Agosto 2012 a Agosto del 2013.
6. Espacial: La investigación se realizó en Laquigo, parroquia Augusto Martínez, cantón Ambato, provincia de Tungurahua

1.3 Justificación

La hidroponía tiene una justificación ambiental ya que es independiente del proceso productivo en cuanto a los ciclos biológicos del suelo, económico pues la inversión va a ser relativamente pequeña, los costos de tiempo y dinero son bajos con relación a la cantidad de fertilizantes químicos que se necesita para mejorar la tierra y la gran cantidad de mano de obra que se requiere; por esta razón el estudio de varios sustratos y nutrientes que sean accesibles a los agricultores y que en algunos casos son residuos de algunos procesos de fabricación es importante pues permite la posibilidad de producir alimentos de calidad con alta productividad en pequeñas áreas, poco personal y obteniendo productos para autoconsumo o venta generando ingresos. La hidroponía ayudará a enfrentar problemas en el ecosistema como los suelos degradados por fertilizantes químicos, problemas de sequía, salinidad de suelos y enfermedad que día a día son más difíciles de controlar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar diferentes sustratos y nutrientes para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar sustratos accesibles y fórmulas nutritivas de bajo costo para el cultivo hidropónico
- Seleccionar el(los) mejor(es) tratamiento(s).
- Realizar un estudio económico de los tratamientos investigados.
- Evaluar posibles sustratos y nutrientes para la producción agrícola de alimentos para el consumo humano en hidroponía

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

La hidroponía ha sido utilizada en forma comercial desde hace 50 años y se ha adaptado a diferentes situaciones, tanto con cultivos al aire libre como bajo condiciones de invernadero. Este sistema de producción se usa en algunos países y es importante porque permite cultivar especies para el consumo humano en regiones donde no existe suelo, sobre concreto o en pequeñas superficies protegidas o no protegidas (GILSANZ, 2007).

Hoy la hidroponía es la agricultura del futuro, es vista como una de las más fascinantes ramas de la ciencia agronómica y es responsable de la alimentación y la generación de ingresos para millones de personas alrededor del mundo. Se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas producto de la contaminación, la desertificación, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades y áreas urbanas (LEIVA, 2009).

En el 2011 en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca emprendieron un ambicioso trabajo de cultivos hidropónicos pionero en el Austro del país, sin embargo no han sido difundidas a los pequeños agricultores, que carecen de conocimiento sobre esta metodología (BATALLAS, 2011).

2.2 Fundamentación filosófica

Una imagen fundamental del objeto de estudio dentro de una disciplina sirve para definir lo que debe estudiarse, qué cuestiones deben preguntarse, cómo deben preguntarse y qué reglas deben seguirse al interpretar las respuestas obtenidas (ABRIL, 2003)

El paradigma positivista, también denominado paradigma cuantitativo empírico-analítico racionalista, es el paradigma dominante; el positivismo es una escuela filosófica que defiende determinados supuestos sobre la concepción del mundo y del modo de conocerlo, por lo que se extienden las características del positivismo a las dimensiones del paradigma (RÍOS 2010).

En el presente trabajose obtuvo datos numéricos sobre el análisis bromatológico y foliar de los cultivos que permite determinar cuál de los sustratos y nutrientes son los más adecuados para obtener un mejor forraje, y así verificar la hipótesis planteada.

El paradigma realista se centra en la descripción y comprensión del fenómeno, cuestiona la existencia de una realidad externa y valiosa para ser analizada; se centra en comprender la realidad desde diversos ángulos, desde una perspectiva dinámica, múltiple y holística, es decir todas las cualidades de una actividad (SALTOS, 2011).

Este paradigma es importante en el trabajo de investigación porque de esta manera se determinarácuál tratamiento es de mejor calidad, luego de analizar los datos numéricos obtenidos.

2.3 Fundamentación legal

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Título II. Derechos.

Capítulo segundo - Derechos del buen vivir. Sección segunda - Ambiente sano.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumakkawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Capítulo séptimo - Derechos de la naturaleza.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Título VI. Régimen de Desarrollo

Capítulo tercero - Soberanía alimentaria.

Art. 281.- La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente.

Para ello, será responsabilidad del Estado:

Promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella; así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas.

Título VII. Régimen del Buen Vivir

Capítulo primero - Inclusión y Equidad. Sección octava - Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Capítulo segundo - Biodiversidad y recursos naturales. Sección primera - Naturaleza y ambiente.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que

conservar la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Capítulo segundo - Biodiversidad y recursos naturales. Sección tercera - Patrimonio natural y ecosistemas.

Art. 404.- El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. Su gestión se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo al ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley.

Capítulo segundo - Biodiversidad y recursos naturales. Sección quinta – Suelo

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

2.4 Categorías fundamentales

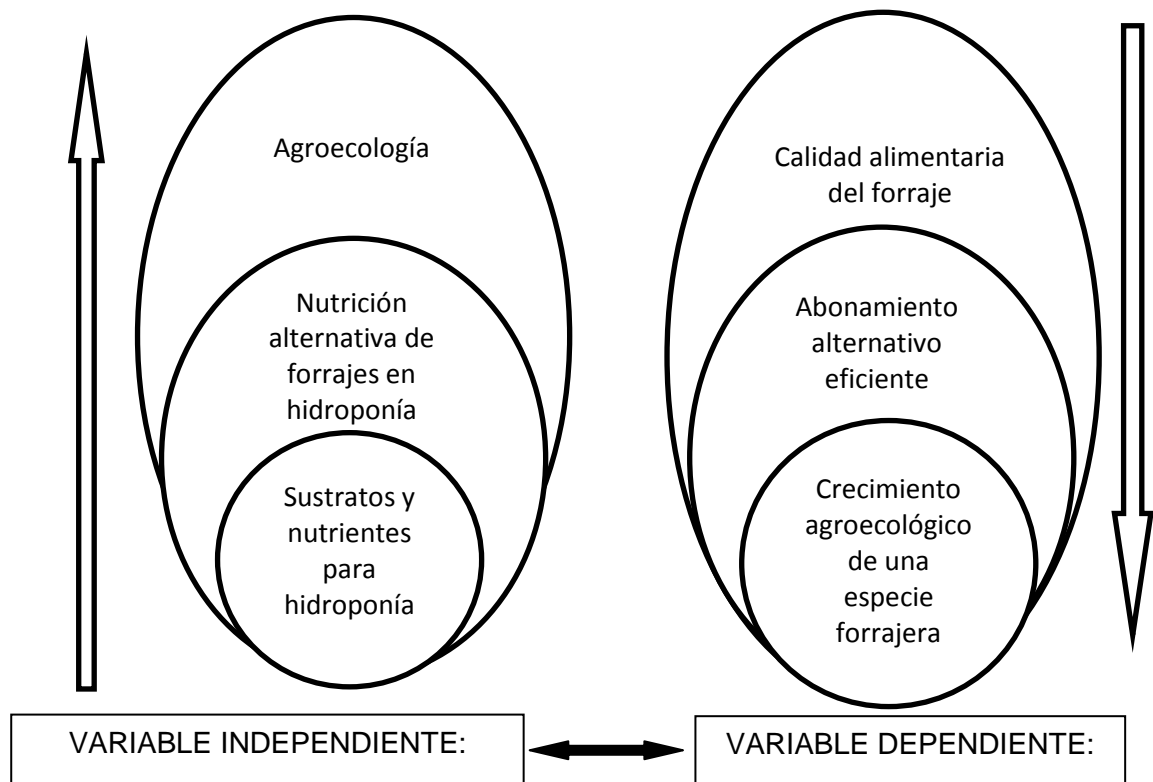


Gráfico2. Inclusión de variables

Elaborado por: Patricia Castillo

2.4.1 Marco Conceptual de la Variable Independiente:

2.4.1.1 SUSTRATOS AGRÍCOLAS

El término sustrato que se aplica en agricultura se refiere a todo material natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado y cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno (KESTER &HARTMANN,2002).

En hidroponía se utilizan sustratos o medios de cultivo que es el material en el cual crecen las plantas y que sustituyen al suelo en la función de sostener. Dentro de sus características no debe descomponerse con facilidad, ni contener elementos u organismos perjudiciales (hongos, bacterias, etc.), tampoco debe contener residuos industriales o humanos. Sin embargo, el mismo debe retener la humedad, tener buen drenaje, ser liviano y abundante, fácil de conseguir y transportar, ser de bajo costo y permitir la aireación de las raíces (GAMBOA, 2011).

Los sustratos deben tener gran resistencia al desgaste o a la meteorización y es preferible que no tengan sustancias minerales solubles para no alterar el balance químico de la solución nutritiva que será aplicada. El material no debería ser portador de ninguna forma viva de macro o micro organismo, para disminuir el riesgo de propagar enfermedades o causar daño a las plantas, o a los animales que las van a consumir (CALDERÓN, 2009).

2.4.1.2 SUSTRATOS PARA HIDROPONÍA

Tipos de sustratos

- Sustrato líquido (agua)
- Sustrato sólido:
 - Cascarilla de arroz
 - Aserrín de maderas que no sean rojas ni de pino
 - Fibra de coco
 - Piedra volcánica
 - Arena de río
 - Piedra pómez
 - Trozos de ladrillos o teja de barro
 - Espuma de poliuretano
 - Carbón

Los sustratos sólidos se caracterizan por:

- El tamaño de las partículas no inferior a 0,2 mm y ni superior a 0,7 mm.
- Son mejores los que son inertes, es decir, los que no aportan nutrientes al cultivo.
- Que no se descomponen y si lo hacen que lo hagan lentamente
- Deben estar libre de patógenos que puedan afectar la salud de los humanos o de los cultivos.
- Que no esté contaminado con desechos industriales o humanos
- Que retengan humedad, pero que faciliten la salida de exceso de agua.

Algunos sustratos que son desechos de otras actividades como

- Derivados de la Explotación Forestal
- Limpieza de Bosques: Mantillo vegetal, hojas, acículas
- Industria de la Madera: Corteza, aserrín o virutas de la madera
- Cereales: Restos de cosecha, paja.
- Caña de azúcar: Restos de la caña de Azúcar (bagazo)
- Coco: Fibra de Coco
- Excrementos: Estiércol
- Piel y Lana: Lana
- Molinos de Arroz: Cáscara de arroz
- Actividades Industriales Diversas
- Industria Textil: Algodón, Lino, Fibras acrílicas
- Altos Hornos: Escorias del carbón
- Recogidas de Basuras: basuras
- Depuradoras de Aguas residuales: Aguas residuales
- Jardinería Urbana: Restos Vegetales
- Turbas: Turbas
- Explotaciones Mineras

- Lana de Roca, fibra de vidrio, perlita, vermiculita etc.
- Policarbonatos de Síntesis
- Poli estireno expandido
- Poliuretanos (BURES, 2002).

2.4.1.3 Nutrientes Agrícolas

El nutriente es un producto que contiene todos los elementos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse. Estos vienen diluidos en agua y la persona que cultiva debe diluirlos aún más para aplicarlos a las hortalizas (GAMBOA ,2011).

Existen 16 elementos que se consideran esenciales para el desarrollo de las plantas, si alguno de ellos no está presente la planta no puede completar su ciclo biológico. Además de estos elementos algunas especies requieren de otros elementos como son el cobalto, níquel, silicio y selenio.

Las plantas toman del aire y el agua: el Carbono (C), el Hidrógeno (H) y el Oxígeno (O₂).

Los nutrientes se clasifican en:

Macronutrientes:

- Nitrógeno (N)
- Fósforo (P)
- Potasio (K)
- Calcio (Ca)
- Magnesio (Mg)
- Azufre (S)

Micronutrientes:

- Molibdeno (Mo)
- Cobre (Cu)

- Zinc (Zn)
- Manganeso (Mn)
- Hierro (Fe)
- Boro (B)
- Cloro (Cl)

Cuadro 1. Fórmula para la solución nutritiva química para hidroponía

FUENTE	CANTIDAD(g/para 10 L)
Fosfato mono amónico	340,0
Nitrato de calcio	2080,0
Nitrato de potasio	1100,0
Sulfato de magnesio	492,0
Quelato de hierro	50,0
Sulfato de manganeso	2,48
Ácido bórico	6,2
Sulfato de zinc	1,2
Sulfato de cobre	0,48
Molibdato de amonio	0,02

Fuente: NARVÁEZ, 2005

Elaborado por: Patricia Castillo

Cuadro 2. Funciones de los nutrientes en la plantas

FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS		
Nutriente		Función
MACRONUTRIENTES	Nitrógeno (N)	Estimula el crecimiento rápido; favorece la síntesis de clorofila, de aminoácidos y proteínas.
	Fosforo (P)	Estimula el crecimiento de la

		raíz; favorece la formación de la semilla; participa en la fotosíntesis y reparación.
	Potasio (K)	Acentúa el vigor; aporta resistencia a las enfermedades, fuerza al tallo y calidad a la semilla.
MICRONUTRIENTES	Calcio (Ca)	Constituyente de las paredes celulares; colabora con división celular.
	Magnesio (Mg)	Componente de la clorofila, las enzimas y de las vitaminas; aporta el color verde a las hojas.
	Azufre (S)	Esencial para la formación de aminoácidos y vitaminas; aporta el color verde a las hojas
OLIGOELEMENTOS	Boro (B)	Importante en la floración, formación de los frutos y división celular.
	Cobre (Cu)	Componente de las enzimas; colabora en la síntesis de clorofila y la respiración.
	Hierro (Fe)	Catalizador en la formación de clorofila; componente de las enzimas.
	Manganeso (Mn)	Participa en la síntesis de clorofila.
	Molibdeno (Mo)	Colabora con la fijación de nitrógeno y con la síntesis de

		proteínas.
	Zinc (Zn)	Esencial para la formación de auxina y almidón.

Fuente: Parker, 2000.

Elaborado por: Patricia Castillo

Cuadro 3. Requerimientos nutricionales para alimentación de ganado vacuno

Parámetros	Terneros de 3 a 6 meses	Terneros de 6 a 12 meses	Vacas de 13 a 24	Vacas 2 meses antes del parto
Peso corporal (kg)	200	300	450	550 - 570
Materia seca (kg)	5,0	7,2	11,4	10,9
Energía NDT (%)	67,0	65,0	65,0	70,0
Proteína (%)	18,0	19,0	20,0	22,0
FDA (%)	20,0	22,0	23,0	25,0
FDN (%)	30,0	32,0	33,0	35,0
Grasa (%)	2,0	2,0	2,0	2,0
Calcio (%)	0,41	0,41	0,37	0,48
Fósforo (%)	0,28	0,23	0,18	0,26
Magnesio (%)	0,11	0,11	0,08	0,4
Potasio (%)	0,47	0,48	0,46	0,52

Fuente: Universidad Agraria la Molina, 2011

Elaborado por: Patricia Castillo

Cuadro 4. Requerimientos Nutricionales para cuyes y conejos

NUTRIENTES	CONCENTRACIÓN EN LA DIETA
Proteína,%	18,0
Energía Digestible, kcal/kg.	3000,0
Fibra,%	10,0
Ácido graso insaturado. %	<1,0
<u>Aminoácidos</u>	
Arginina, %	1,2
Histidina, %	0,35
Isoleucina, %	0,6
Leucina, %	1,08
Lisina, %	0,84
Metionina, %	0,6
Fenilalanina, %	1,08
Treonina, %	0,6
Triptófano, %	0,18
Valina, %	0,84
<u>Minerales</u>	
Calcio,%	0,8 – 1,0
Fósforo,%	0,4 – 0,7
Magnesio,%	0,1 – 0,3
Potasio,%	0,5 – 1,4
Zinc, mg/kg	20,0
Manganeso, mg/kg	40,0
Cobre, mg/kg	6,0
Fierro, mg/kg	50,0
Yodo, mg/kg	1,0
Selenio, mg/kg	0,1
Cromo, mg/kg	0,6
<u>Vitaminas</u>	
Vitamina A, UI/kg	1000,0

Vitamina D, UI/kg	7,0
Vitamina E, UI/kg	50,0
Vitamina K, mg/kg	5,0
Vitamina C, mg/kg	200,0
Tiamina, mg/kg	2,0
Riboflavina, mg/kg	3,0
Niacina, mg/kg	10,0
Piridoxina, mg/kg	3,0
Ácido Pantoténico, mg/kg	20,0
Biotina, mg/kg	0,3
Ácido Fólico, mg/kg	4.0
Vitamina B12, mg/kg	10.0
Colina g/kg	1.0

Fuente: UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA, 2011

Elaborado por: Patricia Castillo

2.4.2 Marco Conceptual de la Variable Dependiente:

2.4.2.1 Agroecología

La agroecología se perfila como una disciplina única que delinea los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar, manejar y evaluar agro ecosistemas desde un punto de vista integral, incorporando dimensiones culturales, socioeconómicas, biofísicas y técnicas.

La idea consiste en desarrollar agroecosistemas con dependencia mínima en agroquímicos e insumos energéticos, enfatizando sistemas agrícolas complejos, en los cuales, las interacciones ecológicas y las sinergias entre los componentes biológicos proporcionan los mecanismos para que los sistemas agroecológicos subsidien su propia fertilidad del suelo, productividad y la protección de cultivos (GALLARDO, 2001).

2.4.2.2 Forraje verde Hidropónico

El Forraje Verde Hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, como la cebada, trigo, avena y maíz. El cual se desarrolla en un período de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva.

El proceso de producción del forraje verde hidropónico está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se requiere grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento. El forraje verde hidropónico es destinado para la alimentación de cuyes, vacas lecheras, caballos de paso y de carreras, ovinos, conejos, etc. (MOLINA, 2012).

Tipos de forrajes:

La línea de semilla de forrajes, se complementa con las semillas de verdes de invierno y verano junto a variedades de híbridos, distintos tipos de sorgos forrajeros, graníferos, semilla de maíz, entre otras (INTA, 2011).

Forrajas / pasturas:

Alfalfa, Lotus Corniculatus, Lotus Tenuis, Melilotus Alba, Trébol Blanco, Trébol frutilla y Trébol Rojo.

Semillas Gramíneas:

Agropiro, Cebadilla, Falaris Bulbosa, Festuca Alta, Festulolium, Pasto Ovillo, Rey gras Anual, Rey gras Perenne.

Semillas Verdes e Híbridos:

Avena, Moha, Vicia, Maíz Forrajero, Sorgo BMR, Sorgo Granífero, Sorgo Forrajero (VALBUENA & MANCILLA, 2002).

2.4.2.3 Fertilizantes químicos usados en agricultura ecológica

No se usan fertilizantes químicos convencionales porque los nitratos contaminan las aguas dulces. Son muy solubles los nitratos y se infiltran por el suelo alcanzando las aguas subterráneas. En la propia fabricación de los abonos se emiten agentes contaminantes (óxidos de nitrógeno, emisiones en polvo de flúor) (INFOJARDIN, 2002).

Pero si se puede ocupar aquellos como:

K- Mag: El Sulfato de Potasio y Magnesio (K-Mag) es un excelente fertilizante que contiene una triple fórmula de nutrientes esenciales para los cultivos, es una fuente de Potasio con 22% (K_2O), 11% de Magnesio elemental (equivalente a 18% de MgO) y 22% de Azufre (SO_4). El Sulfato de Potasio y Magnesio (K-Mag) es un fertilizante clasificado como 100% natural, esto ya que se obtiene del mineral conocido como Langbeinita el cual es un mineral compuesto principalmente de Sulfato de Potasio (K_2SO_4) y Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$), con un contenido de 21% a 25 % de K_2O (FERTISQUISA,2007).

Sulpomag: El Sulpomag Premium suministra a la planta los tres nutrimentos esenciales: Potasio (20 % K_2O), magnesio (10% Mg) y azufre (21% S).

Es un fertilizante de gránulos muy homogéneos que se usa principalmente para la manufactura de mezclas físicas. Este material tienen varias ventajas sobre los productos granulares normales ya que es

menos abrasivo, tienen una densidad más baja por bulto y los gránulos son muy homogéneos (FERTISA, 2009).

Estos son dos de los fertilizantes químicos que se permiten en la agricultura orgánica y que son los más utilizados.

2.5 Hipótesis

Hipótesis Alternativa

¿Los sustratos y nutrientes para hidroponía inciden en el crecimiento agroecológico de una especie forrajera?

Hipótesis Nula

¿Los sustratos y nutrientes para hidroponía no inciden en el crecimiento agroecológico de una especie forrajera?

2.6 Señalamiento de variables

Variable independiente: Evaluación de diferentes sustratos y nutrientes para hidroponía

Variable dependiente: Crecimiento agroecológico de una especie forrajera

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

Las modalidades que se emplearon en la presente investigación fueron:

Investigación documental: Este tipo de investigación fue muy importante ya que se necesitó de fuentes bibliográficas como libros, revistas y páginas web que permite conocer más sobre el tema.

Investigación de campo: este tipo de investigación permite observar de manera clara y concisa como los suelos de nuestra zona se están desgastando y el impacto que el cultivo hidropónico tendrá.

Investigación de laboratorio: luego de obtener los cultivos hidropónicos se realizó el análisis bromatológico y foliar.

3.2 Nivel o tipo de investigación

Exploratorio: Esta investigación fue necesaria ya que uno de los objetivos plantea la examinación de variables que determinará el mejor tratamiento para el proceso de hidroponía

Explicativo: La finalidad de esta investigación fue explicar el comportamiento de una variable en función de otra, así pues en el presente trabajo se explicacómo diferentes sustratos y nutrientes influyen en el crecimiento de una especie forrajera en hidroponía

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Totalidad de plantas que estaban bajo el sistema hidropónico en investigación.

3.3.2 Muestra

Se tomó 1000 gramos de forraje de cada replica para los análisis de laboratorio requeridos

3.4 Operacionalización de variables

Variable Independiente. Sustratos y nutrientes para hidroponía

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICES	ÍTEM BÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La evaluación de sustratos y nutrientes para hidroponías una alternativa ecológica de bajo costo, que permite la obtención de un cultivo con un alto valor nutritivo.	<ul style="list-style-type: none"> - Alternativa ecológica - Cultivos con alto valor nutritivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de sustratos y nutrientes - Costo de materia prima - Retención de agua - Análisis bromatológico - Análisis foliar 	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidad de acceso y preparación - Precio (\$) - Porcentaje (%) - Porcentaje (%) - Porcentaje (%) 	<p>¿Cuál será la disponibilidad de sustratos y nutrientes?</p> <p>¿Cuál será el costo de la materia prima?</p> <p>¿Cuál será la retención de agua necesaria?</p> <p>¿Cuál será el contenido bromatológico del cultivo?</p> <p>¿Cuál será el contenido foliar del cultivo?</p>	<p>Investigación de campo</p> <p>Investigación de campo</p> <p>Investigación experimental</p> <p>Análisis químico</p> <p>Análisis químico</p>

Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Variable Dependiente. Crecimiento agroecológico de una especie forrajera

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICES	ÍTEM BÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El crecimiento agroecológico de una especie forrajera se conceptualiza como una alternativa para los agricultores que requieren cultivos de alto rendimiento y de buena calidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento de los cultivos - Calidad del forraje 	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento de biomasa aérea - Rendimiento de biomasa subterránea - Altura de la planta - Contenido de nutrientes esenciales - Tiempo de crecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Gramos (g) - Gramos (g) - Centímetros (cm) - Porcentaje (%) - Días 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál será el rendimiento de la biomasa aérea de la planta? - ¿Cuál será el rendimiento de la biomasa subterránea de la planta? - ¿Cuál será la altura de planta? - ¿Cuál será el contenido de nutrientes esenciales del forraje? - ¿Cuál será el tiempo de crecimiento necesario para el forraje? 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación experimental Investigación experimental Investigación experimental Análisis químico Investigación de campo

Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

3.5 Plan de recolección de información

3.5.1 Técnica de recolección de información

En la presente investigación se recolectó información mediante los análisis de laboratorio, pues se realizó estudios para determinar cuál de los forrajes obtenidos con los diferentes sustratos y nutrientes es el mejor.

3.5.2 Materiales y métodos

3.5.2.1 Ubicación

El cultivo del forraje se realizó en Laquigo, parroquia Augusto Martínez, cantón Ambato, provincia de Tungurahua y los análisis en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y en los Laboratorios de Agrocalidad (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro) en la ciudad de Quito (Tumbaco)

3.5.2.2 Materiales

Materiales para el cultivo

- Cajas
- Plástico negro
- Mangueras
- Baldes
- Semilla de una especie forrajera
- Sustratos
- Nutrientes químicos
- Nutrientes orgánicos

Materiales para la elaboración de la solución nutritiva orgánica

- Compost
- Andisol (Tierra negra de páramo)
- Costales
- Bidones

Materiales para la elaboración de la solución nutritiva química

Solución concentrada A:

- Fosfato mono amónico
- Nitrato de calcio
- Nitrato de potasio

Solución concentrada B:

- Sulfato de magnesio
- Quelato de hierro
- Sulfato de manganeso
- Ácido bórico
- Sulfato de zinc
- Sulfato de cobre
- Molibdato de amonio

Materiales de Laboratorio

- Vasos de precipitación
- Bureta
- Agitadores

Equipos de laboratorio

- Balanza

Materiales de Oficina

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Lápices
- Esferos
- Carpeta
- Libreta
- Impresiones

3.5.2.3 Métodos

El experimento completo se repitió en dos ocasiones con el propósito de obtener los resultados más confiables.

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ACCESIBLES Y FÓRMULAS NUTRITIVAS DE BAJO COSTO PARA EL CRECIMIENTO AGROECOLÓGICO DE LA ESPECIE FORRAJERA.

1. Elaboración de soluciones nutritivas

La solución de nutrientes hidropónicos está compuesta de dos componentes; la solución A y la Solución B. La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

Composición de la solución concentrada A

- | | |
|------------------------|--------|
| - Fosfato mono amónico | 340 g |
| - Nitrato de calcio | 2080 g |
| - Nitrato de potasio | 1100 g |

Composición de la solución concentrada B

- Sulfato de magnesio	492 g
- Quelato de hierro	50 g
- Sulfato de manganeso	2,48 g
- Ácido bórico	6,2 g
- Sulfato de zinc	1,2 g
- Sulfato de cobre	0,48 g
- Molibdato de amonio	0,02 g

Preparación de las soluciones concentrada A

En un recipiente plástico se midió 6 litros de agua y allí se vertió uno por uno los elementos (Fosfato mono amónico, nitrato de calcio y nitrato de potasio) siguiendo el orden anotado. Sólo se agregó el segundo nutriente cuando ya se haya disuelto totalmente el primero y el tercero cuando se hayan disuelto los dos anteriores. Cuando quedaron muy pocos restos de los fertilizantes aplicados se completó con agua hasta alcanzar 10 litros y se agitó durante 10 minutos más, hasta que no aparezcan residuos sólidos. Así se obtuvo la solución concentrada A que fue envasada, etiquetada y conservada en un lugar oscuro y fresco (LLANOS, 2001).

Preparación de la solución concentrada B:

En un recipiente plástico se midió 2 litros de agua y allí se vertió uno por uno los elementos (sulfato de magnesio, quelato de hierro, sulfato de manganeso, ácido bórico, sulfato de zinc, sulfato de cobre y molibdato de amonio) siguiendo el orden. Es preferible no agregar ninguno antes de que el anterior se haya disuelto completamente, se disolvió por 10 minutos más hasta que no queden residuos sólidos de ninguno de los componentes, después se completó el volumen con agua hasta obtener 4 litros y se agitó durante 5 minutos más (LLANOS, 2001).

Elaboración del té de compost

Según VELASTEGUI, 2005 en la sección de “Alternativas ecológicas para nutrición vegetal” señala que poner en remojo a materiales tales como el compost, el bokashi y los estiércoles, proveen de un extracto bioestimulante que solo o diluido en agua puede ser aplicado por aspersión al forraje de las plantas o al suelo mediante los sistemas de riego. Para el presente trabajo en un saco de yute se colocó el material orgánico y se sumergió en un tanque de 200 litros de agua por 4 días.

Elaboración de solución de tierra negra de páramo.

Para elaborar esta solución se recolectó tierra negra de páramo de Pilahuin, y se diluyó 250 gramos por cada 4 litros de agua, se mezcló vigorosamente esperando que libere todos los nutrientes que contiene y finalmente se filtró.

SELECCIÓN DEL (LOS) MEJOR (ES) TRATAMIENTOS

La investigación se realizó en Laquigo, parroquia Augusto Martínez, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, bajo techo, con iluminación y ventilación normales.

Con la ayuda de un higrómetro se tomó datos de temperaturas de los días en que se desarrolló el crecimiento del forraje, los cuales están en un rango de entre (12 y 18)°C para el día y entre (8 y 13) °C para la noche.

Al finalizar el proceso de crecimiento se realizó la recolección de muestras, las cuales fueron enviadas a Quito – Tumbaco al Laboratorio de Agrocalidad para el respectivo análisis foliar y bromatológico.

En el presente trabajo se utilizó un diseño factorial A *B pues se analizó dos factores, el factor A que corresponde al cultivo en cascarilla de arroz y sin cascarilla de arroz y el factor B que corresponde a los nutrientes (solución química, té de compost, agua potable y tierra negra de páramo)

Modelo matemático

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

μ : es el efecto medio global.

α_i : es el efecto incremental sobre la media causada por el nivel i del factor A.

β_j : el efecto incremental sobre la media causada por el nivel j del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del Factor A y el nivel j del factor B.

ϵ_{ijk} : el término de error

Características del experimento

Número de repeticiones: 2

Número de tratamientos: $2 * 4 = 8$

Unidades experimentales: 16

Tabla 1. Lista de tratamientos

Tratamiento	Descripción
1	Cascarilla de arroz + solución nutritiva química
2	Cascarilla de arroz + té de compost
3	Cascarilla de arroz + agua
4	Cascarilla de arroz + tierra negra de páramo
5	Sin sustrato + solución nutritiva química
6	Sin sustrato + té de compost
7	Sin sustrato + agua
8	Sin sustrato + tierra negra de páramo

Elaborado por: Patricia Castillo

Tabla 2. Tabla ANOVA

Fuente de Variación (F.V)	Grados de libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Razón de varianza (RV)	F Tabulado (F _t →0.05)
Replicas	r - 1	$= \frac{1}{ab} \sum_i Y_{i..}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rab}$	$\frac{SCR}{GL}$		
Factor A	a - 1	$= \frac{1}{rb} \sum_j Y_{.j.}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rab}$	$\frac{SCA}{GL}$		
Factor B	b - 1	$= \frac{1}{ra} \sum_k Y_{..k}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rab}$	$\frac{SCB}{GL}$		
Interacción	(a - 1)(b - 1)	= SCTr - SCA - SCB	$\frac{SCAB}{GL}$		
Error		=SCT - SCTr - SCR			
Total	(rab) -1	$= \sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rab}$	$\frac{SCT}{GL}$		

Elaborado por: Patricia Castillo

Toma de muestra

Se tomó de cada una de las cajas 1 kg de muestra para realizar los análisis al finalizar la etapa de crecimiento, con dos repeticiones para asegurar los datos obtenidos.

Análisis Físico-Químicos

Los análisis bromatológicos y foliar se realizó en el laboratorio de Agrocalidad localizada en Tumbaco de la ciudad de Quito, en donde se obtuvo datos como: porcentaje de proteína, grasa, fibra, cenizas, humedad, materia seca, N, P, K, Ca, y Mg.

Humedad

Conocer el contenido de agua en los alimentos es muy importante para el nutricionista y ganadero. La determinación de Materia Seca que es el residuo que queda después de extraída la humedad siempre es un

proceso empírico. La porción de materia seca es la que contiene los nutrimentos. En alimentos almacenados es necesario controlar la humedad y mantenerla a un nivel inferior al crítico de (10-12) %, de lo contrario el alimento se deteriora o pierde totalmente por acción del moho que puede generar toxinas. Es un análisis del sistema Weende que se lleva a cabo en horno a 135 °C y peso del residuo (Materia Seca) (CINA, 2012). El análisis de humedad se realizó al final del crecimiento en las dos replicas.

Proteína cruda

El análisis hace referencia a Proteína Cruda porque el método determina nitrógeno como componente de todas las proteínas. El método Kjeldahl es el utilizado para determinar el nitrógeno verdadero no así para el nitrógeno de derivados nitro o azo.

La cantidad de proteína de la mayoría de los alimentos se obtiene al multiplicar el porcentaje de N por el factor de 6,25 porque la mayoría de las proteínas contienen un 16 % de Nitrógeno (CINA, 2012). El análisis de proteína cruda se realizó al final del crecimiento en las dos replicas.

Extracto etéreo

Sirve para medir la cantidad de grasa contenida en un alimento o verificar la pureza de alguna grasa o aceite. Se realizan extracciones con éter etílico. Para el análisis proximal de materiales vegetales, siempre debe hacerse referencia al “extracto etéreo” y no al de “grasa”, para designar la porción extraída; esto se debe que además de grasa, el éter extrae pigmentos vegetales, ceras, etc. Este método se aplica para la determinación de extracto etéreo en alimentos balanceados, forrajes y materias primas para animales excepto para alimentos extrusados, productos del secado de leche o contenido de urea (CINA, 2012). El análisis de extracto etéreo se realizó al final del crecimiento en las dos replicas.

Cenizas

Es el residuo inorgánico de una muestra incinerada, se determina con el propósito de analizar el mineral, cantidad de materia orgánica, total de nutrimentos digeribles y señalar la presencia de adulterantes minerales. La determinación de ceniza permite encontrar la adición de materias inorgánicas a un alimento. Se basa en la calcinación de la muestra a 600°C (CINA, 2012). El análisis de cenizas se realizó al final del crecimiento en las dos replicas.

Altura de las plantas (cm): De los diferentes tratamientos se determinó la altura del forraje utilizando una regla graduada y así verificar si el crecimiento varía entre tratamientos (SÁNCHEZ & ALVARADO, 2008). La altura de la planta se midió desde el décimo día de crecimiento, con intervalo de 1 día hasta el día 15 en las dos replicas.

Rendimiento de biomasa subterránea y aérea (g): Para determinar el rendimiento de biomasa en estado fresco se pesó las raíces que corresponde a la biomasa subterránea, los tallos, hojas e inflorescencias que corresponde a la biomasa aérea (MAPES, 1995). El rendimiento de la biomasa se determinó al final de la fase experimental.

ESTUDIO ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS INVESTIGADOS

El estudio económico permitió determinar la cantidad de recursos económicos que son necesarios para que el trabajo se realice, para lo cual se consideró costos de los materiales, mano de obra y reactivos que se ocuparon para la elaboración del forraje.

3.6 Plan de procesamiento de la información

Luego de obtener los datos se procedió a tabular y elaborar gráficos de barras y luego analizados mediante el paquete estadístico INFOSTAT, a fin de sustentar apropiadamente los resultados.

La interpretación de resultados se realizó utilizando la información estadística obtenida con INFOSTAT y comparada con bibliografía relacionada a los requerimientos nutricionales de los animales, finalmente sellegó a la aceptación o rechazo de la hipótesis de investigación y delinear las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados

4.1.1 Evaluación de sustratos accesibles y fórmulas nutritivas de bajo costo para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía

Para evaluar los sustratos fue necesario tener en consideración las siguientes características: no debe descomponerse con facilidad, ni contener elementos u organismos perjudiciales (hongos, bacterias, etc.), tampoco contener residuos industriales o humanos. Sin embargo este debe retener la humedad, tener buen drenaje, fácil de conseguir y transportar, ser de bajo costo y permitir la aireación de las semilla (GAMBOA, 2011)

Mientras que los sustratos no deberán ser portadores de ninguna forma de vida, para disminuir el riesgo de propagar enfermedades o causar daño a las plantas, y a los animales que la van consumir.

El crecimiento de la especie forrajera fue en la cascarilla de arroz y sin ningún sustrato, y con cuatro fórmulas nutritivas como la solución química hidropónica, té de compost, agua y solución de tierra negra de páramo, las cuales son de fácil acceso y de bajo costo para los agricultores. Cabe mencionar que las fórmulas nutritivas fueron seleccionadas porque están cerca del entorno natural, propios de la sierra, sin necesidad de largos viajes.

4.1.2 Selección del (los) mejor (es) tratamientos

4.1.2.1 Análisis físico químico

En el presente trabajo se realizó el análisis químico del forraje obtenido a los 15 días de crecimiento.

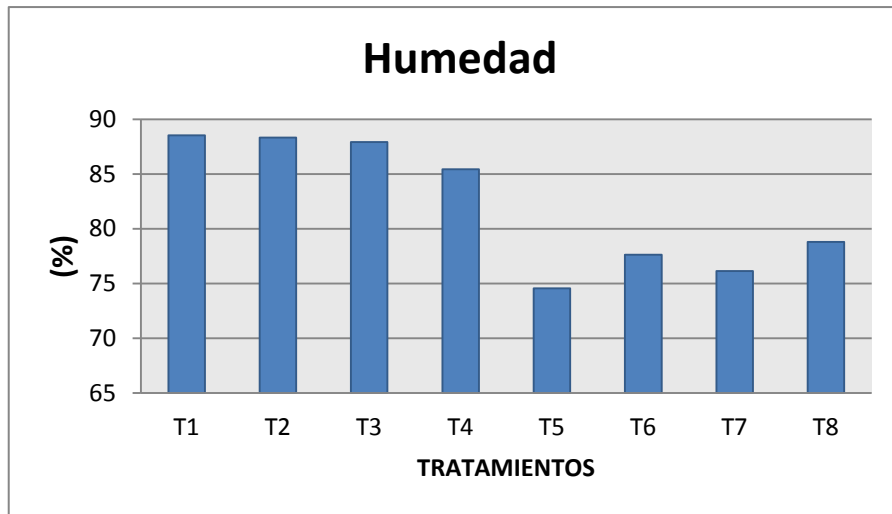
Para esto se realizó el análisis bromatológico que comprende el porcentaje de: humedad, materia seca, cenizas, proteína, grasa y fibra.

Análisis foliar que permitió determinar nutrientes esenciales como: porcentaje de fósforo (P), porcentaje de potasio (K), porcentaje de calcio (Ca) y porcentaje de magnesio (Mg).

Análisis Bromatológico

Humedad: la humedad es indispensable en la alimentación animal, ya que se refiere a la cantidad de agua que el forraje contiene, y este depende del tipo y del estado de madurez en que se encuentre. En el caso del forraje que se produjo estuvo en una etapa de madurez temprana, por lo tanto la cantidad de humedad que está presente fue alta. Como se puede observar en el gráfico 3 y a los datos consignados en el anexo tabla B-1 existe mayor cantidad de humedad en el cultivo con sustrato, mientras que en el cultivo sin sustrato la cantidad de agua es un poco baja, esto se debe a que la cascarilla de arroz que se ocupó como sustrato retiene gran cantidad de agua manteniendo con nutrientes a la planta todo momento.

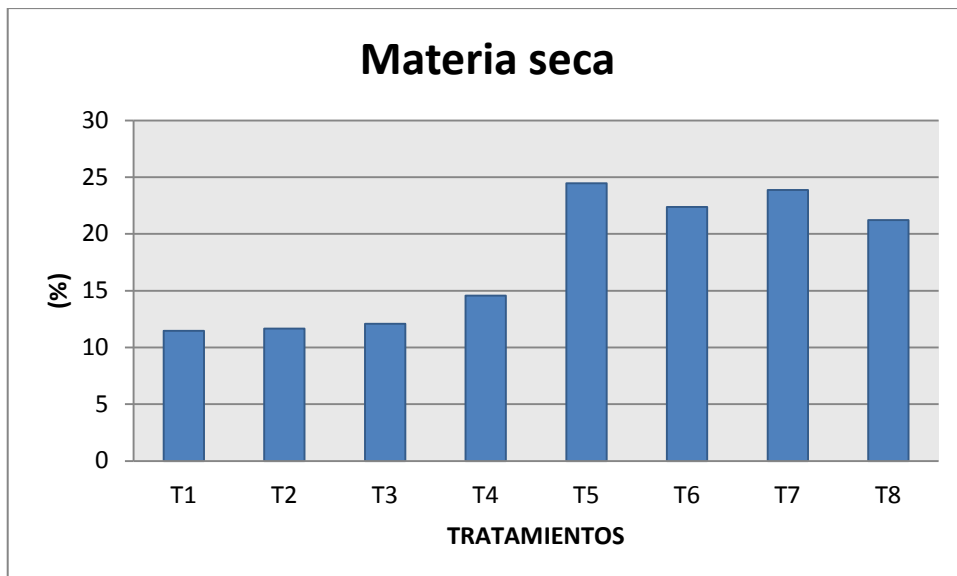
Gráfico 3. Porcentaje de humedad en los diferentes tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Materia seca: la materia seca es la parte que se resta de un material tras extraer toda el agua presente en la muestra, tal cual se observa en los gráficos 3 y 4, y la tabla B-1 del anexo, así pues que si más porcentaje de humedad tiene la muestra menos cantidad de materia seca tendrá.

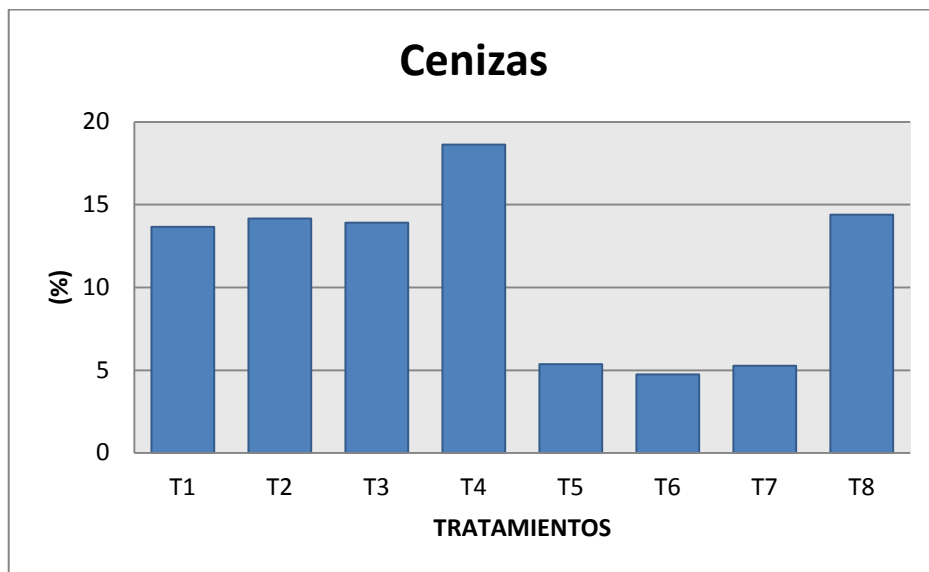
Gráfico 4. Porcentaje de materia seca con los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Cenizas: este representa al conjunto de sales minerales presentes en la muestra. Al analizar el gráfico5, y los datos presentes en la tabla B-1 del anexo, se observa que los tratamientos 1, 2, 3,4 y 8 el porcentaje de cenizas esta entre el 15 y el 18%, mientras que el los tratamientos 5, 6 y 7 el porcentaje de cenizas es bajo. Este análisis es importante ya que es próximo a la evaluación nutricional.

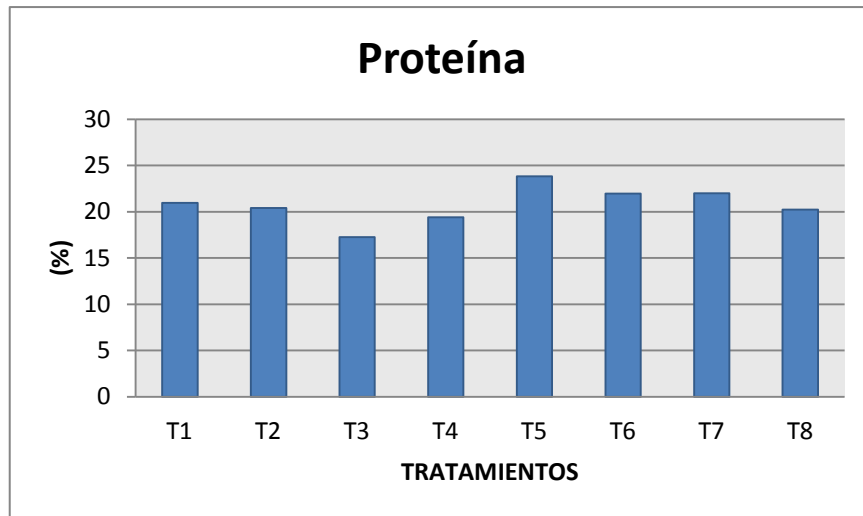
Gráfico 5. Porcentaje de cenizas con los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Proteína: como se observa en el gráfico 6y de acuerdo a los datos registrados en la tabla B-1,la cantidad de proteína en todos los tratamientos oscila entre (18 y 24) %, siendo un porcentaje óptimo buena para la alimentación animal

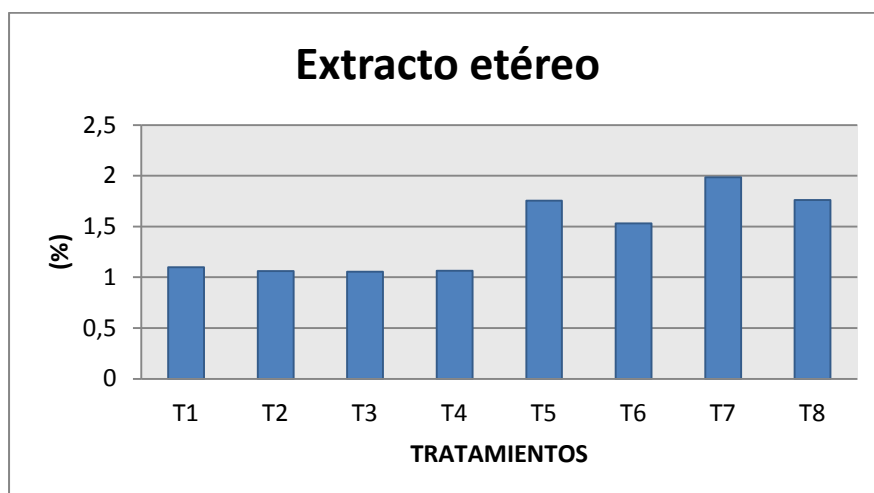
Gráfico6. Porcentaje de proteína con los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Extracto etéreo: este análisis se refiere a la cantidad de grasa que contiene el forraje, y represente el componente energético de la ración, como se puede observar en los tratamientos 5, 6, 7 y 8 la cantidad de extracto etéreo es alta, por lo tanto contendrá mayor componente energético. Se muestra claramente la diferencia en el gráfico7 y la tabla B-1 registrada en los anexos.

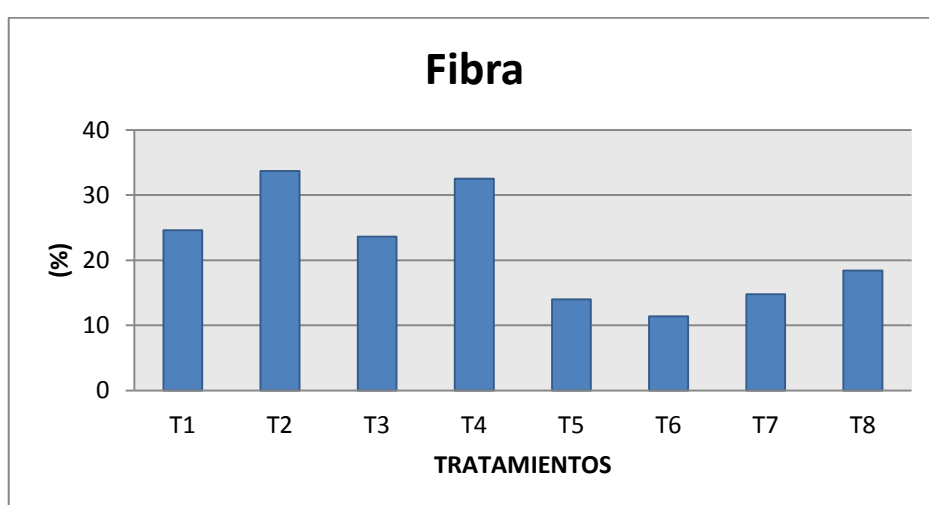
Gráfico7. Porcentaje de extracto etéreo con los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Fibra: El contenido de fibra y su grado de lignificación son los dos factores que determinan el valor nutritivo de los forrajes. A medida que la planta crece el porcentaje de fibra aumenta debido a su creciente lignificación, disminuyendo su valor nutricional. En el gráfico 8 y en la tabla B-1, se observa que el porcentaje de fibra en los tratamientos 2 y 4 son altos en comparación con los otros tratamientos.

Gráfico 8. Porcentaje de fibra con los tratamientos

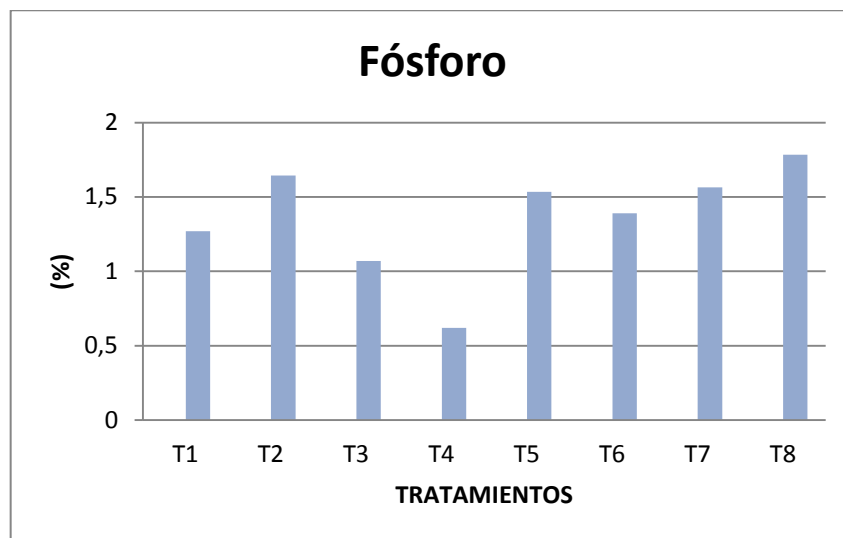


Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Análisis Foliar

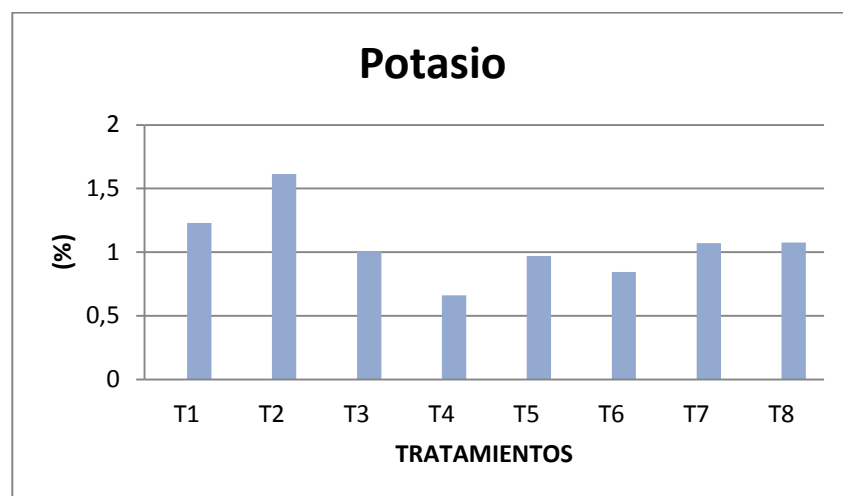
Nutrientes esenciales: entre los nutrientes esenciales que se analizó está el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio, pues son los más importantes para el buen desarrollo adecuado de los animales. Como se observa en los gráficos 9, 10, 11, 12, 13 y en las tablas B-2 y B-5 de los anexos, el porcentaje de fósforo es bueno en los tratamientos 2, 5, 6, 7 y 8, para el porcentaje de potasio es bueno en los tratamientos 1 y 2, para el calcio todos los tratamientos tienen un porcentaje adecuado, pues este oscila entre (0.1 y 0.2) %, y lo mismo sucede en el caso del porcentaje de magnesio.

Gráfico9. Porcentaje de fósforo en los tratamientos



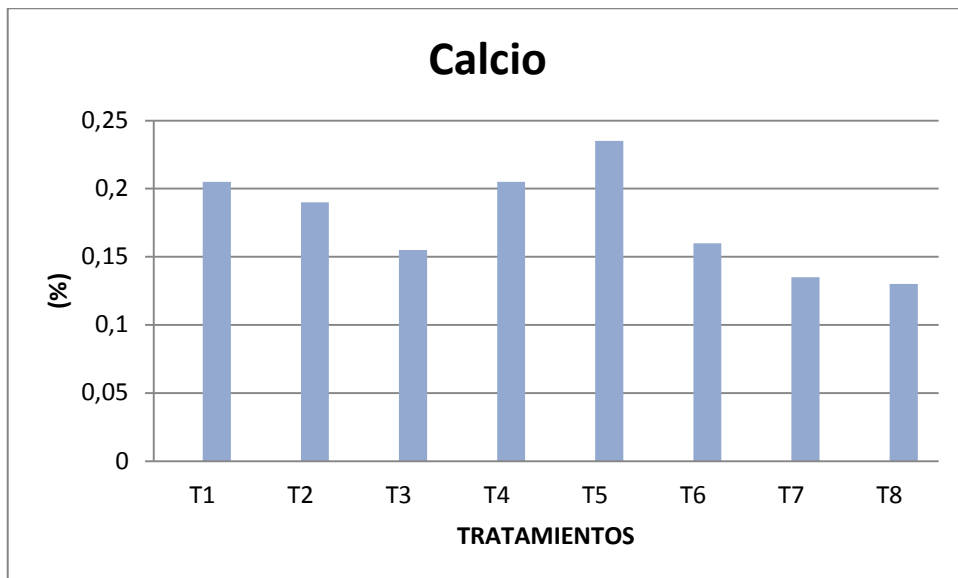
Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Gráfico11. Porcentaje de potasio en los tratamientos



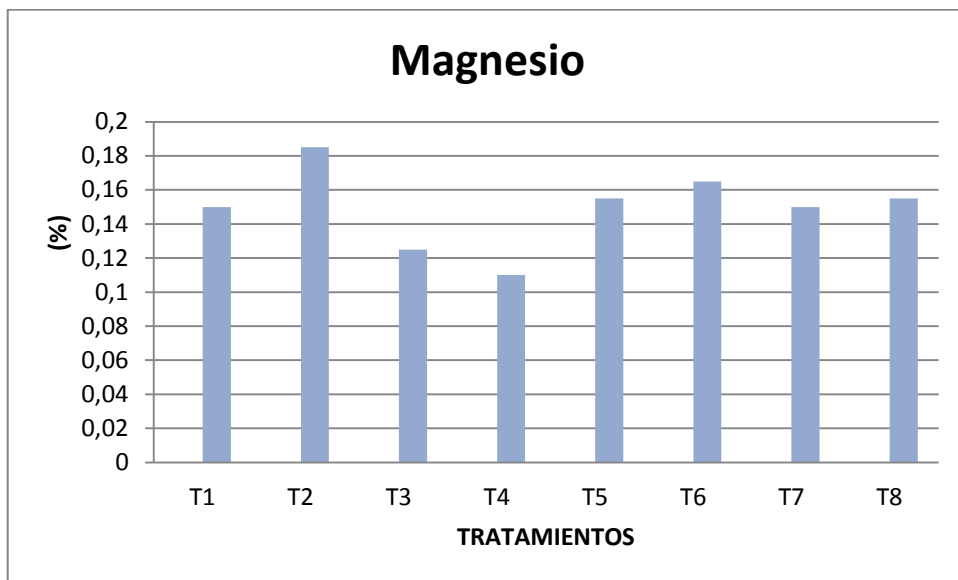
Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Gráfico12. Porcentaje de calcio en los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Gráfico13. Porcentaje de magnesio en los tratamientos



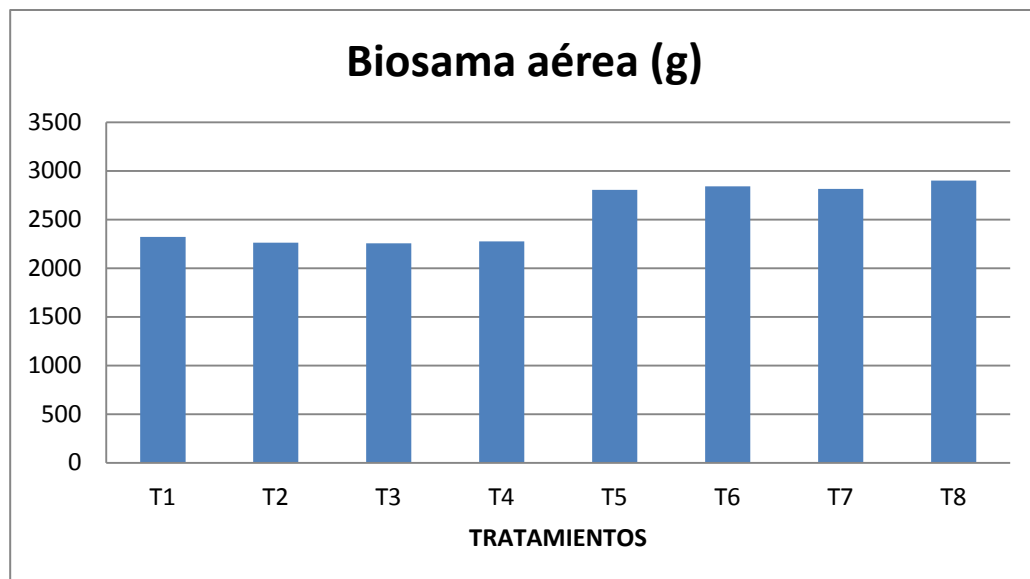
Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

4.1.2.1 Análisis vegetal

Para determinar el mejor tratamiento para el crecimiento de una especie forrajera se evaluó la altura de la planta y la biomasa aérea y subterránea. El análisis estadístico se realizó, para la altura de la planta a los 10 días de crecimiento y con intervalos de 1 día hasta llegar al día 15, mientras que para la biomasa aérea y subterránea al finalizar el crecimiento.

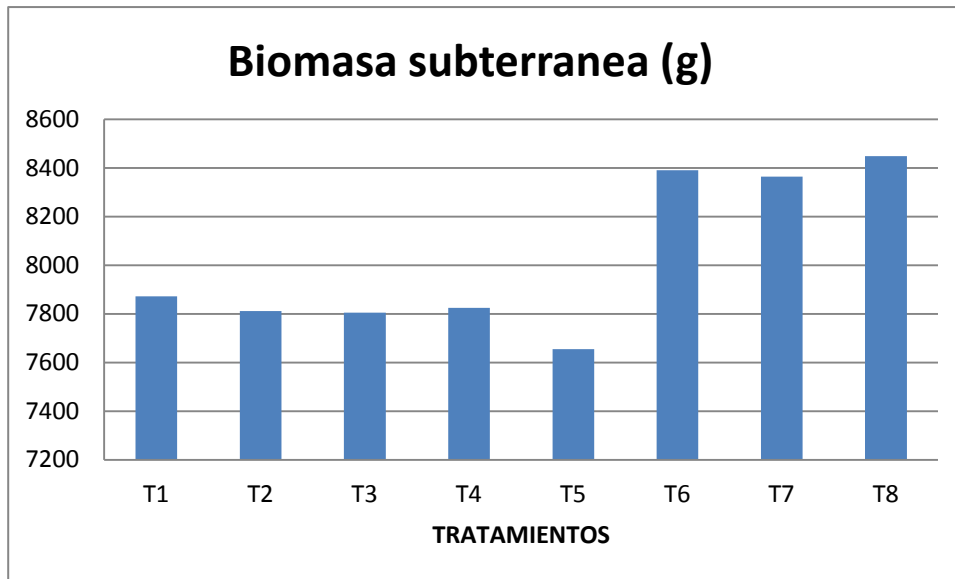
Biomasa subterránea y biomasa aérea: Al observar los datos registrados en la tabla B-3, presente en los anexos se determinó que en los tratamientos 5, 6, 7 y 8 el rendimiento es mayor tanto en biomasa aérea como en subterránea.

Gráfico14. Cantidad de biomasa aérea en los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

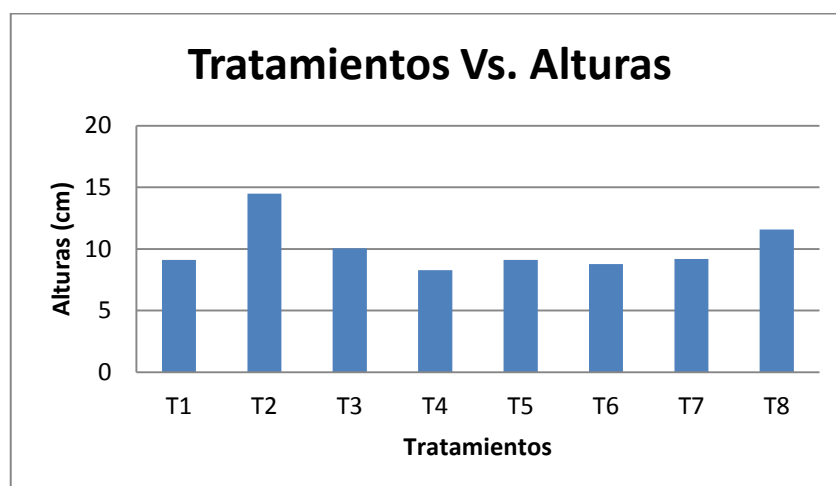
Gráfico15. Cantidad de biomasa subterránea en los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

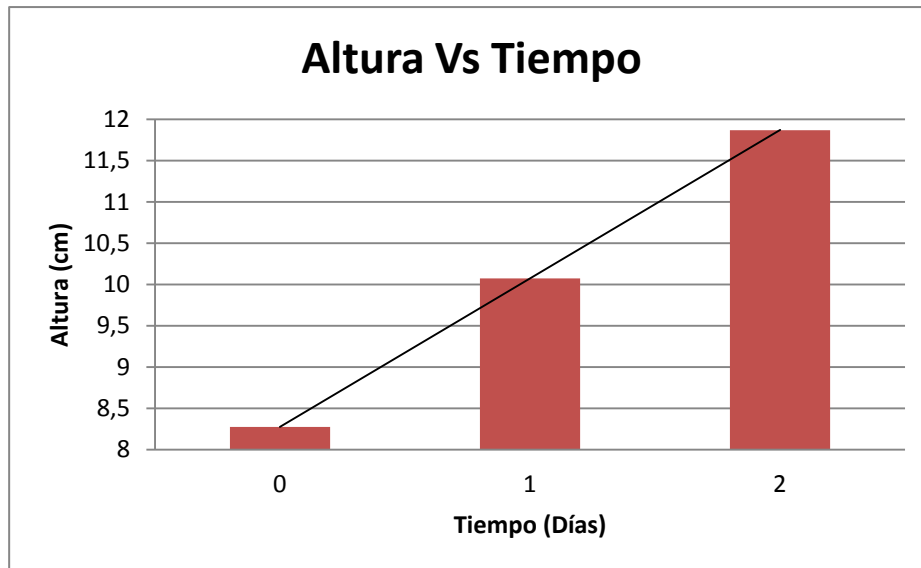
Altura de la planta: se tomó mediciones a partir del día 10 de crecimiento hasta el día 15 pasando 1 día, es decir se tomaron 3 datos de cada uno de los tratamientos con sus réplicas, obteniendo los datos que se muestran en las tabla B-3, así es como se determinó que el tratamiento 2 tuvo un mejor crecimiento en cuanto a su altura.

Gráfico16. Alturas de las plantas en los tratamientos



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

Gráfico17. Alturas de las plantas con el tiempo



Elaborado por: Patricia Castillo, 2013

4.1.3 Estudio económico de los tratamientos

Se realizó el estudio económico de los tratamientos, luego de haber ocupado diferentes sustratos y nutrientes para la elaboración de forraje hidropónico para la alimentación animal, incluyendo demás recursos que se necesita para su producción. En la tabla B- 40 se detalla los costos requeridos para la elaboración del forraje, así como de las soluciones químicas, los sustratos y la mano de obra necesaria.

4.2 Interpretación de datos

4.2.1 Evaluación de sustratos accesibles y fórmulas nutritivas de bajo costo para el crecimiento agroecológico de una especie forrajera en hidroponía

Existen una serie de sustratos que pueden ser empleados para el desarrollo de cultivos hidropónicos, estos se utilizan solos o en mezclas en busca de obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y asimilación de solución nutritiva, así como sustratos inorgánicos, orgánicos y geles (HIDROENVIROMENT, 2011).

Los estudios de la fisiología vegetal determinaron que ciertos elementos esenciales afectan el desarrollo de la planta, partiendo de esto se obtuvo las soluciones nutritivas químicas, que hasta hoy día se siguen modificando para diferentes cultivos por la variabilidad tanto genética como el medio ambiente (LLANOS, 2001).

En la actualidad la única fórmula nutritiva que se ocupa para hidroponía es la química, por esta razón en la presente investigación se evaluó otras soluciones que den los mismos o mejores resultados para que el cultivo hidropónico obtenido sea de buena calidad para la alimentación animal. En primer punto se utilizó un sustrato como la cascarilla de arroz, la cual es fácil de adquirir, y de bajo costo, y ningún sustrato, el objetivo de ocupar la cascarilla de arroz fue determinar si esta le proporciona a la planta nutriente o mejoraba la absorción de estos por sus raíces. Para el caso de las soluciones nutritivas se ocupó, la solución nutritiva química, la cual se puede comprar preparada o los químicos para prepararla, té de compost la cual contiene microorganismos beneficiosos y nutrientes que le aportan a los cultivos vitalidad y fuerza para poder hacer frente a enfermedades y plagas, agua siendo un elemento al que todas las personas tienen acceso, además que disolvería los nutrientes que contiene la cascarilla de arroz y proporcionarlos a la planta, y finalmente se ocupó una solución de tierra negra de páramo (ANDISOL), pues como se sabe este al ser de origen volcánico contiene gran cantidad de nutrientes y de materia orgánica. Con todo esto se trata de evitar y/o reducir el uso de fungicidas, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes químicos para suprimir plagas y enfermedades a través de soluciones alternativas que proporcionen nutrientes a la planta respetando el medio ambiente.

4.2.2 Selección del (los) mejor (es) tratamientos

Para determinar los mejores tratamientos se comparó los resultados obtenidos con los requerimientos nutricionales para ganado, cuyes y conejos, presentadas en los cuadros 3 y 4.

Suministrar forraje o heno de alta calidad y digestibilidad al ganado en las diferentes etapas, es de gran importancia para el adecuado desarrollo, para el caso de terneras se debe complementar con una pre mezcla de vitaminas y minerales, mientras que al llegar los 8 meses son consumidores completamente de forraje (ALMEYDA & PARREÑO, 2011).

La alimentación de cuyes y de conejos requiere proteínas, energía, fibra, minerales, vitaminas y agua, en niveles que dependen del estado fisiológico, la edad y el medio ambiente donde se crían. Por ejemplo, los requerimientos de proteínas para los cuyes en gestación alcanzan un 18%, y en lactancia aumentan hasta un 22%(DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA FAO, 2011).

En cuanto a las grasas, éstas son fuentes de calor y energía y la carencia de ellas produce retardo de crecimiento y enfermedades como dermatitis, úlceras en la piel y anemias(DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA FAO, 2011). El valor nutritivo de los alimentos está en función de su composición química, mientras que su metabolización depende de la digestibilidad del animal y del consumo voluntario. La composición química de las leguminosas (alfalfa, trébol, vicia y habas) incluye cantidades favorables de proteínas con relación a las gramíneas (maíz, avena y cebada), las cuales se caracterizan más bien por su buen contenido de energía. Además de los desechos de cocina y de los residuos de las cosechas, otros alimentos adecuados para alimentar a estos animales pueden ser: alfalfa (en heno o fresca), maíz (hojas, tallos o granos), cebada, avena, trigo (como afrecho o en grano), soja, girasol o algodón (en forma de harinas), huesos (harina), y conchilla(DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA FAO, 2011).

Luego de haber determinados los sustratos y las soluciones nutritivas más accesibles, se procedió a la producción de forraje, realizando un pre germinado de 2 días, y posteriormente a colocar en las cajas forradas para su crecimiento. Los 5 primeros días se realizó riegos solo con agua para permitir la adaptación de la planta, y luego con las soluciones nutritivas hasta el día 15 de su cosecha, para posteriormente realizar los análisis físicos químicos necesarios para determinar el o los mejores tratamientos, comparando los datos con los cuadros 3 y 4 de requerimientos nutricionales para cuyes, conejos y ganado (ALMEYDA & PARREÑO, 2011). Cabe mencionar que los análisis se realizaron de las raíces, las semillas y el follaje obteniendo los siguientes resultados:

Humedad: El agua es el principal estimulante del consumo de alimento sólido e influye directamente en proporcionar la humedad requerida por el rumen para el establecimiento y desarrollo de la flora microbiana (ALMEYDA & PARREÑO, 2011).

Para la producción de cuyes y conejos si se suministra un forraje succulento en cantidades altas (más de 200 g) la necesidad de agua se cubre con la humedad del forraje, razón por la cual no es necesario suministrar agua de bebida (DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA FAO, 2011)

Como se observa en la tabla B-1 de los anexos y en el gráfico 3, en los tratamientos que tiene como sustrato la cascarilla de arroz, es en donde mayor porcentaje de humedad presenta, esto debido a la capacidad de retención de agua, permitiendo así a la planta mantenerse hidratada y con nutrientes todo el día. Esto que se menciona se comprueba con la prueba tukey en la tabla B-9, pues se muestra claramente dos grupos con diferencias significativas que son los tratamientos creciendo en cascarilla de arroz y los tratamientos creciendo en ningún sustrato. Como se menciona en el capítulo 4 del departamento de agricultura de la FAO,

2011 que habla sobre “Nutrición y alimentación en cuyes” este factor es importante tanto para ganado vacuno, como para cuyes y conejos, en el caso del cultivo en cascarilla de arroz el porcentaje de humedad esta entre (85 y 88) % mientras que para el cultivo sin sustrato es de (74 y 78)%.

Materia seca: El consumo de materia seca es el factor limitante más importante en la mayoría de raciones para vacas y además es el factor clave para incrementar la energía. Con forraje de buena calidad, el consumo total de energía tiende a nivelarse al máximo, cuando la proporción de concentrado de la dieta se acerca al 40% del consumo total. Con forraje de regular calidad, el concentrado debe ser el 60% de la materia seca total, para nivelar la energía requerida (ALMEYDA & PARREÑO, 2011).

Este porcentaje se obtiene luego de haber extraído de la muestra toda el agua presente, por esta razón es proporcional a la cantidad de humedad. En la tabla B-1 y en el gráfico 3 y 4 los tratamientos con altos porcentajes de humedad tienen bajo porcentaje de materia seca. En los tratamientos 5, 6, 7 y 8 el porcentaje de materia seca es de entre (21 y 24) %, mientras que para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 es porcentaje es de entre (11 y 14) %, esto se observa mejor en la tabla B-12 con la prueba de tukey, y que al comparar con datos bibliográficos los cultivos sin sustratos son los mejores.

Cenizas: Es el residuo de la calcinación de la muestra es decir la eliminación de la materia orgánica y el agua. Nutricionalmente esta fracción demasiado cruda y carece de importancia, ya que no indica que minerales la componen y en qué proporción se encuentran, sin embargo, es el punto de partida en las determinación de minerales específicos, además es necesario para el cálculo de la materia orgánica de un alimento (MEDINA, Myrna, 2008). En la tabla B-1 y el gráfico 5 se observa que entre los tratamientos con sustrato el mejor es el 4 en el que se

ocupó como solución nutritiva la tierra negra de páramo y lo mismo sucede con los tratamientos sin sustrato en donde el que contiene mayor porcentaje de cenizas es el 8. Esto se debe a que quedaron restos de tierra negra al momento de hacer el riego. En la tabla B-15 se muestra la prueba tukey para determinar los mejores tratamientos, así pues los tratamientos 1, 2 y 3 presentan baja cantidad de cenizas, los tratamientos 4, 5, 6 y 7 medianamente y el tratamiento 8 mayor porcentaje de cenizas.

Proteína: La cantidad de proteína en la alimentación animal es muy importante, debido a que este presenta aminoácidos libres y ácidos nucleicos presentes en las células. Como se muestra en las tablas B-1 y en el gráfico 6 la cantidad de proteína en todos los tratamientos está entre (19 y 23) %, lo cual al comparar con el cuadro 3 y 4, que se refiere a los valores nutricionales en alimentos para cuy, conejos y ganado vacuno, están dentro de los rangos aceptables. La prueba tukey se presenta en la tabla B-18, en donde se observa que el tratamiento 3 presenta menor cantidad de proteína que es el tratamiento de cascarilla de arroz y agua, mientras que el mejor tratamiento en cuanto al porcentaje de proteína es el tratamiento 5 que se refiere al crecimiento del forraje sin sustrato y con solución nutritiva química.

Según el departamento de agricultura de la FAO, 2011 en la sección de producción de cuyes, los requerimientos de proteínas para los cuyes en gestación alcanzan un 18%, y en lactancia aumentan hasta un 22%.

Extracto etéreo: según Almeyda y Parreño, 2011 en su guía técnica para el manejo integrado de ganado, los rangos adecuados de extracto etéreo para alimentación animal están entre (1 y 3)%. Luego de realizar la prueba estadística en INFOSTAT, y analizar la tabla B-21 con la prueba de tukey se determinó que los tratamientos 1, 2, 3 y 4 contienen entre el (1 y el 1,1)% extracto etéreo, mientras que los tratamientos 5, 6, 7 y 8 contienen entre (1,5 y 1,8) % de extracto etéreo. Al comparar estos datos con los bibliográficos se concluye que el forraje producido está dentro del rango, aunque es un poco porcentaje bajo.

Fibra: en la cuadro 4 se presenta los requerimientos nutricionales para cuyes, el cual indica que el valor óptimo o adecuado es de 10, por lo que al analizar el gráfico 8, que muestra en barras el porcentaje de fibra en los tratamientos, se observa que en mayor cantidad existe en los tratamientos que tuvieron como sustrato a la cascarilla de arroz, y luego de hacer el análisis estadístico y con la prueba de tukey, se observó que hay 4 grupos claramente diferenciados. El tratamiento 6 con un porcentaje de fibra de (11,36), los tratamientos 5, 7 y 8 con una cantidad de fibra de entre (13 y 18)%, los tratamientos 1 y 3 con un porcentaje de entre (23 y 24) % y finalmente el tratamiento 2 y 4 que contiene entre (32 y 33) % de fibra, que serían los mejores.

Cabe mencionar que de acuerdo a estudios realizados, los forrajes contienen poca cantidad de fibra por lo que es necesario suministrarla con otros medios. (FUNDACIÓN PRODUCE, 2011)

Se realizó también análisis foliar en donde dio resultados de nutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio, estos datos obtenidos fueron comparados con los cuadros 3 y 4 que se refiere a los requerimientos nutricionales para ganado vacuno, cuyes y conejos.

La cantidad de calcio que requiere los animales para un adecuado funcionamiento es de entre (0,4 y 0,8)%, y esta es necesaria en la alimentación de ganado, pues permite un balance adecuado del organismo y evita la llamada “fiebre de leche” que es provocada por la incapacidad de equilibrar la demanda de calcio, por la producción de leche (ESCOBOSA, Adrián. 2005). Como se muestra en la tabla B-2 y en el gráfico 12 la cantidad de calcio presente en el forraje obtenido es baja, por lo tanto deberá ser suministrada por otro método, sobre todo en las vacas productoras de leche.

El fósforo necesario es de entre (0,4 y 1,5) %, en el ganado vacuno importante por los microorganismos del rumen, ya que ayuda en la

digestión de la celulosa y la síntesis de proteína microbiana (ESCOBOSA, Adrián. 2005). Al observar los datos de la tabla B-2 y el gráfico 10 los porcentajes de fósforo son adecuados para el crecimiento del animal.

Otro mineral importante es el potasio, pues es el principal electrolito extracelular, y se han presentado investigaciones en las cuales se señala que los niveles de (0,5 y 1,5)% son ideales, desde el punto de vista de rendimiento (ESCOBOSA, Adrián. 2005). Los niveles de fósforo presentados en la tabla B-5, indica que son los óptimos para el rendimiento animal.

Según Escobosa, 2005 en la sección de “Alimentación para producción de leche”, los niveles de magnesio deben mantenerse por debajo del 0,4%, aunque en pocas cantidades ayuda en la formación de complejos enzimáticos, formación de minerales en los huesos, entre otros (ESCOBOSA, Adrián. 2005). Los niveles de magnesio del forraje están presentados en las tablas B-5 y el gráfico 13, y son de entre (0,11 y 0,19)%, los cuales son adecuados para evitar enfermedades y un sano desarrollo animal.

Al realizar la prueba de tukey de los tratamientos para análisis foliar, como se presenta en los anexos en las tablas B-30, B-33, B-36 y B-39, se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos, tanto para porcentajes de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

4.2.3 Estudio económico de los tratamientos

El estudio económico permite determinar la factibilidad o viabilidad económica del proyecto, cuantificando costos y beneficios de la inversión. A través del análisis económico se determina el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, el costo total de la operación (que abarque las funciones de producción, administración y ventas), así como la rentabilidad que se obtenga del mismo.

En esta etapa de la investigación se determinó todos los costos necesarios para la elaboración del forraje así como materias primas, materiales, recurso humano y servicios básicos, pues todo esto interviene al determinar costos, y de esta manera saber si el trabajo es económicamente rentable.

En los anexos en las tablas B-40, B-41, B-42 y B-43 se observa los costos de todos los recursos necesarios para la elaboración del forraje, y de esta manera se determina que el tratamiento con solución nutritiva química es la más costosa, mientras que con las otras soluciones el costo de producción baja y obteniendo los mismos resultados.

4.3 Verificación de hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se rechaza la hipótesis alternativa que dice “Los sustratos y nutrientes para hidroponía incide en el crecimiento agroecológico de una especie forrajera” pues como se menciona en la interpretación de resultados, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, y los datos obtenidos del análisis foliar y bromatológico, están entre los rangos óptimos de requerimientos nutricionales para ganado vacuno, conejos y cuyes. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula que dice “Los sustratos y nutrientes para hidroponía no incide en el crecimiento agroecológico de una especie forrajera”.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En el presente trabajose evaluó sustratos y nutrientes para el crecimiento de una especie forraje en hidroponía y se determinó que las características de los cultivos son parecidas en la mayoría de aspectos estudiados en el análisis químico. Al observar los datos obtenidos en el análisis vegetal, todos los tratamientos son adecuados y con buenos resultados en cuanto a crecimientos. Finalmente se determinó que los datos obtenidos en el análisis químico tan solo el agua no aporta gran cantidad de nutrientes a la planta.

- Se realizó análisis químico bromatológico y foliar para determinar la calidad de forraje obtenido a los 15 días de crecimiento. En cuanto al análisis químico bromatológico y foliar se observó que con respecto al porcentaje de humedad y materia seca si existe diferencia significativa entre los tratamientos con crecimientos en cascarilla de arroz y sin ningún sustrato, esto se debe a la capacidad que tiene la cascarilla de arroz para retener agua, pero en los otros análisis como cenizas, proteína, fibra, extracto etéreo, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio presenta poca diferencia entre tratamientos y al comparar con los valores de requerimientos nutricionales, el forraje es de calidad. Al analizar todos los datos se concluye que el método hidropónico en la zona es factible para los agricultores, pues la materia prima para este se encuentra fácilmente, el forraje es de rápido crecimiento y el transporte es cómodo.

- Al realizar el estudio económico se determinó que los tratamientos con té de compost y solución de tierra negra de páramo son de bajo costo y obteniendo los mismos resultados que utilizando una solución química nutritiva, que eleva 5 veces más el precio en materia prima.

5.2 Recomendaciones

- Al realizar este estudio tanto químico como económico se recomienda la utilización de cualquiera de los dos sustratos, la cascarilla de arroz o un cultivo sin sustrato, pues no hay diferencia significativa entre los tratamientos, mientras que para el caso de las soluciones nutritivas el té de compost, da buenos resultados, es de fácil elaboración y de bajo costo.
- Se recomienda utilizar un sarán para evitar rayos de sol directos, pues puede provocar daños en las semillas, como quemarlas y demorar su proceso de germinación sobre todo en los primeros 5 días.
- Para la preparación de la solución nutritiva química es importante recordar nunca mezclar directamente la solución A con la B pues se puede provocar la inactivación de los elementos nutritivos.
- Es recomendable adquirir las semillas en un almacén agrícola, pues de esta manera la pre germinación será rápida, con la diferencia de semillas que son adquiridas en mercados, pues estas están mucho tiempo en etapa de latencia, y su poder germinativo puede ser muy bajo.
- Realizar nuevas investigaciones que permita el cultivo hidropónico en hogares de productos que sirvan para el consumo humano,

así como tomate, papa, cebolla y otros, con el objetivo de disminuir el abuso de fertilizantes químicos que dañan los suelos.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

6.1 Datos informativos

- 1 Título:** Evaluación de posibles sustratos y nutrientes para la producción agrícola de alimentos de consumo humano en hidroponía
- 2 Unidad Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica.
- 3 Beneficiario:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica.
- 4 Director del Proyecto:** Dr. Ramiro Velasteguí, PhD
- 5. Personal Operativo:** Egda. Patricia del Pilar Castillo Manzano
- 6 Tiempo de Duración:** 1 año
- 7 Fecha de Inicio:** Octubre 2013
- 8 Lugar de Ejecución:** Universidad Técnica de Ambato
- 9 Costo:** \$ 2000

6.2 Antecedentes de la propuesta

La Hidroponía es un conjunto de técnicas que sustituye al suelo por lo que es también conocida como agricultura sin suelo. La hidroponía permite diseñar estructuras simples y/o complejas favoreciendo las condiciones ambientales idóneas para producir cualquier planta de tipo herbáceo aprovechando en su totalidad cualquier área (azoteas, jardines, suelos infértiles, terrenos escabrosos, etc.) sin importar las dimensiones como el estado físico de estas.

Esta agricultura sin suelo (hidroponía) lamentablemente no ha sido difundida lo que hace que la gente crea que es muy complicada.

Para el crecimiento de las plantas sin suelo (hidroponía) se utiliza una combinación precisa de diferentes sales minerales que contienen todos los nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo y que habitualmente les entrega la tierra, diluidas en agua potable (solución nutritiva), la cual se aplica directamente a las raíces de diferente forma, según el método de cultivo hidropónico que se adopte.

La hidroponía es una forma de cultivo que se puede aplicar a cualquier tipo de plantas, ya sean para consumo o decorativas y puede practicarse tanto en espacios abiertos como cerrados.

Existen muy diversos métodos de cultivos hidropónicos, pero todos se ajustan a un principio esencial, que consiste en el cultivo de plantas sin tierra y sin materia orgánica.

Actualmente, el concepto de hidroponía es conocido mundialmente. En EEUU, Europa y Japón existen grandes establecimientos dedicados a la producción de este tipo de cultivos, destinados fundamentalmente al abastecimiento de hortalizas frescas a la población. También las repúblicas que integraban la ex Unión Soviética fomentan la expansión de los cultivos hidropónicos. Allí se encuentran inmensos invernáculos que producen alimentos en gran escala bajo condiciones climáticas extremas.

Dentro de las técnicas de cultivo que el hombre ha desarrollado durante miles de años, la hidroponía representa lo más avanzado y moderno. Es sin duda, la forma de cultivar del futuro.

6.3 Justificación

En un mundo superpoblado, con suelos erosionados e índices cada vez mayores de contaminación; con climas cambiantes y persistentes requerimientos ecológicos de la población, la hidroponía, por sus especiales características, brinda nuevas posibilidades donde los cultivos tradicionales están agotados como alternativa,

Particularmente en las grandes urbes los ciudadanos son afectados por los precios de los alimentos vegetales que a medida que el tiempo avanza se vuelven más caros y de dudosa e irregular calidad de los mismos. Este último aspecto, que hace a la salud del consumidor, pone en un mismo plano de vulnerabilidad y desprotección, a grandes y chicos como a ricos y pobres.

Y no es casualidad, que se haya comenzado a resaltar estos dos aspectos negativos, ya que durante muchos años, los consumidores de Latinoamérica han estado protegidos contra los altos costos que tenía la alimentación en otras partes del mundo, a causa de la confluencia de varios factores positivos en su geografía agrícola, tales como la calidad de los suelos, la diversidad de climas, un adecuado régimen de lluvias, el bajo costo de producción y mercadeo, etc., que les permitió prescindir durante un largo período, de la incorporación de las modernas técnicas de cultivo que se empleaban en los países más avanzados del mundo, sin ver afectados sus intereses particulares. Por otro lado, los alimentos que llegaban a su mesa, eran casi sin excepción, de óptima calidad y sabor, y gozaban de un aceptable estado sanitario.

Lamentablemente, la situación ha cambiado, ya no es una región de alimentos baratos y menos aún de alimentos de calidad confiable. Actualmente se utilizan pesticidas prohibidos en el resto del mundo por su altísima toxicidad y se carece de los controles adecuados que aseguren el respeto a las normas vigentes en materia de sanidad vegetal. Un gran porcentaje de los alimentos que se consumen contienen elementos nocivos para la salud, y entre ellos, las verduras y frutas son las más expuestas, por ser las que transportan directamente a la mesa los residuos de los insecticidas y plaguicidas, a diferencia de lo que ocurre con la carne, la leche, los huevos, etc., que ingresan al organismo de los animales y de allí pasan a los alimentos que son consumidos, por lo que de alguna forma, los efectos llegan atenuados.

Este cambio de circunstancias, es lo que nos ha inducido a profundizar en las posibilidades de aplicación masiva de la hidroponía en la producción de verduras, frutas y aromáticas, así como también de plantas decorativas, florales, forraje para animales, etc.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

- Evaluar posibles sustratos y nutrientes para la producción agrícola de alimentos de consumo humano en hidroponía

6.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la dosis de nutrientes más eficiente para el crecimiento del cultivo
- Producir un cultivo de consumo humano mediante el proceso de hidroponía
- Determinar las propiedades físicas y químicas del cultivo obtenido

6.5 Análisis de factibilidad

La determinación de los recursos para un estudio de factibilidad sigue el mismo patrón considerado por los objetivos vistos anteriormente, los cuales debe revisarse y evaluarse antes de realizar el proyecto, para lo cual se debe analizar tres aspectos:

- La factibilidad operativa, la cual se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo el trabajo por lo tanto cumplir los objetivos planteados. Así pues el presente trabajo tiene como objetivo cultivar productos para el consumo humano de manera orgánica, y en las mejores condiciones sanitarias
- La factibilidad técnica, en donde nos permite evaluar posibilidades reales, condiciones y alternativas de producción, tamaño y localización del proyecto.
- La factibilidad económica, en donde debe demostrarse que la inversión que se va a realizar es justificada por la ganancia que se generara.

Tabla 3. Recursos para la producción hidropónica

	TUTOR	TESISTA
RECURSOS HUMANOS		
Tutor	1000	
Tesista		
RECURSOS FÍSICOS		
Materia prima	100	
Equipos	500	
Insumos agrícolas	200	
Materiales de escritorio		50
OTROS		

Transporte		50
Imprevistos		50
Publicaciones		50
Subtotal	1800	200
TOTAL	2000	

Elaborado por: Patricia Castillo 2013

6.6 Fundamentación

6.6.1 Cultivo Hidropónico: Es un conjunto de técnicas que sustituye al suelo también es denominada agricultura sin suelo. La hidroponía te permite diseñar estructuras simples y/o complejas favoreciendo las condiciones ambientales idóneas para producir cualquier planta de tipo herbáceo aprovechando en su totalidad cualquier área (azoteas jardines, suelos infértiles, terrenos escabrosos, etc.) sin importar las dimensiones como el estado físico de estas (Navarra, 2008).

6.6.2. Hidroponía en Sustrato: La técnica en sustrato consiste en producir en medios que ancle la raíz y den sostén a la planta manteniendo la humedad, drenaje, aireación y facilidad de adsorción de nutrientes en este último lo que nos interesa es que la planta puede tomar los nutrientes sin ninguna problema para su desarrollo (Navarra, 2008).

6.6.3 Raíz Flotante: Técnica de raíz flotante consiste en utilizar contenedores de cualquier tipo de material el cual no debe permitir el paso de luz protegido por una tapa con orificios encargada de sostener al cultivo permitiendo que las raíces estén en contacto con la solución nutritiva, por lo cual no se debe olvidar que este sistema depende de la aireación, la cual genera oxígeno esencial para la raíz, esto se puede realizar de forma manual en la cual lo que se hace es mover el agua utilizando cualquier objeto que esté limpio o automatizada utilizando

una bomba de aire para peceras y un timer permitiendo programar los periodos de aireación (Navarra, 2008).

6.6.4 NFT (Técnica de Película Nutritiva): Esta técnica de NFT consiste en crear una película re-circulante de solución nutritiva, para esto generalmente se utiliza tubos de PVC con tapas con pequeñas conexiones al final y al inicio para hacer correr el agua en todo el conjunto de tuberías que uno deseé con una serie de conexiones buscando dirigir la corriente de agua hasta un deposito en el cual se estará una bomba la cual hace circular la solución y nuestras tuberías con conexiones la re-circulación , estas últimas tienen orificios en los cuales se colocan las plantas y sostienen de tal manera que las raíces están en contacto con la película re circulante de la solución nutritiva (Navarra, 2008).

6.6.5 Aeroponía: Esta técnica consiste en mantener las raíces libres de cualquier otro medio quedando en contacto con el aire y solución nutritiva aplicada en forma de nebulización con mecanismos encargados de sostener la planta durante todo su crecimiento y desarrollo (Navarra, 2008).

6.6.6 Forraje verde Hidropónico: En este tipo de técnica consiste en el diseño de una pequeña infraestructura en la cual se hace una germinación directa utilizando charolas y nebulizaciones hasta obtener plantas completas en un periodo 10 -15 días que dando disponible para la alimentación de ganado (bovino, ovino, caprino, porcino, cunícola y avícola)(Navarra, 2008).

6.7 Metodología.

Modelo Operativo (Plan de Acción)

Fases	Metas	Actividad	Responsable	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Evaluación de posibles sustratos y nutrientes para la producción agrícola de alimento de consumo humano en hidroponía	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$50	2 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Identificación de los sustratos, la dosis de los nutrientes y las especies agrícolas a sembrar	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$50	2 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Sembrar las especies agrícolas en los diferentes sustratos elegidos hasta obtener un fruto maduro para el consumo humano	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$250	1 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación.	Comprobar que el sistema nos permitirá obtener alimentos con las mismas características que el cultivo tradicional mediante análisis físico y químicos	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$500	7 meses

Elaborado por: Patricia Castillo

6.8 Administración

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Condiciones físicas, químicas de los cultivos obtenidos.	El cultivo hidropónico poco conocido en nuestro país y los estudios en este campo son muy escasos.	Obtención de alimentos para el consumo humano de buena calidad Accesos de una agricultura orgánica a todas las personas sin necesidad de extensiones grandes de terreno	Elaboración de alimentos para el consumo humano mediante la hidroponía Determinar sustratos y dosis de nutrientes adecuados para el crecimiento de semillas de frutas u hortalizas Analizar si las características físicas y químicas del cultivo obtenido son de buena calidad	Investigadores Patricia Castillo, Dr. Ramiro Velasteguí, PhD

Elaborado por: Patricia Castillo

6.9 Previsión de la evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	- Sector científico
¿Por qué evaluar?	- Para obtener un cultivo de buena calidad. - Para conocer sustratos y nutrientes más efectivos para el crecimiento del cultivo agrícola
¿Para qué evaluar?	- Disminuir la cantidad de cultivos contaminados con pesticidas que dañan nuestra salud
¿Qué evaluar?	- Tecnología utilizada. - Materias primas. - Calidad del cultivo - Resultados obtenidos.
¿Quién evalúa?	- Director del proyecto - Tutor - Calificadores
¿Cuándo evaluar?	- Todo el tiempo, desde que hay brote, hasta cuando se obtiene un cultivo maduro que ya sirva para el consumo
¿Cómo evaluar?	- Mediante observación de campo, análisis de laboratorio y comprobaciones estadísticas de los resultados obtenidos.
¿Con qué evaluar?	- Experimentación. - Normas establecidas

Elaborado por: Patricia Castillo

MATERIAL DE REFERENCIA

Bibliografía

ABRIL Víctor, 2003. Técnicas de investigación científica. Maestría en Psicología educativa. Universidad Técnica de Ambato. 113 pp

ALMEYDA, José& PARREÑO, Alfredo, 2011. “Manejo Integrado de Ganado”. Disponible en: http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/GanadoLechero/Manejo_integrado_de_ganado_vacuno.pdf

BATALLAS Esteffy. 2011. “Hidroponía al fin en el Ecuador”. Disponible en: <http://blog.espol.edu.ec/ebatalla/?p=18> (15-8-2012)

CALDERÓN Arturo. 2001. Sustratos agrícolas. Disponible en: <http://www.biosustratos.cl/pdf/Sustratos%20agricolas1.pdf>. (23-8-2012)

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE NUTRICIÓN ANIMAL (CINA), 2012. “Bromatología en Forrajes”. Disponible en: http://www.cina.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=15

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR– Asamblea Constituyente 2008. Disponible en: http://www.eueomecuador.org/ES/PDF/NUEVA_CONSTITUCION_DEL_ECUADOR.pdf (9-8-2012)

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, FAO, 2011 “Cartilla tecnológico 20, alimentación de cuyes y conejos”. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v5290s/v5290s45.htm>

ESCOBOSA, Adrián, 2005. México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. "Producción de Leche". Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Requerimientos_de_Vacunos_de_Leche.pdf

FERTISA, 2009. "Sulpomag" Disponible en: <http://www.fertisa.com/ingles/productos.php?id=2>

FERTISQUISA, 2007. "Ficha técnica K-mag" Disponible en: <http://www.isquisa.com/site/files/productos/K-Mag.pdf>

FRERS Cristian. 2008. El tema de los problemas ambientales. Disponible en: http://www.redesma.org/boletin/bol_2008/bol_10_3/Cristian_Frers.pdf (5-8-12)

FUNDACIÓN PRODUCE, 2011. "Bloques Multinutricionales y Forraje Verde Hidropónico". Colombia. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=fiR65JsuMao>

GALLARDO Amanda. 2002. Concepto básicos de Agroecología. Disponible en: <http://amag.galeon.com/> (23-8-2012)

GAMBOA Egidio. 2001. Hidroponía Popular. Disponible en: http://nacionesunidas.or.cr/dmdocuments/Modulo_Hidroponia.pdf (15-8-2012)

GILSANZ Juan, 2007 "Hidroponía" – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf (25-09-12)

HARTMANN, H. y KESTER, D. 2002. "Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall". Disponible en:

<http://www.cabdirect.org/abstracts/19690304016.html;jsessionid=64226658D9483D7ECE135A776BB89660>

HIDROENVIRONMENT, 2011 “Innovación agrícola”. Disponible en: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1

INFOJARDÍN, 2002. “Fertilizantes Químicos”. Disponible en: http://articulos.infojardin.com/articulos/Tipos_de_abonos_2.htm

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA), 2011. “Forrajes y Pasturas”. Disponible en: <http://inta.gob.ar/proyectos/aefp>

LEIVA Nidia, 2009. “La hidroponía se abre paso en el sur tucumano”. Disponible en: http://www.produccion.com.ar/ver_notas.php?edicion=May_Jun2010&numero=184&id=635

LLANOS Pedro, 2001. “La solución nutritiva, Nutrientes comerciales y Fórmulas completas”. Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/Soluciones1.html>

MANCILLA, Luis & VALBUENA, Nora, 2002. “Agricultura forrajera sustentable con el manejo de los bovinos a pastoreo”. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/congresos/cd_xi_congreso/pdf/forrajera.pdf

MAPES, Cristina, et. Al. 1995. “Desarrollo de cinco razas de amaranto (Amaranthusspp.) en Chalco, Estado de México. México D.F. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/91844.pdf>

MEDINA, Myrna, 2008. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. "Análisis de Alimentos". Disponible en:
http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica6_humedadcenizas.pdf

MOLINA Laura. 2010. Forraje Hidropónico Perú. Disponible en:
http://www.forrajehidroponico.com/que_es.htm (5-9-2012)

NARVÁEZ Luis. 2010. Nutrientes Hidropónicos. Disponible en:
<http://hydrocultivo.com/index.php/solucion-hidroponica> (5-9-2012)

NONI, Georges & TRUJILLO, Germán. 1986. "La Erosión actual y potencial en Ecuador: localización, manifestaciones y causas". Disponible en:
http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers08-01/23659.pdf

ORGANIZACIÓN MUNDIAL PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2008. Global assessment of land degradation and improvement. Disponible en:
<http://www.oei.es/noticias/spip.php?article2965> (5-8-2001)

RÍOS, Francisco. 2001. Paradigmas y Perspectivas teórico – prácticas Disponible en:
<http://www.uv.mx/iiesca/revista/documents/paradigmas2004-2.pdf> (5-9-2012)

SALTOS Aníbal. 2011. Diseño de proyecto y evaluación de impacto. Universidad Técnica de Ambato. 239 pp

SÁNCHEZ, Denis & ALVARADO, Juan de Dios. 2008. "Manejo poscosecha de lechuga (*Lactuca sativa* L. variedad Capitata) producida en la provincia de Tungurahua". Ambato – Ecuador. Págs.: 35 – 36.

SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO (SENPLADES). 2010. "Agenda zonal para el buen vivir – Zona de planificación 3". Disponible en: http://www.pnud.org.ec/art/frontEnd/images/objetos/agenda_3.pdf

SENTIS Idelfonso. 2000. Problemas de degradación de suelos en América Latina: evaluación de causas y consecuencias. X Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/Xcongreso/Simposios/Conservacion/Magistrales/1.-%20Problemas%20de%20Degradacion.pdf> (9-08-12)

SENTIS Idelfonso. 2000. Problemas de degradación de suelos en el mundo: causas y consecuencias. X congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/XCongreso/Plenaria/Magistrales/1.-%20Problemas%20de%20Degradacion.pdf> (9-08-2012)

SUQUILANDA Manuel. 2000. El deterioro de los suelos e en el Ecuador y la producción agrícola. X Congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/XICongreso/Simposios/Conservacion/Documento/Ponencias/3.%20Ing.%20Manuel%20Suquilanda.%20Suelos.pdf> (9-08-12)

VELASTEGUÍ, Ramiro. 2005. "Alternativas Ecológicas para el Manejo Integrado Fitosanitario en los Cultivos". Editorial AgroExpress-Eclipse, Quito, Ecuador. 173 páginas. ISBN 9978-44-182-4, Derechos de autor 021681

Anexos

DATOS OBTENIDOS

Tabla B-1. Resultados del análisis bromatológico del forraje

TRATAMIENTOS		RESULTADOS		Humedad (%)	Materia Seca (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)
		R1	R2						
T1	R1			89,53	10,47	11,94	21,39	1,16	26,35
	R2			87,54	12,46	13,38	20,52	1,04	22,88
T2	R1			88,09	11,91	13,08	20,15	1,15	32,76
	R2			88,56	11,44	15,25	20,66	0,97	34,59
T3	R1			88,48	11,52	14,93	16,12	0,85	23,7
	R2			87,36	12,64	12,89	18,41	1,26	23,54
T4	R1			85,71	14,29	18,07	18,42	1,16	32,2
	R2			85,18	14,82	19,17	20,36	0,97	32,86
T5	R1			76,91	23,09	15,29	23,27	1,82	13,58
	R2			72,19	25,81	15,42	24,42	1,69	14,36
T6	R1			76,46	23,54	14,72	21,62	1,56	10,55
	R2			78,79	21,21	14,77	22,32	1,5	12,16
T7	R1			74,94	25,06	14,41	21,39	2,01	14,26
	R2			77,32	22,68	16,1	22,63	1,96	15,32
T8	R1			78,4	21,6	13,39	20,74	1,6	19,74
	R2			79,18	20,82	15,37	19,71	1,92	17,05

Elaborado por: Laboratorio bromatológico AGROCALIDAD, 2013

Tabla B-2. Resultados del análisis foliar del forraje

TRATAMIENTOS	RESULTADOS	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
	T1	R1	1,16	0,99	0,23
R2		1,38	1,47	0,18	0,15
T2	R1	1,25	1,11	0,21	0,16
	R2	2,04	2,12	0,17	0,21
T3	R1	1,07	1,14	0,16	0,13
	R2	1,07	0,87	0,15	0,12
T4	R1	0,51	0,7	0,21	0,09
	R2	0,73	0,62	0,2	0,13
T5	R1	1,47	0,88	0,27	0,16
	R2	1,6	1,06	0,2	0,15
T6	R1	1,44	0,96	0,18	0,15
	R2	1,34	0,73	0,14	0,18
T7	R1	1,45	1,03	0,13	0,14
	R2	1,68	1,11	0,14	0,16
T8	R1	2,05	1,3	0,08	0,17
	R2	1,52	0,85	0,18	0,14

Elaborado por: Laboratorio bromatológico AGROCALIDAD, 2013

Tabla B-3. Resultados del análisis vegetal

TRATAMIENTOS	RESULTADOS	Altura (cm)			biomasa aérea (g)	biomasa subterránea (g)
		día 10	día 12	día 14		
T1	R1	7,5	9,3	11,1	2356,9	7906,5
	R2	7,1	8,9	10,7	2287,0	7836,6
T2	R1	12,3	14,1	15,9	2215,6	7765,2
	R2	13,1	14,9	16,6	2307,6	7857,2
T3	R1	8,2	10	11,5	2276,0	7825,6
	R2	8,4	10,2	12	2234,0	7783,6
T4	R1	6,2	8	9,8	2341,0	7890,6
	R2	6,8	8,6	10,3	2208,9	7758,5
T5	R1	7,2	9	10,8	2865,3	7019,2
	R2	7,4	9,2	11,1	2741,6	8291,2
T6	R1	6,9	8,7	10,6	2886,2	8435,8
	R2	7,1	8,9	10,5	2796,1	8345,7
T7	R1	7,6	9,4	11,2	2831,1	8380,7
	R2	7,2	9	10,8	2797,9	8347,5
T8	R1	9,6	11,4	13,6	2894,0	8443,6
	R2	9,8	11,6	13,4	2904,1	8453,7

Elaborado por: Laboratorio bromatológico AGROCALIDAD, 2013

Tabla B-4. Promedios del análisis bromatológico

RESULTADOS TRATAMIENTOS	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)
T1	88,53	11,46	12,66	20,95	1,10	24,61
T2	88,32	11,67	14,16	20,40	1,06	33,67
T3	87,92	12,08	13,91	17,26	1,05	23,62
T4	85,44	14,55	18,62	19,39	1,06	32,53
T5	74,55	24,45	15,35	23,84	1,75	13,97
T6	77,62	22,37	14,74	21,97	1,53	11,35
T7	76,13	23,87	15,25	22,01	1,98	14,79
T8	78,79	21,21	14,38	20,22	1,76	18,39

Elaborado por: Laboratorio bromatológico AGROCALIDAD, 2013

Tabla B-5. Promedios del análisis foliar

TRATAMIENTOS	RESULTADOS	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
T1		1,27	1,23	0,20	0,15
T2		1,64	1,61	0,19	0,18
T3		1,07	1,00	0,15	0,12
T4		0,62	0,66	0,20	0,11
T5		1,53	0,97	0,23	0,15
T6		1,39	0,84	0,16	0,16
T7		1,56	1,07	0,13	0,15
T8		1,78	1,07	0,13	0,15

Elaborado por: Laboratorio bromatológico AGROCALIDAD, 2013

Tabla B-6. Promedios del análisis vegetal

RESULTADOS TRATAMIENTOS	Altura (cm)			biomasa aérea (g)	biomasa subterránea (g)
	día 10	día 12	día 14		
T1	7,3	9,1	10,9	2321,95	7871,55
T2	12,7	14,5	16,25	2261,6	7811,2
T3	8,3	10,1	11,75	2255,0	7804,6
T4	6,5	8,3	10,05	2274,95	7824,55
T5	7,3	9,1	10,95	2803,45	7655,2
T6	7,0	8,8	10,55	2841,15	8390,75
T7	7,4	9,2	11	2814,5	8364,1
T8	9,7	11,5	13,5	2899,05	8448,65

Elaborado por: Laboratorio bromatológico AGROCALIDAD, 2013

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLÓGICO

Tabla B-7. Análisis de varianzas de la humedad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
humedad	16	0,96	0,93	1,92

Tabla B-8. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0,05
Modelo.	497,63	7	71,09	28,65	<0,0001	3,5
factor A	465,05	1	465,05	187,44	<0,0001	
factor B	4,26	3	1,42	0,57	0,6488	
factor A*factor B	28,31	3	9,44	3,8	0,058	
Error	19,85	8	2,48			
Total	517,47	15				

Tabla B-9. Prueba de Tukey para la humedad

Alfa=0,05 DMS=6,23293

Error: 2,4810 gl: 8

Factor A	Factor B	MEDIAS	N	E.E.	
Sin sustrato	Sol. Química	74,55	2	1,11	A
Sin sustrato	agua	76,13	2	1,11	A
Sin sustrato	té de compost	77,63	2	1,11	A
Sin sustrato	Sol. Tierra negra	78,79	2	1,11	A
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	85,45	2	1,11	B
Cascarilla de arroz	agua	87,92	2	1,11	B
Cascarilla de arroz	té de compost	88,33	2	1,11	B
Cascarilla de arroz	Sol. Química	88,54	2	1,11	B

Tabla B-10. Análisis de varianzas de la materia seca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
material seca	16	0,97	0,95	7,03

Tabla B-11. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0,05
Modelo.	468,92	7	66,99	43,19	<0,0001	3,5
factor A	443,73	1	443,73	286,09	<0,0001	
factor B	2,52	3	0,84	0,54	0,667	
factor A*factor B	22,66	3	7,55	4,87	0,0326	
Error	12,41	8	1,55			
Total	481,32	15				

Tabla B-12. Prueba de tukey para los tratamientos

Alfa=0,05 DMS=4,92817

Error: 1,5510 gl: 8

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cascarilla de arroz	Sol. Química	11,47	2	0,88	A
Cascarilla de arroz	té de compost	11,68	2	0,88	A
Cascarilla de arroz	Agua	12,08	2	0,88	A
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	14,56	2	0,88	A
Sin sustrato	Sol. Tierra negra	21,21	2	0,88	B
Sin sustrato	té de compost	22,38	2	0,88	B
Sin sustrato	Agua	23,87	2	0,88	B
Sin sustrato	Sol. Química	24,45	2	0,88	

Tabla B-13. Análisis de Varianza de la cenizas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
cenizas	16	0,82	0,65	7,31

Tabla B-14. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0,05
Modelo.	42	7	6,00E+00	5,07	0,0181	3,5
factor A	4,00E-02	1	4,00E-02	0,03	0,8657	
factor B	14,62	3	4,87E+00	4,11	0,0487	
factor A*factor B	27,35	3	9,12E+00	7,7	0,0096	
Error	9,48	8	1,18E+00			
Total	51,48	15				

Tabla B-15. Prueba tukey para los tratamientos

Alfa=0,05 DMS=4,30647

Error: 1,1844 gl: 8

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.		
Cascarilla de arroz	Sol. Química	12,66	2	0,77	A	
Cascarilla de arroz	Agua	13,91	2	0,77	A	
Cascarilla de arroz	té de compost	14,17	2	0,77	A	
Sin sustrato	Sol. Tierra negra	14,38	2	0,77	A	B
Sin sustrato	té de compost	14,75	2	0,77	A	B
Sin sustrato	Agua	15,26	2	0,77	A	B
Sin sustrato	Sol. Química	15,36	2	0,77	A	B
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	18,62	2	0,77		B

Tabla B-16. Análisis de varianza de la proteína

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	16	0,88	0,78	4,58

Tabla B-17. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0,05
Modelo.	54,17	7	7,74	8,58	0,0035	3,5
factor A	25,18	1	25,18	27,9	0,0007	
factor B	20,16	3	6,72	7,45	0,0106	
factor A*factor B	8,84	3	2,95	3,27	0,0803	
Error	7,22	8	0,9			
Total	61,39	15				

Tabla B-18. Prueba de tukey para los tratamientos

Alfa=0,05 DMS=3,75868

Error: 0,9022 gl: 8

Factor A	Factor B	Media		E.E.		
		s	n			
Cascarilla de arroz	Agua	17,27	2	0,67	A	
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	19,39	2	0,67	A	B
Sin sustrato	Sol. Tierra negra	20,23	2	0,67	A	B
Cascarilla de arroz	té de compost	20,41	2	0,67	A	B
Cascarilla de arroz	Sol. Química	20,96	2	0,67	A	B
Sin sustrato	té de compost	21,97	2	0,67		B
Sin sustrato	Agua	22,01	2	0,67		B
Sin sustrato	Sol. Química	23,85	2	0,67		C

Tabla B-19. Análisis de Varianza de extracto etéreo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Extracto etéreo	16	0,92	0,85	10,85

Tabla B-20. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0,05
Modelo.	2,1	7	0,3	12,75	0,0009	3,5
factor A	1,89	1	1,89	80,37	<0,0001	
factor B	0,1	3	0,03	1,45	0,2991	
factor A*factor B	0,11	3	0,04	1,52	0,2823	
Error	0,19	8	0,02			
Total	2,29	15				

Tabla B-21. Prueba tukey para los tratamientos

Alfa=0,05 DMS=0,60693

Error: 0,0235 gl: 8

Factor A	Factor B	Media		E.E.		
		s	n			
Cascarilla de arroz	Agua	1,06	2	0,11	A	
Cascarilla de arroz	té de compost	1,06	2	0,11	A	
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	1,07	2	0,11	A	
Cascarilla de arroz	Sol. Química	1,1	2	0,11	A	
Sin sustrato	té de compost	1,53	2	0,11	A	B
Sin sustrato	Sol. Química	1,76	2	0,11		B
Sin sustrato	Sol. Tierra negra	1,76	2	0,11		B
Sin sustrato	Agua	1,99	2	0,11		B

Tabla B-22. Análisis de varianza de la fibra

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
fibra	16	0,99	0,97	6,05

Tabla B-23. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0,05
Modelo.	996,53	7	142,36	83,1	<0,0001	3,5
factor A	782,04	1	782,04	456,48	<0,0001	
factor B	107,26	3	35,75	20,87	0,0004	
factor A*factor B	107,22	3	35,74	20,86	0,0004	
Error	13,71	8	1,71			
Total	1010,23	15				

Tabla B-24. Prueba tukey para los tratamientos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,17942

Error: 1,7132 gl: 8

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.		
	té de					
Sin sustrato	compost	11,36	2	0,93	A	
	Sol.					
Sin sustrato	Química	13,97	2	0,93	A	B
Sin sustrato	Agua	14,79	2	0,93	A	B
	Sol.					
	Tierra					
Sin sustrato	negra	18,4	2	0,93		B
Cascarilla de						
arroz	Agua	23,62	2	0,93		C
Cascarilla de	Sol.					
arroz	Química	24,62	2	0,93		C
	Sol.					
Cascarilla de	Tierra					
arroz	negra	32,53	2	0,93		D
Cascarilla de	té de					
arroz	compost	33,68	2	0,93		D

ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR

Tabla B-28. Análisis de Varianzas del Fósforo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fósforo	16	0,78	0,59	19,12

Tabla B-29. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0.05
Modelo.	1,95	7	0,28	4,12	0,0325	3,5
Factor a	0,7	1	0,7	10,31	0,0124	
Factor b	0,21	3	0,07	1,05	0,422	
Factor a*factor b	1,04	3	0,35	5,13	0,0287	
Error	0,54	8	0,07			
Total	2,49	15				

Tabla B-30. Prueba de tukey

Alfa=0,05 DMS=1,02885

Error: 0,0676 gl: 8

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.		
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	0,62	2	0,18	A	
Cascarilla de arroz	Agua	1,07	2	0,18	A	B
Cascarilla de arroz	Sol. Química té de	1,27	2	0,18	A	B
Sin sustrato	compost	1,39	2	0,18	A	B
Sin sustrato	Sol. Química	1,54	2	0,18	A	B
Sin sustrato	Agua	1,57	2	0,18	A	B
Cascarilla de arroz	té de compost	1,65	2	0,18	A	B
Sin sustrato	Sol. Tierra negra	1,79	2	0,18		B

Tabla B-31. Análisis de Varianzas del Potasio

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Potasio	16	0,58	0,21	30,09

Tabla B-32. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F_{tab} 0.05
Modelo.	1,11	7	0,16	1,56	0,2724	3,5
factor A	0,08	1	0,08	0,75	0,4132	
factor B	0,27	3	0,09	0,89	0,4849	
factor A*factor B	0,76	3	0,25	2,5	0,1335	
Error	0,81	8	0,1			
Total	1,92	15				

Tabla B-33. Prueba de Tukey

Alfa=0,05 DMS=1,26069

Error: 0,1015 gl: 8

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	0,66	2	0,23	A
	té de compost	0,85	2	0,23	A
Sin sustrato	Sol. Química	0,97	2	0,23	A
Cascarilla de arroz	Agua	1,01	2	0,23	A
Sin sustrato	Agua	1,07	2	0,23	A
	Sol. Tierra negra	1,08	2	0,23	A
Cascarilla de arroz	Sol. Química	1,23	2	0,23	A
Cascarilla de arroz	té de compost	1,62	2	0,23	A

Tabla B-34. Análisis de Varianzas del Calcio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Calcio	16	0,65	0,35	20,43

Tabla B-35. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0.05
Modelo.	0,02	7	2,80E-03	2,15	0,1522	3,5
factor A	2,30E-03	1	2,30E-03	1,73	0,2252	
factor B	0,01	3	4,00E-03	3,03	0,0934	
factor A*factor B	0,01	3	1,90E-03	1,42	0,3064	
Error	0,01	8	1,30E-03			
Total	0,03	15				

Tabla B-36. Prueba de Tukey

Alfa=0,05 DMS=0,14302

Error: 0,0013 gl: 8

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
	Sol. Tierra				
Sin sustrato	negra	0,13	2	0,03	A
Sin sustrato	Agua	0,14	2	0,03	A
Cascarilla de					
arroz	Agua	0,16	2	0,03	A
	té de				
Sin sustrato	compost	0,16	2	0,03	A
Cascarilla de	té de				
arroz	compost	0,19	2	0,03	A
Cascarilla de					
arroz	Sol. Química	0,21	2	0,03	A
Cascarilla de	Sol. Tierra				
arroz	negra	0,21	2	0,03	A
Sin sustrato	Sol. Química	0,24	2	0,03	A

Tabla B-37. Análisis de Varianzas del Magnesio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Magnesio	16	0,7	0,43	13,49

Tabla B-38. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F _{tab} 0.05
Modelo.	0,01	7	1,10E-03	2,62	0,1006	3,5
factor A	7,60E-04	1	7,60E-04	1,86	0,2096	
factor B	4,40E-03	3	1,50E-03	3,58	0,0661	
factor A*factor B	2,30E-03	3	7,70E-04	1,9	0,2077	
Error	3,30E-03	8	4,10E-04			
Total	0,01	15				

Tabla B-39. Prueba de Tukey

Alfa=0,05 DMS=0,07976

Error: 0,0004 gl: 8

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cascarilla de arroz	Sol. Tierra negra	0,11	2	0,01	A
Cascarilla de arroz	Agua	0,13	2	0,01	A
Cascarilla de arroz	Sol. Química	0,15	2	0,01	A
Sin sustrato	Agua	0,15	2	0,01	A
Sin sustrato	Sol. Química	0,16	2	0,01	A
Sin sustrato	Sol. Tierra negra	0,16	2	0,01	A
Sin sustrato	té de compost	0,17	2	0,01	A
Cascarilla de arroz	té de compost	0,19	2	0,01	A

ESTUDIO ECONÓMICO

Tabla B-40. Costo de los materiales utilizados para la elaboración de 15 m² de forraje

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
Soluciones químicas	Litros	10	5,0	50,0
Compost	Quintal	1	10,0	10,0
Tierra negra	Quintal	1	8,50	8,50
Cascarilla de arroz	Quintal	1	2,0	2,0
Semillas	Kilos	25	1,0	25,0
Cajas de madera	Unidades	16	5,0	80,0
Plástico negro calibre #7	Metros	20	0,57	11,40
Manguera	Metros	10	0,25	2,50
Baldes	Unidades	5	4,0	20,0
Total				209,40

Tabla B-41. Costos de los servicios básicos

Servicio	Consumo	Costo Unitario USD	Costo Total USD
Energía (kw/h)	2	0,09	0,18
Agua (m ³)	5	0,24	1,20
Total			1,38

Tabla B-42. Costos de recursos humanos

Personal	Sueldo básico (\$)	Costo día (\$)	Costo hora (\$)	Horas utilizadas	Costo Total (\$)
1	318	15,9	1,99	8	15,9

Tabla B-43. Costo total de la elaboración de 15 m² de forraje con soluciones orgánicas

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
Compost	Quintal	1	10,0	10,0
Tierra negra	Quintal	1	8,50	8,50
Cascarilla de arroz	Quintal	1	2,0	2,0
Semillas	Kilos	25	0,50	12,5
Cajas de madera	Unidades	16	5,0	80,0
Plástico negro calibre #7	Metros	20	0,57	11,40
Manguera	Metros	10	0,25	2,50
Baldes	Unidades	5	4,0	20,0
Personal	Unidades	1	318,0	318
Energía	Kw/h	2	0,09	0,18
Agua	m ³	5	0,24	1,20
Total				466,28

Tabla B-44. Costos de balanceados para alimentación animal

Producto	Unidad	Precio (USD)
Balanceado de crecimiento para cuyes	Quintal	45
Balanceado de engorde para cuyes	Quintal	43
Hierba	Cargas	2
Forraje hidropónico	Kg	0,10

FOTOGRAFÍAS

Figura B-1. Pesaje de las soluciones nutritivas química

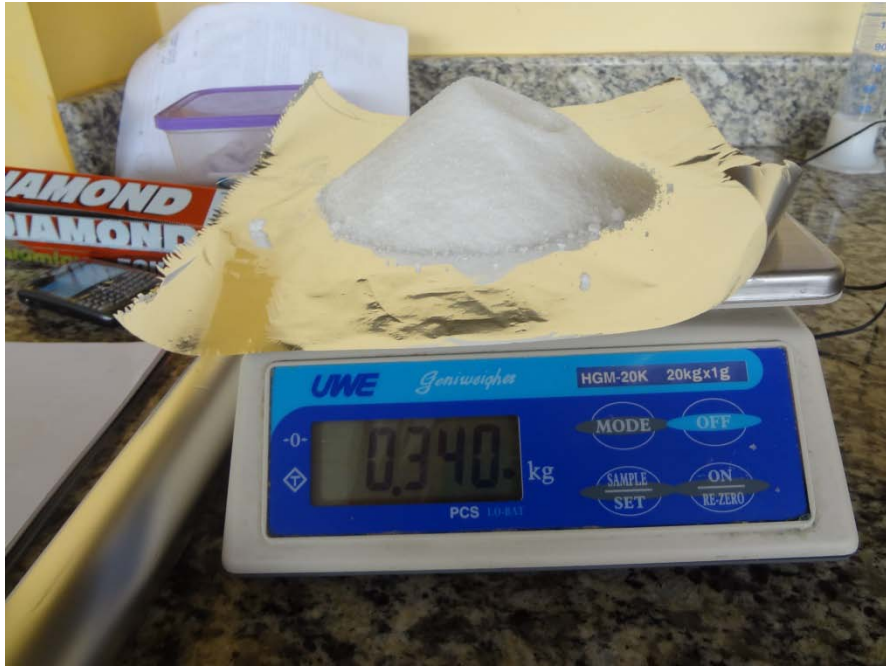


Figura B-2. Recolección de la tierra negra de páramo



Figura B-3. Cajas forradas ocupadas para el cultivo



Figura B-4. Té de Compost



Figura B-5. Elaboración de la suspensión de tierra negra de páramo



Figura B-6. Elaboración de la solución química

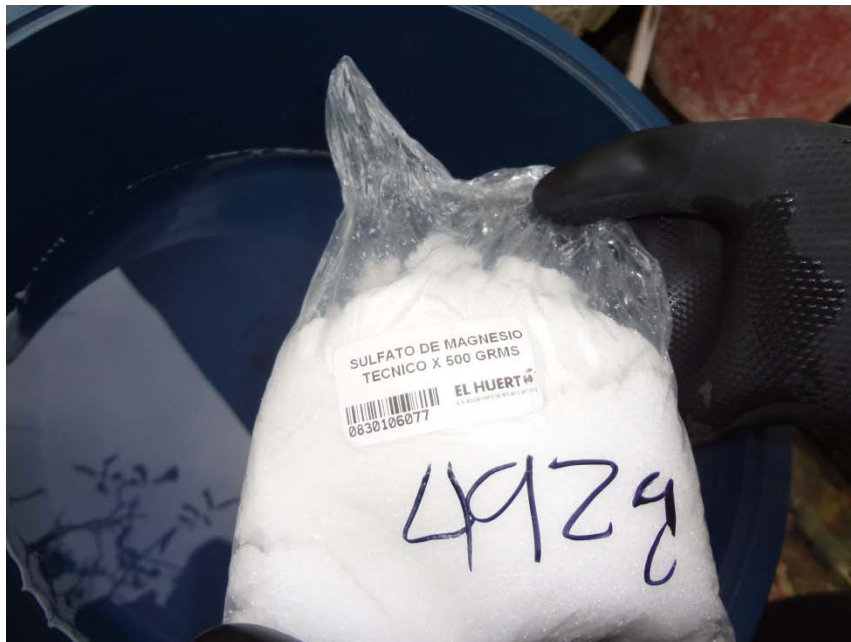


Figura B-7. Lavado de la cascarilla de arroz



Figura B-8. Pre germinación de las semillas



Figura B-9. Riego de las unidades experimentales



Figura B-10. Forraje a los 10 días de crecimiento



Figura B-11. Forraje a los 15 días de crecimiento

