

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays*. L) EN
CONDICIONES HIDROPONICAS EN EL CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA
MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

CLAUDIA PATRICIA CABRERA ROJAS

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO - COLOMBIA
2005**

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE MAIZ (Zea mays. L) EN
CONDICIONES HIDROPONICAS EN EL CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA
MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

CLAUDIA PATRICIA CABRERA ROJAS

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al titulo de
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presidente de Tesis
ORLANDO BENAVIDES BENAVIDES, I.A., M.Sc**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO- COLOMBIA
2005**

“las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son
responsabilidad exclusiva de los autores”
“Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanada del
Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.”

Nota de aceptación:

ORLANDO BENAVIDES B. I.A. M.Sc
Presidente

FRANCISCO TORRES. I.A. Esp.
Jurado

HUGO RUIZ. I.A. M.Sc.
Jurado

MIGUEL ANGEL VIVEROS. I.A. M.Sc.
Jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2005

DEDICO A:

A mi Padre por su dedicación y apoyo incondicional durante todos los años de mi vida, por su sabiduría y paciencia.

A mi Madre, por ser una mujer especial, comprensiva y estar siempre pendiente de mis sueños y anhelos, por apoyarme incondicionalmente y así hacerlos realidad.

A mis dos pequeños sueños que le regalaron a mi vida un rumbo distinto y por quienes hoy deseo seguir luchando para brindarles amor y felicidad.

Al amor de mi vida, el cual ha sido mi sendero, mi apoyo y mi luz en la oscuridad, por ser un hombre ejemplar y tenerme siempre en sus pensamientos.

A mis hermanos porque fueron seres que estuvieron apoyándome y acompañándome con su presencia y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Orlando Benavides B, I.A. M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño.

Francisco Torres. I.A. Esp. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño.

Hugo Ruiz. I.A. M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño.

Miguel Ángel viveros. I.A. M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño.

Álvaro Castillo. I.A. Esp. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias
Agrícolas Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron con la realizacion
del presente trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO TEORICO	16
1.1 GENERALIDADES SOBRE CULTIVOS HIDROPÓNICOS	16
1.1.1 Historia	16
1.1.2 Ventajas de la hidroponía	18
1.1.3 Nutrición de las plantas	18
1.1.4 Solución nutritiva	19
1.1.5 Propiedades	21
1.1.6 Factores que afectan la solución nutritiva	22
1.1.7 Calidad del tanque	22
1.1.8 Composición de la solución	22
1.1.9. Sustrato	22
1.1.10 Tipos de sustrato	22
1.1.11. Cultivo en agregado	22
1.1.12 Otros cultivos sin suelo	23
1.1.13 Sistema de solución nutritiva N.F.T	23
1.2 FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	25
1.2.1 Fisiología de la producción de forraje verde hidropónico	26
1.2.2 Ventajas de la utilización de forraje verde	27
1.2.3 Desventajas de la producción de forraje verde hidropónico	28
1.2.4 Análisis nutricional del forraje verde hidropónico (F.VH)	28
1.3 MAÍZ FORRAJERO CULTIVADO EN SUELO.	29
2. DISEÑO METODOLOGICO	31
2.1 LOCALIZACIÓN	31
2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	31
2.3 MATERIALES	31
2.3.1 Material biológico	31
2.3.2 Invernadero	32
2.3.3 Modulación	32
2.3.4 Bandejas	32
2.3.5 Riego	32
2.3.6 Sistema de reciclaje	32

pag.

2.4. METODOLOGIA	32
2.4.1 Sistema de Cultivo	32
2.4.2 Proceso de producción de forraje verde hidropónico (F.V.H)	33
2.4.2.1 Selección de Semilla	33
2.4.2.2 Lavados	33
2.4.2.3 Pregerminación	33
2.4.2.4 Siembras	33
2.4.2.5 Germinación	34
2.4.2.6 Riego	35
2.4.2.7 Aplicación de la solución nutritiva	35
2.4.2.8 Crecimiento	36
2.4.2.9 Cosecha	36
∨ Variables evaluadas	36
∨ Costos fijos	36
∨ Costos variables	37
3. RESULTADOS Y DISCUSION	38
3.1 PRODUCCIÓN	38
3.2 ALTURA	40
3.3 ANALISIS FISICO QUIMICO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO	42
3.3.1 Materia seca	42
3.3.2 Proteína	44
3.3.3 Fibra	45
3.3.4 Calcio	46
3.3.5 Magnesio	47
3.3.6 Fósforo	47
3.4 ANALISIS ECONOMICO	48
4. CONCLUSIONES	50
5. RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFIA	52
ANEXOS	54

LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Descripción de las concentraciones que se aplico a las variedades.	35
Tabla 2. Descripción de los numerales a los que corresponde cada concentracion y cada variedad.	38
Tabla 3. Resultados de producción de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.	39
Tabla 4. Resultados de altura de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.	42
Tabla 5. Resultados de porcentaje de materia seca de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.	43
Tabla 6. Resultados de porcentaje de proteína de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.	44
Tabla7. Resultados de porcentaje de fibra de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.	45
Tabla 8. Promedio de porcentajes de contenidos de calcio en maíz forrajero.	46
Tabla 9. Promedio de porcentajes de contenidos de magnesio en maíz forrajero.	47
Tabla 10. Promedio de porcentajes de contenidos de Fósforo en maíz forrajero.	48
Tabla 11. Análisis económico del forraje verde hidropónico para el primer año	49

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Semilla de maíz en remojo	33
Figura 2. Siembra de las semillas de maíz (<i>Zea mays</i> . L) bajo condiciones de invernadero	34
Figura 3. Germinación de las semillas bajo condiciones de invernadero	35
Figura 4. Observación del riego bajo condiciones de invernadero del forraje hidropónico.	36
Figura 5. Observación del crecimiento del forraje verde hidropónico a los ocho días de realizada la siembra bajo condiciones de invernadero	37
Figura 6. Establecimiento del forraje verde hidropónico a los quince días después de efectuada la siembra bajo condiciones de invernadero.	40
Figura 7. Producción de forraje verde hidropónico bajo condiciones de invernadero a los veinte días de establecimiento.	41

LISTA DE ANEXOS

	pag.
Anexo A: Análisis de varianza correspondiente a la variable de producción.	55
Anexo B: Análisis de varianza correspondiente a la variable altura	55
Anexo C: Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de materia seca.	55
Anexo D: Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de proteína.	55
Anexo E: Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de Fibra..	56
Anexo F. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de Calcio.	56
Anexo G: Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de magnesio.	56
Anexo H. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de fosforo.	56
Anexo I. Inversiones	57

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el semestre B del 2003 en el Corregimiento de la laguna, municipio de Pasto, donde su objetivo fue producir forraje verde hidropónico en el sistema N.F.T (flujo laminar de nutrientes) bajo condiciones de invernadero, evaluando tres variedades de maíz (zea mays L) morocho blanco, morocho amarillo y maíz chillo, empleando las soluciones nutritivas COLJAP en sus dos presentaciones, solución A (Nutriente mayor 4-2-5-5) y solución B (Nutriente menor HCEM 12) con tres concentraciones I full (5, 0 cc solución A + 2.0 cc de solución B). II $\frac{1}{2}$ full (2,5 cc de solución A + 1 cc de solución B) III. $\frac{1}{4}$ full (1,25 cc de solución A + 0.5 cc de solución B) y un testigo (cultivo sin fertilización); se realizaron tres ciclos de cultivo, cada uno de veinte días.

La evaluación se hizo con base en un diseño factorial empleando la prueba de Pdiff, en donde se analizó producción y altura de forraje porcentaje de proteína, materia seca, fibra, contenido de calcio, fósforo y magnesio.

Para el análisis económico se siguió la metodología: evaluación económica de proyectos de evaluación agropecuaria propuesta por Cino (1996, 29), en donde se evaluó la producción en kilogramos/año, costos totales, relación beneficio costo y rentabilidad.

Con los resultados obtenidos se recomienda utilizar el tratamiento dos, con el cual se obtiene la mejor producción kilogramos/año (166.872), con una relación beneficio costo de 1,43 y una rentabilidad de 144%.

ABSTRACT

The present work was carried during the second semestre 2003 in the jurisdiction of La Laguna , municipality of Pasto. Its objective was to produce hydroponic green forage on N.F.T system(laminate flow of nutriment) under green house conditions by testing three corn varieties (*Zea mays* L.), white morocho, yellow morocho and chillo corn trough the use of nutritive solutions COLJAP in its two presentations, solution A (higher nutriment 4-2-5-5) and solution B(Lower nutriment HCEM-12) with three concentrations (I).Full (5, 0 cc solution A + 2.0 cc de solución B). II ½ full (2,5 cc de solution A + 1 cc de solution B) III. ¼ full (1,25 cc de solution A + 0.5 cc de solution B) and a witness (cultivation whith fertilizar). It was made three twenty day cycle of cultivation.

Evaluation was based on a factorial desing by using the Pdiff trial forraje production and height, percentage protein, dried matter, fiber,calcium,phosphorus and magnesium contents were analysed.

it was followed the methodology of economic evaluation of animal and faming husbandry research projects proposed by CINO to do the economic analysis. Under this methodology, the production in kilogram / year was valued, as well as total costs, benefit, cost relation and yield – income capacity.

Based on obtained results, it is recommend to use the treatment two with which is possible to obtain the best production in kilogram per year, with a benefit – cost relation of 1,46 and yield – income capacity of 144%.

INTRODUCCION

El forraje verde hidropónico (F.V.H) es una tecnología de producción de biomasa vegetal, obtenida a partir de la germinación y crecimiento temprano de semillas viables, teniendo una producción de alta digestibilidad y calidad nutricional, apta para la alimentación animal.

El forraje verde es una alternativa que posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra, es así como productores en Chile han estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones hidropónicas para la producción de forraje verde hidropónico, equivalen a la producción convencional de 5 ha de avena de corte, las cuales pueden ser destinadas a la producción en otros rubros (2001,8).

Hurtado, afirma que:

A nivel nacional en la actualidad existen aproximadamente 450 hectáreas de cultivos hidropónicos, principalmente en clavel (aprox. 300 has), también hay pequeños cultivos de rosas, licanthus, gerberas y algunas hortalizas principalmente tomate, esto con el objetivo de reemplazar el suelo por un sustrato inerte, el cual compense los problemas estructurales y fitopatológicos que presentan ¹.

En Nariño la hidroponía como tal se ha aplicado en trabajos de investigación, sin embargo esta tecnología fue impulsada por CORPOTRIGO para la producción de tomate de mesa bajo invernadero, obteniendo los agricultores una buena producción de alimentos y un ingreso adicional diferente al cultivo tradicional.

Por lo tanto la presente investigación tuvo como objetivo principal Determinar el rendimiento de forraje bajo con condiciones hidropónicas en sistemas NFT (Técnica de cultivo con flujo laminar de nutrientes). Y como objetivos específicos: Determinar la calidad del maíz forrajero (*Zea mays* L.) bajo condiciones hidropónicas en sistema NFT (Técnica de cultivo con flujo laminar de nutrientes), evaluando altura de plantas, peso de forraje verde por bandeja, contenido de materia seca, cantidad de proteína, determinación de Ca, Mg y P Determinar el análisis económico del sistema NFT (Técnica de cultivo con flujo laminar de nutrientes) con respecto a la producción de forraje en cultivo tradicional.

¹ HURTADO, Marta Inés. Cultivo hidropónico como herramienta de propagación, cultivo de plantas madres y medio para el enraizamiento de esquejes. [internet] Bogota [14 de enero de 2005] www.drcalderonlabs.com

1. MARCO TEORICO

1.1 GENERALIDADES SOBRE CULTIVOS HIDROPÓNICOS.

Santos, citado por Pasuy y Cifuentes, afirma que:

El termino hidroponía introducido por primera vez como técnica se debe a Gericke que lo denominó: “*Sistema Hidropónico*” palabra derivada del griego Hidro (agua) y Poras (Labor) y la definió como una ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo aunque empleando un medio inerte al que se le añade una solución de nutrientes que contienen los elementos esenciales requeridos por la planta para su normal crecimiento².

Huterwal “define la hidroponía como el método de suministrar a las plantas los elementos necesarios para su crecimiento por medio de una solución sintética de agua y sales minerales”³.

1.1.1 Historia. Campo sostiene que:

El cultivo Hidropónico tuvo su origen en la necesidad del hombre por conocer la composición de las plantas y saber que sustancias hacen que ellas crezcan. Este trabajo sobre los constituyentes de las plantas comienza tiempo atrás, hacia el año 1600; no obstante las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto. Los jardines colgantes de Babilonia, los jardines flotantes de los Aztecas en Méjico y los de China Imperial, son ejemplos de cultivos hidropónicos⁴.

Santos, afirma que:

El cultivo hidropónico como tal inicio en el año de 1600 cuando el Belga Jan Van Helmont llego a la conclusión que las plantas obtienen del agua la sustancia para su crecimiento, no obstante le faltó

² SANTOS, José. Respuesta de maíz a cuatro concentraciones de una solución nutritiva en condiciones hidropónicas y de invernadero en el CIAB. Pasto, EN: Pasuy y Cifuentes. 1989, p 3

³ HUTERWAL, G. Cultivos de plantas sin tierra. Albatos, Buenos Aires, 1983, 248 p.

⁴ CAMPO, Op.Cit., p. 71.

comprobar que ellas también necesitan de dióxido de carbono y oxígeno del aire. En 1804 se expuso el principio de que las plantas están compuestas por elementos químicos obtenidos del agua, suelo y aire, en donde concluyo que el agua era esencial para el crecimiento de las plantas, al suministrarles hidrogeno mas carbono y oxígeno que provenían del aire constatando también que las plantas contienen hidrogeno y otros elementos naturales⁵.

Santos sostiene que:

La nutricultura fue el ultimo trabajo de investigación en donde quedo demostrado por los científicos Sachs y Knop, que las plantas podrían cultivarse en un medio inerte humedecido con una solución acuosa que contuviese los minerales requeridos por las plantas, en donde el siguiente paso fue eliminar completamente el medio y cultivar las plantas en la solución que contenía dichos minerales, usándose técnicas similares en laboratorios de fisiología y nutrición vegetal”⁶.

Santos, manifiesta que:

Los años siguientes los investigadores desarrollaron diversas formulas básicas para el estudio de la nutrición vegetal; interesándose sobre la aplicación practica de este cultivo hacia el año de 1925, cuando la industria de los invernaderos, se vio en la necesidad de comenzar a valorar el uso potencial del cultivo en Nutrientes para reemplazar los métodos para los suelos convencionales⁷.

Según, Calderón “actualmente con el desarrollo de los plásticos, los cultivos hidropónicos dieron otro paso, evitando costosas construcciones. Así apareció la industria de los invernaderos, se modificaron las técnicas de laboratorio y de cultivo, además de automatizarse por completo el sistema”⁸.

⁵ SANTOS, Op. Cit., p. 18.

⁶ Ibid., p. 18.

⁷ Ibid., p. 18.

⁸ CALDERON, Felipe. Cursos sobre cultivos hidropónicos. Bogota. 1989, 81 p.

Según, Resh “Los cultivos hidropónicos han llegado a ser un medio excelente para crecer verdura fresca, es así como en Canada cerca del 90 por 100 de la industria de invernaderos utiliza cultivos en serrin para poder compensar las estructuras y los problemas fitopatológicos del suelo”⁹

En Colombia en ciudades como Antioquia, Cundinamarca y Bogotá el cultivo hidropónico es la solución para contrarrestar problemas del suelo, como es el empobrecimiento y problemas fitopatológicos que presenta por el uso intensivo que se le da, al reemplazarlo por un sustrato inerte se obtendría una producción libre de patógenos y segura en cada cosecha.

En Nariño comercialmente no se ha trabajado con cultivos hidropónicos mas sin embargo se han realizado trabajos de investigación en donde manifiestan las bondades de este cultivo y la importancia de aplicarlo.

1.1.2 Ventajas de la hidroponía. Según Santos “el gran incremento de las cosechas con el cultivo hidropónico frente a los sistemas tradicionales es producido normalmente por diversos factores; en algunos casos el suelo puede haber sido excepcionalmente pobre, así pues, el cultivo sin suelo en este caso sería muy benéfico”.¹⁰

1.1.3 Nutrición de las Plantas. Para Santos “La composición de la materia fresca de las plantas incluye cerca de un 80% a 95% de agua, aproximadamente, el 90% del peso en seco de la mayoría de las plantas esta formado por tres elementos carbono (C), oxígeno (O) e hidrogeno (H), el agua proporciona hidrogeno y oxígeno, el cual también provienen del dióxido de carbono de la atmósfera, al igual que el carbono”.¹¹

Santos, afirma que:

Los 92 elementos naturales que se conocen, solamente 60 de ellos han sido encontrados en diversas plantas; no obstante muchos de estos no se consideran esenciales para su crecimiento y su existencia probablemente se debe a que la raíces de las plantas absorben en su

⁹ RESH, H. Nuevas Técnicas de Producción. Mundiempresa. 1987, p 318

¹⁰ SANTOS. Op. Cit., p. 23.

¹¹ Ibid., p. 25.

entorno algunos elementos que existen en forma soluble, para que un elemento sea considerado esencial debe cumplir tres criterios:

1. La planta no podrá tener su ciclo de vida normal en la ausencia del elemento.
2. La acción del elemento debe ser específicas y ningún otro elemento puede sustituirlo completamente.
3. El elemento deberá estar directamente implicado en la adquisición de las plantas.

Solamente 16 elementos están generalmente considerado esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Estos están arbitrariamente divididos entre macronutrientes los cuales la planta lo requiere en gran cantidad y los micronutrientes aquellos que son necesitados en menor cantidad¹².

1.1.4 Solución nutritiva. Calderón, sostiene que:

Las soluciones nutritivas están compuestas de agua y sales minerales, las cuales se preparan con fertilizantes altamente solubles, que aportan todos los elementos necesarios para el adecuado desarrollo de las plantas. Como una contribución al desarrollo de nuevas técnicas de producción agrícola Coljap industria agroquímica S.A ofrece las soluciones concentradas, nutrientes de mayor grado 4-2-5-5 (N, P, K, Cu) y nutriente menor HCEM -12 con elementos secundarios y menores en forma líquida y de fácil manejo para la preparación de los caldos nutritivos.

En cuanto a las dosis recomendadas para su preparación tenemos; para el nutriente mayor 2,5 – 5,0 cc/L más 1,0 – 2,0 cc/L. de nutriente menor HCEM-12 por cada litro de agua; las dosis más altas, se recomiendan en los primeros estados de desarrollo, las dosis más bajas para cultivos en la época de floración y la del llenado de frutos¹³.

Llanos, manifiesta que:

¹² Ibid., p. 25.

¹³ CALDERON. Op. Cit., p. 4.

Las soluciones nutritivas comerciales en Colombia y en especial el sector floricultor se vienen empleando una serie de soluciones nutritivas que podrían clasificarse en varias especies a saber: Las soluciones nutritivas a partir de sales simples, las soluciones nutritivas a partir de líquidos de concentrados, las soluciones nutritivas a partir de abonos compuestos sólidos, las soluciones nutritivas a partir de sales simples. Este modo de emplear las sales simples es tal vez el más utilizado desde muchos años atrás pues permite que cada floricultor maneje según sus necesidades la fertilización que se elija, este modo fue adquirido de la fertilización que convencionalmente se realizaba en el suelo con algunas modificaciones.

Este tiene sus ventajas el cual podemos cambiar la formulación en un momento deseado, y la economía de sus ingredientes pero también tiene su desventaja en cuanto a lo que se refiere al manipuleo de las sustancias químicas.

Entre las soluciones nutritivas preparadas a partir de líquidos concentrados:

AGROFEED. En muchos cultivos hidropónicos de la sabana de Bogotá, podemos encontrar grandes recipientes de almacenamiento de líquidos concentrados, que contienen los elementos requeridos para la nutrición de un cultivo de clavel en sustratos inertes. Una de las empresas dedicadas al suministro de estos fertilizantes es Holanda – Colombia con su producción AGROFEED, estos productos son preparados a partir de sustancias químicas de alta solubilidad y de microelementos quelatados.

NUTRIPONIC. Se trata de una formulación de la empresa Walco S. A de solución completa a base de elementos mayores y menores, empleada en cultivos hidropónicos y en fertirrigación. Sus fuentes a base de sales minerales Nitratos y elementos menores quelatados la hace idónea para riego de plantas de producción de esquejes (plantas madres) y en bancos de enraizamiento al igual que plantas de producción.

Otros abonos líquidos compuestos y enriquecidos con elementos intermedios y menores contienen los nutrientes necesarios en forma equilibrada, altamente solubles para que sean aprovechables en la zona radicular y así obtener una alta eficacia de la fertilización en cada una de las etapas de desarrollo: plántula, crecimiento vegetativo, producción de flores y frutos y hasta el llenado de los mismos.

También estas formulas permiten mezclas entre ellas para balancear las fertilizaciones dependiendo de los requerimientos en un momento dado del desarrollo de la planta. Entre estos: Hakaphos, estas formulaciones se encuentran diseñadas para ser aplicadas en cada estado de desarrollo fenológico del cultivo, se encuentran todos los nutrientes necesarios en proporciones equilibradas y se eliminan las mezclas en el campo. También confiere un elevado poder acidificante evitando las obstrucciones en los emisores de riego y mejorando la absorción de los microelementos. Hakaphos se maneja según la conductividad eléctrica deseada mejorando la absorción de los microelementos¹⁴.

1.1.5 Propiedades. Calderón, manifiesta que:

La solución nutritiva Coljap, es una formulación única, en cuanto puede sostener una planta, independiente del suelo, ha sido aprobada bajo sistemas de cultivo en sustrato, a raíz sumergida y a raíz desnuda (NFT), su gran especialidad radica en que es una formulación que se origina en la escuela moderna de la nutrición vegetal, la cual hace mayor énfasis en el conocimiento nutritivo de la planta, más que del suelo¹⁵.

Calderón, argumenta que:

Las propiedades que tienen estas soluciones, es por ejemplo, que el nitrógeno aporta el 90% en forma nítrica, lo cual metabólicamente activa en grado máximo la producción; el potasio (K) se encuentra en relación N/K. 1 a 1, relación N/P y la forma del fósforo como anion monofosfato (H₂PO₄), garantiza el suministro de este elemento aun a los activos más exigentes, es así como la Inclusión de calcio (Ca), magnesio (Mg) como sulfato y como nitrato y el hierro (Fe) como hierro 3 quelatado, garantiza la absorción estrictamente necesaria para los cultivos hidropónicos en donde reconoce la gran importancia para lograr los rendimientos requeridos¹⁶.

¹⁴ LLANOS, Pedro. La solución nutritiva, nutrientes comerciales, formulas completas. Bogotá: 18 de mayo de 2001. [15 de enero de 2005]. www.walcoagro.com

¹⁵ CLADERON, Op. Cit., p. 16.

¹⁶ Ibid., p. 16.

1.1.6 Factores que afectan la solución nutritiva. Campo, señala que “Que la calidad de agua está determinada por la conductividad eléctrica que debe ser 1.75 mm/mhos máximo, junto con esto se debe conocer los sólidos totales, los cloruros, la dureza total y la presencia de metales pesados que no son adecuados para el crecimiento de las plantas”.¹⁷

1.1.7 Calidad del tanque de la solución nutritiva. Según Campo “el tanque debe ser inerte con respecto a la solución y aislar de influencias externas (luz y contaminantes) debe ser de fácil mantenimiento y desinfección, se puede construir en concreto, pero revestido de P.V.C o utilizar tanque de fibra de vidrio; el tamaño dependerá del área a trabajar”¹⁸.

1.1.8 Composición de la Solución. Para Campo, “las fuentes más utilizadas en Colombia son: nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monoamoniaco, sulfato de magnesio y quelatos, al igual que fuentes de sales comerciales, que proveen de macronutrientes como micronutrientes”¹⁹.

1.1.9. Sustrato. Meneses señala “en hidroponía el sustrato se define como el elemento que sirve de soporte a la plantas y constituye el medio que facilita su oxigenación y alimentación”²⁰.

1.1.10 Tipos de sustrato.

1.1.11. Cultivo en agregado. Como Santos afirma “es un método inorgánico sólido sirve de sustrato para enraizamiento, siendo los mas comunes grava, arena y aserrín”²¹.

¹⁷ CAMPO, Segundo. Principios básicos de los cultivos hidropónicos. En: Curso sobre cultivos hidropónicos. Memorias de curso sobre cultivos hidropónicos. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. 1989, p 40

¹⁸ CAMPO. Op. Cit., p.19.

¹⁹ Ibid., p. 21.

²⁰ MENESES, Elías. En: Curso sobre cultivos hidropónicos. San Juan de Pasto – Colombia 1989, p 40.

²¹ SANTOS. Op. Cit., p. 28.

1.1.12 Otros cultivos sin suelo. Santos manifiesta que “estos métodos han dado buenos resultados, son cultivo en turba, vernicolita, perlita pumita y espuma plástica, que utilizando sus mezclas en varias proporciones determinarán las cantidades más convenientes a mezclar según las diversas plantas a cultivar²²”.

Meneses, afirma que:

En hidroponía, el sustrato se define como el elemento que sirve de soporte a la planta y constituye el medio que facilita su oxigenación y alimentación; para esto debe cumplir con ciertos requisitos, como ser liviano, ya que el peso del sustrato determina la mayor o menor resistencia estructural de soporte requerido por las bandejas o canales o cualquier otro contenedor teniendo en cuenta los costos, de acuerdo a este sustrato debe tener:

- ✓ Buena retención de humedad.
- ✓ No encharcar.
- ✓ Químicamente inerte.
- ✓ Biológicamente inerte.
- ✓ No degradable²³.

1.1.13 Sistema de solución nutritiva (N.F.T). Entre otros medios de cultivo, está el sistema (N. F. T.), “técnica de cultivo con flujo laminar de nutrientes”, en donde el principio de este sistema hidropónico consiste en la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo, no existiendo pérdida o salida al exterior de la solución lo que se constituye en un sistema de tipo cerrado.

Carrasco, sostiene que:

Una de las ventajas que ofrece el sistema (N. F. T) es su mayor eficiencia en cuanto a la utilización de los elementos minerales por el crecimiento de las plantas. En contraste a los sistemas hidropónicos populares de sustrato sólido o “raíz flotante” el NFT maximiza el contacto directo de la raíces con solución nutritiva que es constantemente renovada y por ende el crecimiento es acelerado siendo posible obtener en el año, mas ciclos de cultivo. Con la ausencia del sustrato se evitan las labores de “desinfección de este así como se favorece el establecimiento de una alta densidad de

²² Ibid., p. 255.

²³ MENESES. Op. Cit., p. 40.

plantación. Entre las desventajas señaladas por el sistema NFT se destaca la necesidad de una mayor inversión inicial, sin embargo, en la medida que ésta se realice con materiales de fácil acceso, el costo de implementación disminuirá, siendo una técnica competitiva con otros sistemas de cultivo forzado.

La mayor adopción del sistema N.F.T. radica no sólo en la posibilidad de reducir la inversión inicial y en poseer conocimientos técnicos, sino en contar con un mercado que facilite la comercialización, valorando la alta calidad que caracteriza los productos tenidos por N. F. T. Así, se hace imprescindible, antes de decidir su adopción, la necesidad de realizar un proyecto de inversión²⁴.

Carrasco, sostiene que:

El sistema hidropónico (NFT) (Técnicas de cultivo con flujo laminar de nutrientes) es recomendado especialmente para el cultivo de especies hortícola de fruto y hoja, ya que el crecimiento y desarrollo de especies de raíces y bulbos es limitado por la sujeción de estos órganos, la altura del canal de cultivo y de la lamina de solución; este sistema se justifica con la obtención de una producción comercial altamente rentable y en una disminución de los riesgos de producción. De ahí la razón de elegir especies hortícola de alta producción por unidad de superficie, como lo son por ejemplo el tomate, pepino, frutilla, melón, pimentón, entre otros.

Es así como en Europa el tomate producido bajo este sistema rinde aproximadamente 45 Kg/m² y en pepino se produce 150 frutos por metro cuadrado. Así mismo para una producción de lechugas cultivando una densidad de plantación de 24 plantas por metro cuadrado para una superficie de 100 m², luego de tres meses es factible cosechar un total de 7200 lechugas para obtener un número similar de lechugas pero cultivadas en el suelo, se requerirían al menos seis veces esta área de cultivo.²⁵

Calderón reporta que:

²⁴ CARRASCO, Gilda. La empresa hidropónica de mediana escala, (N.F.T). Universidad de Talca. Chile – Santiago de Chile. 1996, 22 p.

²⁵ Ibid., p. 28

En rendimientos comparativos con cultivos hidropónicos Vs campo abierto estiman que la producción de tomate en tn/ha/año es de 187,5 mientras que en condiciones normales de campo es de 30 tn/ha/año basándose en lo anterior se concluye que los rendimientos son mucho mas altos y se ocupan una menor superficie por área cultivada.²⁶

Carrasco, sostiene que:

En cuanto a la cantidad de concentraciones de soluciones nutritivas que se utilizan para este tipo de cultivo generalmente son presentadas con el nombre de soluciones concentradas en donde presentan el contenido de sales fertilizantes requeridas para ser diluidas en un volumen conocido de agua en donde se denomina solución concentrada A y solución concentrada B, recomendando la concentración $\frac{1}{2}$ full (2,5 cc de solución A + 1 cc de solución B) para cualquier cultivo ya que se obtienen producciones similares si se utilizara una concentración mayor, sin embargo para la fertilización de cualquier cultivo hidropónico se debe tener en cuenta el periodo vegetativo en el que se encuentra ya que las necesidades de los elementos esenciales son diferentes para cada etapa²⁷.

1.2 FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO. Calderón, plantea que:

El forraje verde hidropónico, es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, alfalfa) que se realiza durante un periodo de 9 a 15 días, capturando energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva, el grano germinado alcanza una altura promedio de 25 cm; el animal consume la parte aérea formada por el tallo, las hojas verdes, los restos de semilla y la raíz.

Dentro de los módulos aislados térmicamente hay una estantería que soporta las bandejas, en las cuales se siembran 1,7 kg de semilla, que se cosechan a los seis días de la siembra, con producciones de 12,5 kg. de forraje, lo cual representa una relación de rendimiento de 7,3 a 9 kg. de forraje por cada kilogramo de semilla.

En el trópico, el sistema utilizado tiene como fundamento el aprovechamiento de las condiciones ambientales favorables en climas calidos o adaptaciones especialmente en climas fríos, donde no son

²⁶ CALDERON. Op. Cit., p 15

²⁷ CARRASCO, Op. Cit., p. 64

necesarios los sistemas de calefacción e iluminación para crear un ambiente óptimo de cultivo, de todas maneras es indispensable la utilización del invernadero en ambos climas²⁸.

1.2.1 Fisiología de la producción de forraje verde hidropónico.

Calderón señala que:

En el proceso de germinación de una semilla se producen una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas muy importantes.

El embrión de la futura planta despierta de su vida latente, provocando la ruptura de los tegumentos seminales y a partir de un almacén de energía, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol (fotosíntesis) y absorber elementos minerales de la solución nutritiva.

La germinación se inicia desde el momento en que se somete la semilla a imbibición o hidratación. Las enzimas se movilizan invadiendo el interior de la semilla y ocurre una disolución de las paredes celulares por la acción de ellas; posteriormente se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares y así empieza el proceso de germinación en el que podemos diferenciar tres fases importantes que son:

Absorción del agua. Durante esta fase se inicia la actividad vital de la semilla, es decir se reanuda el metabolismo para lo cual se necesitan condiciones adecuadas de humedad, temperatura, y oxígeno. Una vez reunidos estos factores la semilla a aumentado de volumen por la absorción de agua, el embrión se hincha, se reblandecen las cubiertas protectoras y las reservas alimenticias comienzan una serie de reacciones químicas y biológicas que hacen que el embrión se desarrolle.

Movilización de nutrientes. En la segunda fase los cotiledones se van reduciendo mientras la nueva planta consume sus reservas, pues el alimento almacenado en ellos es digerido por la acción del agua, se descompone mediante la respiración o se usa en el desarrollo de nuevas estructuras. Los alimentos almacenados en los cotiledones generalmente se encuentran en cantidades suficientes para sostener el

²⁸ CALDERON, Felipe. Aprende fácil. Bogota – Colombia S.f, 152 p.

crecimiento de la planta hasta cuando esta pueda empezar a fabricar su propio alimento.

Crecimiento y diferenciación. Se puede definir el crecimiento como la síntesis del material vegetal (Biomasa), que normalmente viene acompañada de un cambio de forma y aumento inversible de masa del organismo órgano o célula.

El crecimiento de las diferentes partes de la planta se suele determinar por la altura, el área foliar o el peso seco, en relación con el tiempo transcurrido durante el ciclo de vida.

La diferenciación es el proceso mediante el cual se forman y reproducen las diferentes clases de células. En una planta el crecimiento y la diferenciación transcurren paralelamente y por ello parecería tratarse de un solo proceso que llamaremos desarrollo.

Una vez ha aparecido las raicillas y las primeras hojas, la planta esta capacitada para obtener nutrientes del medio externo y demás elementos para fabricar su propio alimento (fotosíntesis) motivo por el cual se debe exponer a condiciones optimas de luminosidad, oxigenación y nutrición²⁹.

1.2.2 Ventajas de la utilización de forraje verde. La FAO, afirma que:

El forraje verde hidropónico (F.V.H) es un alimento vivo de alta digestibilidad y calidad nutritiva representa una herramienta alimentaría de alternativa cierta y rápida, con la cual se puede hacer frente a los clásicos y repetitivos problemas que enfrenta hoy la producción animal (sequías, inundaciones, suelos empobrecidos y/o deteriorados, etc) además puede sustituir al concentrado y/o ración balanceada muy importante ofreciendo una seguridad alimentaría en cuanto al suministro constante de alimentos y nutrientes al animal si contamos con reservas de semillas a costos aceptables³⁰.

²⁹ CALDERON. Op. Cit., p. 139.

³⁰ FAO. La huerta hidropónica. Manual técnico forraje verde hidropónico. [Internet] Santiago de Chile: Mayo de 2001. [Julio 15 de 2005] [www. onu.com](http://www.onu.com)

Hurtado, Marta, afirma:

Un cultivo de propagación de plantas de cualquier especie requiere basar su operación en la sanidad y en el aseguramiento de la calidad de todo el material que allí se produzca. Esta premisa se puede lograr con el empleo de los cultivos hidropónicos, debido a que se facilita el control de todas las condiciones bióticas y abióticas requeridas durante todo el ciclo productivo.³¹

1.2.3. Desventajas de la producción de forraje verde hidropónico.

La FAO, señala que:

La desinformación y sobrevaloración de la tecnología de forraje verde hidropónico vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del cultivo se puede transformar en una desventaja debido a la falta de conocimientos e información simple y directa como son la especie forrajera a utilizar, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, sus requerimientos nutricionales, agua y niveles óptimos del medio (luz, temperatura, humedad) para un adecuado desarrollo del cultivo.

El costo de instalación elevado puede ser una desventaja que presenta este sistema, aunque a mediano y largo plazo se ven los beneficios, sin embargo se ha demostrado que utilizando estructuras comunes se logran excelentes resultados, productores agropecuarios brasileños han optado por la producción de forraje verde hidropónico directamente colocado al piso sobre plástico negro, siendo esta metodología la mas económica y accesible.³²

1.2.4 Análisis nutricional del forraje verde hidropónico (F.VH). Calderón, manifiesta que:

En el forraje verde hidropónico todas las vitaminas se presentan libres y solubles y por lo tanto, asimilables directamente. La vitamina E asimilable y en libre circulación por toda la planta joven, mientras que en la semilla se presenta en la envoltura y es expulsada por los

³¹ HURTADO. Op. Cit., p. 7

³² FAO. Op. Cit., p. 15

animales en los experimentos de los animales alimentados con forraje verde hidropónico, no hay vitamina E, lo cual demuestra su completa asimilación.

El F.V.H es un suculento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura de plena aptitud comestible para nuestros animales donde su alto valor nutritivo se debe a la germinación de los granos los cuales contienen energía digestible, la cual se aproxima a los valores encontrados para el concentrado en el caso particular de la cebada contiene 3.300 Kcal/Kg³³.

1.3 MAÍZ FORRAJERO CULTIVADO EN SUELO. Bernal, argumenta que:

El maíz se cultiva en todos los climas, es un cereal básico para la alimentación humana en Colombia y en muchos otros países. Se cultiva con frecuencia para producir forraje verde o ensilar. Cuando el maíz se lo utiliza para forraje, se debe cosechar, cuando el grano se encuentre en estado lechoso y las hojas estén todavía verdes y tiernas.

Se obtiene solo una cosecha por cada siembra produciendo entre 60 y 80 T/ha de forraje fresco.

Cuando se cultiva el maíz para grano (seco o en mazorca) los tallos y el forraje remanente se pueden utilizar para alimentar ganado, pero su calidad es baja, en este caso es necesario suplementar los animales con un material de buena calidad, como por ejemplo el heno de alfalfa.

Cuando se cosecha maíz para forraje, la fertilización nitrogenada se debe incrementar en un 25 a 30%, aproximadamente para promover un mayor desarrollo vegetativo y para satisfacer la mayor demanda de vida al incremento de la población de plantas por hectárea³⁴.

Las variedades de maíz que se emplean para forraje deben ser variedades regionales las cuales presenten una alta producción vegetativa, las variedades que se utilizaron en este proyecto fueron las siguientes:

³³ CALDERON. Op. Cit., 151.

³⁴ BERNAL, Javier. Fertilización de cultivos de clima frío. Santafe de Bogotá: Saenz. 1998. 425 p.

Sañudo señala que:

Morocho Blanco: es un grano de color blanco, con una longitud de mazorca de 18 a 20 cm, ciclo vegetativo corto entre 6 y 8 meses y una altura de planta de 1,9 a 2 m, su rendimiento promedio en condiciones optimas es de 4.000 kg/ha y a nivel de campo es de 1.800 a 2.000 kg/ha.

Morocho Amarillo: Color de grano amarillo, peso promedio de 130 a 140g, longitud de espiga de 30 cm, con una longitud de mazorca de 28 cm, con un ciclo de vida que varia entre 6 y 8 meses, la altura de planta es de 2m, su rendimiento promedio en campo es de 2,5 T/ha.

Maíz Chillo: Las características de este maíz obedecen a maíces regionales, se le escogió porque presenta una alta producción de forraje, su ciclo de vida varia entre 6 y 8 meses y la altura de planta aproximadamente es de 1,80 a 2 m y su rendimiento promedio es de 1.500 kg/ha.³⁵

³⁵ ENTREVISTA con Benjamín Sañudo, Docente de la Universidad de Nariño. Pasto, 15 de Agosto de 2004.

2. DISEÑO METODOLOGICO

2.1 LOCALIZACIÓN. El presente trabajo se desarrolló bajo condiciones de invernadero en el corregimiento de La Laguna, ubicado en el municipio de Pasto, a una altura de 2.800 msnm con una temperatura promedio de 12°C y una precipitación pluvial de 800 mm/año.

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL. En este ensayo se aplicó el diseño factorial utilizando la prueba de pdiff, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones; los cuales estuvieron representados por diferentes niveles de concentración solución A (nutriente mayor 4 - 2 - 5 – 5) y solución B (nutriente menor HCEM – 12).

Morocho Blanco

5 cc de solución A + 2 cc de solución B /L H₂O
2,5 cc de solución A + 1 cc de solución B / L H₂O
1,25 cc de solución A + 0,5 cc de solución B / LH₂O

Maíz Morocho Amarillo

5,0 cc de solución A + 2 cc de solución B /L H₂O
2,5 cc de solución A + 1 cc de solución B / L H₂O
1,5 cc de solución A + 0,5 cc de solución B / L H₂O

Maíz Chillo

5,0 cc de solución A + 2 cc de solución B /L H₂O
2,5 cc de solución A + 1 cc de solución B / L H₂O
1,5cc de solución A + 0,5 cc de solución B / L H₂O

2.3 MATERIALES.

2.3.1 Material Biológico. Las variedades que se emplearon en el experimento fueron: Morocho blanco, morocho amarillo, maíz chillo, que a continuación se describen.

Morocho Blanco: Sañudo, señala que:

Es un grano de color blanco, con una longitud de mazorca de 18 a 20 cm, ciclo vegetativo corto entre 6 y 8 meses y una altura de planta de 1,9 a 2 m, su rendimiento promedio en condiciones optimas es de 4.000 kg/ha y a nivel de campo es de 1.800 a 2.000 kg/ha.

Morocho Amarillo: Color de grano amarillo, peso promedio de 130 a 140g, longitud de espiga de 30 cm, con una longitud de mazorca de 28 cm, con un ciclo de vida que varía entre 6 y 8 meses, la altura de planta es de 2m, su rendimiento promedio en campo es de 2,5 T/ha.

Maíz Chillo: Las características de este maíz obedecen a maíces regionales, se le escogió porque presenta una alta producción de forraje su ciclo de vida varía entre 6 y 8 meses y la altura de planta aproximadamente es de 1,80 a 2 m y su rendimiento promedio es de 1.500 kg/ha³⁶.

2.3.2 El invernadero. El invernadero se construyó con una dimensión de 4 m x 11 m, el cual fue cubierto con polietileno blanco calibre seis. El piso fue de concreto, lo que facilitó un correcto manejo fitosanitario, evitando encharcamientos.

2.3.3 Modulación. Se construyó un solo módulo, a 30 cm del suelo.

2.3.4 Bandejas. Las bandejas que se utilizaron en este caso fueron formaletas de madera recubiertas con polietileno negro con dimensiones de 60 cm de ancho por 1,50 m de largo y 10 cm de profundidad.

2.3.5 Riego. El sistema de riego que se utilizó fue de nebulización, de manera intermitente, efectuándose 9 riegos diarios, empezando a las ocho de la mañana y terminando a las cuatro de la tarde. Consta básicamente de los siguientes elementos: una manguera de 16 milímetros de diámetro y de 10 metros de longitud, de la cual estuvieron suspendidos los siete aspersores que se ubicaron a 1,50 m cada uno y a una altura de 80 cm de las bandejas de cultivo, además se empleó un filtro de arena ubicado en la tubería principal que evitó la entrada de impurezas a los aspersores, el filtro se lavó dos veces por semana.

2.3.6 Sistema de Reciclaje. Se empleó un sistema abierto para evitar la propagación de hongos y enfermedades al cultivo y la solución nutritiva que sobró fue recolectada y utilizada en otros cultivos.

2.4 METODOLOGIA.

2.4.1 Sistema de cultivo. Para la producción de maíz forrajero se utilizó el sistema NFT (Técnica de cultivo con flujo laminar de nutrientes) en donde el riego

³⁶ SAÑUDO. Op. Cit.

por nebulización y el sistema de reciclaje abierto. La metodología que se siguió para este proyecto fue la de COLJAP S.A

2.4.2 Proceso de producción de forraje verde hidropónico (F.V.H).

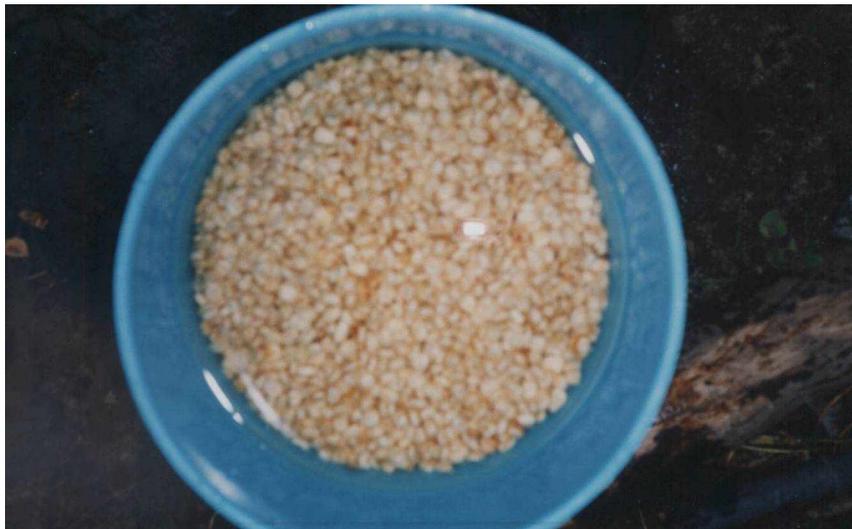
2.4.2.1 Selección de semilla. Se emplearon semillas de maíz, libre de plagas y enfermedades.

2.4.2.2 Lavado. Se depositó el grano en un recipiente, con el fin de retirar todo el material flotante como lanas, basura, granos partidos y otros tipos de impurezas.

2.4.2.3 Pregerminación. Esta etapa consistió en romper el estado de latencia, en que se encuentra la semilla para esto se humedeció durante un periodo de 24 horas, para lograr una completa inhibición, cumplido este tiempo se procedió a sacarlos y a orearlos, (escurrirlas) posteriormente se dejó reposando durante 48 horas en los recipientes debidamente tapados para mantener humedad ambiental alta.

Mediante este proceso se indujo la rápida germinación de la semilla; a través del estímulo que produjo al embrión. Esta pregerminación asegura un crecimiento inicial vigoroso del forraje verde hidropónico. Ver **(Figura 1)**.

Figura 1. Semilla de maíz en remojo.



2.4.2.4 Siembras. Se sembró 2 kilos de semilla de maíz por m², se tuvo en cuenta que la semilla no superó los 1,5 cm de la altura de la bandeja, posterior a la siembra se cubrió con un plástico negro hasta la germinación de la semilla,

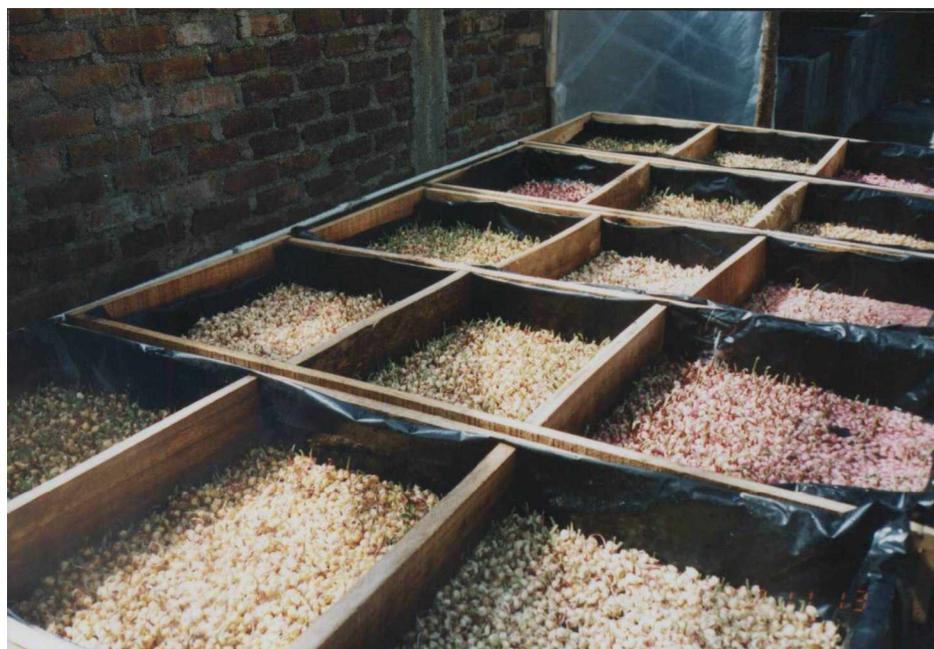
proporcionando así condiciones de alta humedad y optima temperatura que favoreció a la germinación y crecimiento inicial, una vez germinadas las semillas se retiro el plástico negro, en la **(Figura 2)**, se puede apreciar la siembra.

Figura 2. Siembra de las semillas de maíz (*Zea mays*. L) bajo condiciones de invernadero.



2.4.2.5 Germinación. La germinación se efectuó a los tres días de la siembra, en donde en la siguiente figura, se observa que ya ha emergido la radícula. Ver **(Figura 3)**.

Figura 3. Germinación de las semillas de maíz bajo condiciones de invernadero.



2.4.2.6 Riego. En este caso se regó 10 minutos cada hora siendo en total nueve riegos diarios utilizando riego por nebulización. Ver (**Figura 4**).

2.4.2.7 Aplicación de la Solución Nutritiva. La aplicación de la solución nutritiva se la efectuó manualmente con una regadera, cuando el cultivo estuvo totalmente germinado, regándolo dos veces por semana con las siguientes concentraciones según los tratamientos y un testigo (sin Solución Nutritiva). Los tratamientos evaluados en la investigación se describen en la (**Tabla 1**).

Tabla 1. Descripción de las concentraciones que se aplico a las variedades.

Concentración sol A (nutriente mayor) L/H²O	concentración sol B (nutriente menor) L/H²O
5.0 cc	2.0 cc
2.5 cc	1.0 cc
1.5 cc	0.5 cc

Figura 4. Observación del riego bajo condiciones de invernadero del forraje verde hidropónico.



2.4.2.8 Crecimiento. El periodo de crecimiento duro veinte días, obteniendo un forraje vigoroso, en la siguiente figura, se observa el forraje a los 8 días después de efectuada la siembra. Ver **(Figura 5)**.

2.4.2.9 Cosecha. La cosecha se realizó a los veinte días de sembrado el cultivo, en donde el forraje fue suministrado para la alimentación de ganado vacuno, dando raciones de 6 a 9 kg, dos veces al día.

✓ **Variables evaluadas.** Las variables que se evaluaron en este trabajo fueron altura, peso del forraje, y se hizo análisis bromatológico evaluando, proteína, contenido de materia seca, magnesio, calcio y porcentaje de fibra cruda.

Para determinar la viabilidad económica de los factores en estudio se siguió la metodología: evaluación económica de proyectos de investigación agropecuaria propuesta por Cino (1996, 29). En base a los resultados de producción obtenidos del análisis estadístico, se determinaron los costos e ingresos, evaluando las variables económicas beneficio – costo, ingreso neto y rentabilidad.

✓ **Costos fijos:** Se determinó teniendo en cuenta los costos de las actividades relacionadas directamente con el proceso productivo como: el invernadero, la

unidad hidropónica, la instalación hidráulica y mano de obra empleada durante todo el ciclo del cultivo.

- ✓ **Costos variables:** Se evaluó teniendo en cuenta el interés al capital invertido (DTF) en este caso el 8.75 %, mas el 5% por servicios de administración en base a los costos directos por servicios de administración en base a los costos directos.

La inversión, los costos fijos, costos variables e inversión se encuentran contenidos en el anexo I.

Figura 5. Observación del crecimiento del forraje verde hidropónico a los ocho días de realizada la siembra bajo condiciones de invernadero.



3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 PRODUCCIÓN

Los resultados del análisis de las variables agronómicas a los veinte días de realizada la siembra en el análisis de varianza (Anexo A) se encontró diferencias ($p < 0,05$) entre variedades, y ($p < 0,01$) para concentraciones; diferencias altamente significativas, para la interacción no se encontraron diferencias estadísticas. En la **(Tabla 2)** se encuentran descritos los numerales a los que corresponde cada concentración y cada variedad.

Tabla 2: Descripción de los numerales a los que corresponde cada concentración y cada variedad.

Concentraciones	Variedades
I Concentración (5 cc de nutriente mayor + 2 cc de nutriente menor /L H ₂ O)	1 Variedad Morocho amarillo
II Concentración (2,5cc de nutriente mayor + 1 cc de nutriente menor / L H ₂ O)	2 Variedades Morocho blanco
III Concentración (1,25cc de nutriente mayor + 0,5 cc de nutriente menor / L H ₂ O)	3 Maíz chillo
IV Testigo (Cultivo sin fertilización).	

En la tabla Numero 3 se describen las variedades y concentraciones con las cuales se trabajo en este proyecto con sus correspondientes numerales, obtuvieron las mayores producciones de forraje verde hidropónico, como se observa en la **(Tabla 3)**, la concentración IV fue menor en un 33% respectivamente a las demás concentraciones. De otra parte para variedades se encontró que la variedad 2 , obtuvo el mayor promedio de peso (6,424 kg) seguido de la variedad 1 (6,326 kg) mientras que la variedad 3 fue menor a todas las anteriores (6,232 kg); expresado en porcentaje la variedad 2 produjo 2,9% mas que las otras variedades.

Tabla 3. Resultados de producción de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.

Concentración	Producción F.V.H (Kg)	variedad
I	6.923 A	1. 6326 A B
II	6.953 A	2. 6424 A
III	6.791 A	3.6232 B
IV	4.643 B	

* Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas
 $P < 0.05$

Las respuestas de las concentraciones a las distintas variedades fueron similares debido a que es probable a que la fertilización no tenga mucha influencia sobre la producción en el cultivo y que mas bien se considere una característica genética; con respecto a lo anterior resultados obtenidos por Pasuy y cifuentes, “bajo condiciones hidropónicas en invernadero para concentraciones no presentaron diferencias estadísticas significativas por lo cual recomiendan utilizar la menor concentración debido a que este tratamiento brinda los mismos resultados que las otras concentraciones”³⁷.

Trabajos efectuados por Calderón, “muestran que la concentración nutritiva(1,25 cc de nutriente mayor y 0,5 cc de nutriente menor por litro de agua) obtuvo producciones de 9 kg/m²; lo cual demuestra que las concentraciones no influyen directamente sobre la producción de forraje hidropónico, sino que depende de factores genéticoambientales”³⁸.

En la **(Figura 6)**, se observa el desarrollo del forraje verde hidropónico a los 15 días, del establecimiento del cultivo.

³⁷ PASUY Y CIFUENTES, Op. Cit., p. 39

³⁸ CALDERON. Opc. Cit., p. 150.

Figura 6. Desarrollo del forraje verde hidropónico a los 15 días después de efectuada la siembra bajo condiciones de invernadero.



3.2 ALTURA

Resultados del análisis de varianza para la variable altura (Anexo B), encontró diferencias ($p < 0,001$) entre variedades y concentraciones para la interacción no se encontraron diferencias estadísticas. En la **(Figura 7)** se puede observar la producción de forraje verde hidropónico a los 20 días del establecimiento del cultivo en donde alcanzo una altura de 30 cm promedio.

Figura 7: Producción de forraje verde hidropónico bajo condiciones de invernadero a los 20 días de establecimiento.



Conforme a la comparación de medias para variedades, a los veinte días después de efectuada la siembra se encontró que para la variedad 2 presento la mayor altura, como se observa en la **(Tabla 4)**, seguido de la variedad 1 y 3; que expresado en porcentajes fueron menores en un 3.4% y 4.1% respectivamente. En cuanto a variedades no se han encontrado trabajos que hablen sobre la evaluación de variedades en condiciones hidropónicas, pero se ha comprobado que las semillas regionales tienen un mayor porcentaje de producción, respecto a las semillas comerciales.

De igual manera las concentraciones I y II obtuvieron las mayores alturas 30,63 cm y 30,21 cm, seguidas de las concentraciones III y IV con 28,99 cm y 16,77 cm. Como se muestra en la **(Tabla 4)**.

Trabajos anteriores arrojaron resultados similares de altura, como se manifiesta en Pasuy y Cifuentes, en donde la altura promedio fue de 31,33 cm no encontrando diferencias estadísticas significativas para las diferentes concentraciones, por otro lado Curtis y Clarke, citados por Pasuy y Cifuentes afirman que crecimientos similares, hacen suponer que en los primeros estados de crecimiento las reservas alimenticias almacenadas en la semilla no permiten una diferencia marcada al utilizar las diferentes concentraciones de solución nutritiva; además manifiestan que es posible obtener un buen desarrollo de las plantas, utilizando una solución que contenga sales minerales y todos los elementos esenciales en proporciones no tóxicas, aportando otros factores de crecimiento, como: luz, calor, bióxido de carbono en cantidades apropiadas para un óptimo desarrollo del cultivo.

Tabla 4. Resultados de altura de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.

Concentración	Altura (cm)	Variedad
I	30,63	26,39 B
II	30,21	27,34 A
III	28,99	26,21 B
IV	16,77	

* Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas
P < 0.05

3.3 ANALISIS FISICO QUIMICO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO

3.3.1 Materia seca. El análisis de varianza para materia seca mostró diferencias altamente significativas tanto para variedades como para concentraciones y la interacción entre las dos anteriores (Anexo C).

De acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples (Prueba de pdiff) se observó un comportamiento estadístico similar en cuanto al porcentaje de materia seca de la concentración I respecto a la variedad 1 y 2 ; la cual coincide con los resultados de producción en donde la variedad 2 obtuvo la mayor producción seguida de la variedad 1 con la concentración I.

Por otra parte los menores resultados se observaron en las interacciones correspondientes a la variedad 1 y 2 con la concentración IV; las restantes interacciones se encuentran en el rango de 12,51% 13,73% de materia seca, aunque estadísticamente son diferentes, a nivel practico no merecen ser abordadas en la discusión de cada una de las interacciones incluidas; en este rango varia en un 0,99% del porcentaje total que corresponde a la interacción 1 Variedad morocho amarillo/concentración I 5 cc de nutriente mayor + 2 cc de nutriente menor /L H₂O. Estos resultados se observa en la **(Tabla 5)**.

Los resultados de materia seca que mostró el análisis indican que los parámetros normales, respecto a lo anterior la FAO dice “que el porcentaje de materia seca de un forraje hidropónico es del 18,6% el cual presenta mucha agua y poca concentración de energía para los altos niveles de proteína que posee”³⁹.

Tabla 5. Resultados de porcentaje de Materia Seca de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.

Variedad	Concentración	% materia seca	Interacción					
1	1	13.75	1	A				
1	2	13.66	2		D			
1	3	13.60	3			E		
1	4	12.51	4					G
2	1	13.75	5	A				
2	2	13.71	6		B	C		
2	3	13.69	7			C		
2	4	12.51	8					G
3	1	13.71	9		B			
3	2	13.66	10			D		
3	3	13.73	11					
3	4	12.55	12					F

* Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas

³⁹ FAO. Op. Cit., P. 3.

3.3.2 Proteína. El análisis de varianza para proteína mostró diferencias altamente significativas tanto para variedades como para concentraciones. La prueba de comparaciones de medias mostró que la interacción cinco corresponde a la variedad 2 por la concentración I presento el mayor porcentaje de proteína (18,03%).

Al observar los resultados obtenidos en la interacción nueve corresponde a la variedad 3 por la concentración donde el porcentaje de proteína fue menor en cuanto a las interacciones en estudio.

La variedad 2 mostró ser la variedad que mejor responde a la concentración I ya que la misma concentración con la variedad 1 y 3 tienen comportamientos relativamente bajos en el contenido proteínico del forraje.

Es importante anotar que las interacciones restantes se encuentran en un rango 17.85 y 17.98%. Cabe aclarar que aunque presentan diferencias estadísticas, sus diferencias son por cifras numéricas, observar **(Tabla 6)**.

Tabla 6. Resultados de porcentaje Proteína de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.

Variedad	Concentración	Proteína %	Interacción								
1	1	17.81	1						F	G	H
1	2	17.81	2			C	D	E	F	G	
1	3	17.85	3						E	F	G
1	4	17.98	4	A	B	C	D	E	F		
2	1	18.03	5	A	B	C	D	E			
2	2	17.88	6		B	C	D	E	F	G	
2	3	17.95	7	A	B	C		E	F		
2	4	17.94	8		B			E	F		
3	1	17.65	9		B						H I
3	2	17.73	10								H I
3	3	17.97	11	A							
3	4	17.96	12	A							

* Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas.

El resultado de proteína que se obtuvo es alto y coincide con los de Pasuy y Cifuentes “que fue de 18,24% por lo cual Frudge y Fraps, citados por Pasuy y Cifuentes dicen que el contenido proteínico superior al 16,5% se considera de excelente calidad, lo cual corrobora los datos anteriores”⁴⁰.

⁴⁰ PASUY Y CIFUENTES. Op. Cit., 42

Estos resultados comparados con maíz forrajero cultivado en suelo son altos, ya que análisis bromatológicos arrojaron resultados entre 10.34% y 13.7%.

La FAO afirma que:

La fertilización indica que al cabo de 7 días el cultivo del forraje verde hidropónico ya estaría haciendo uso del nitrógeno aportado por la solución nutritiva, el cual además sería utilizado para las síntesis de nuevas proteínas. Experimentos de Dosal, citados por la FAO indican que riegos con dosis de 200 ppm y 400 ppm presentan al término de la primera semana, un mayor contenido proteínico que el testigo (grano sin fertilización). Esto estaría confirmando que la mayor proporción de los cambios que originan el aumento del valor nutritivo del forraje verde hidropónico ocurre en los primeros 7 días desde la siembra⁴¹.

3.3.3 Fibra. De acuerdo a la comparación de medias los menores valores de fibra, se obtuvieron en las tres variedades bajo la concentración cuatro con valores de 31,02, 31,12 y 32,08 % para variedades 1, 2 y 3 respectivamente el mismo comportamiento se observo en la variable Materia Seca.

Tabla 7. Resultados de % de Fibra de las tres variedades bajo las cuatro concentraciones.

Variedad	Concentración	% Fibra	Interacción								
1	1	32.88	1		B	C	D	E	F	G	H
1	2	32.89	2		B	C	D	E	F	G	H
1	3	32.91	3		B	C	D	E	F	G	H
1	4	31.02	4								K
2	1	32.76	5	A	B	C	D	E		H	I
2	2	32.93	6		B	C	D	E	F		
2	3	32.85	7			C	D	E	F	G	H
2	4	31.12	8								J
3	1	32.96	9	A	B	C	D	E		H	I
3	2	32.90	10	A	B	C	D	E	F	G	
3	3	32.92	11	A	B	C	D		F	G	H
3	4	31.08	12	A							K

⁴¹ FAO. Op. Cit., p. 8

Por otra parte los mayores porcentajes de fibra, se observaron en la variedad 3 con las concentraciones I, II y III Ver (**Tabla 7**).

El Rango de fibra se encontró entre 31,02% y 32,96% aunque hubo diferencias estadísticas significativas, como se observa en la (**Tabla 7**), donde los valores son menores en uno.

La composición de fibra depende de la composición vertical de la planta, siendo menor en hojas, aumenta en tallos y raíz. Teniendo en cuenta lo anterior según Pasuy y Cifuentes, “obtuvieron porcentajes de fibra del 7,33% y del 6,90%, de fibra”⁴².

3.3.4 Calcio. El análisis de varianza indico que no existen diferencias entre variedades y concentraciones por cuanto se encontró valores de 0.75 y 0.76%. Ver (**Tabla 8**).

Concellon manifiesta “el calcio es esencial para las plantas debido a que hace parte de la estructura celular, encontrándose principalmente en la pared celular formando pectato de calcio queda rigidez a la célula y su contenido aumenta con la edad. La ausencia de este elemento en los animales conlleva a que presenten enfermedades como el raquitismo y osteomalacia que aqueja el ganado adulto”⁴³.

Tabla 8. Promedio de porcentajes de contenidos de calcio en maíz forrajero.

VARIEDAD	CONCENTRACION	% Ca	Interacción.
1	1	0.755	1
1	2	0.761	2
1	3	0.753	3
1	4	0.754	4
2	1	0.762	5
2	2	0.759	6
2	3	0.758	7
2	4	0.756	8
3	1	0.754	9
3	2	0.752	10
3	3	0.751	11
3	4	0.750	12

⁴² PASUY Y CIFUENTES. Op. Cit., 42.

⁴³ CONCELLON, M. Nutrición Animal. Barcelona - España 1978. p. 217.

3.3.5 Magnesio. El porcentaje de magnesio para los tratamientos fluctuó entre 0,30% y 0,32% no presentando diferencias estadísticas significativas, como se observa en la **(Tabla 9)**.

Según la FAO, “el magnesio es esencial para la planta porque forma el núcleo de la clorofila y es necesario para la actividad de muchas encimas incluyendo aquellos pasos más importantes en la actuación del ATP”⁴⁴.

Para Concellon “es esencial mantener la estructura del ribosoma y un cofactor para numerosas reacciones enzimaticas, especialmente las que exigen un aporte energético. El Magnesio se encuentra ligado al calcio y al fósforo donde interviene como activador de los fosfatos, también forma parte de los tejidos, esqueleto y líquidos orgánicos en el animal”.⁴⁵

Tabla 9. Promedio de porcentajes de contenidos de Magnesio en maíz forrajero.

VARIEDAD	CONCENTRACION	% Mg	Interacción.
1	1	0.303	1
1	2	0.302	2
1	3	0.304	3
1	4	0.301	4
2	1	0.314	5
2	2	0.312	6
2	3	0.322	7
2	4	0.314	8
3	1	0.322	9
3	2	0.302	10
3	3	0.312	11
3	4	0.313	12

3.3.6 Fósforo. En la **(Tabla 10)** se registran los contenidos en porcentaje de fósforo, los cuales se encuentran entre 0.70 y 0.56%, estos resultados sometidos a análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticas significativas.

⁴⁴ FAO. Op. Cit., p. 6.

⁴⁵ CONCELLON. Op. Cit., p. 107.

La FAO, afirma “el fósforo forma parte también de muchos compuestos orgánicos importantes, donde se incluyen la glucosa, ATP, Ácidos nucleicos, fosfolípidos y ciertas coenzimas”⁴⁶.

Bernal sostiene “el contenido de este elemento se puede considerar alto lo cual esta determinado por la alta disponibilidad en la solución nutritiva aun en bajas concentraciones, caso contrario ocurre con la disponibilidad para las plantas en el suelo, donde su deficiencia es la mas extendida y la de mayor repercusión económica”⁴⁷.

Tabla 10. Promedio de porcentajes de contenidos de Fósforo en maíz forrajero.

VARIEDAD	CONCENTRACION	% P	Interacción.
1	1	0.686	1
1	2	0.669	2
1	3	0.691	3
1	4	0.592	4
2	1	0.704	5
2	2	0.694	6
2	3	0.692	7
2	4	0.582	8
3	1	0.682	9
3	2	0.651	10
3	3	0.663	11
3	4	0.562	12

3.4 ANALISIS ECONOMICO

Con base en la (Tabla 10) se puede observar que los cuatro tratamientos son viables económicamente, sin embargo el testigo tiene una menor producción en kilogramos/año (112.112) y por ende su relación B/C (0.61) y rentabilidad (61 %) siendo menor en comparación a los demás tratamientos.

Con lo anterior se puede decir económicamente hablando que el tratamiento que se recomienda para la producción de forraje verde hidropónico es el dos ya que se

⁴⁶ FAO. Op. Cit., 7

⁴⁷ BERNAL. Op. Cit., 140.

obtiene la mejor producción con una relación B/C de 1,43 y una rentabilidad de 144 %. Ver (Tabla 11).

Tabla 11: Análisis económico del forraje verde hidropónico para el primer año.

Tratamientos	Producción Kg/año 0,75 m ²	Costos totales \$	Relación B/C	Rentabilidad %
1. Concentración nutritiva I	166.152	1,111.404	1,34	134
2. Concentración nutritiva II	166.872	1,073.604	1,43	144
3. Concentración nutritiva III	162.984	1,057.404	1,43	143
4. Testigo sin fertilización IV	112.152	1,035.804	0'61	61

4. CONCLUSIONES

- ✓ El maíz forrajero producido bajo condiciones hidropónicas presento diferencias estadísticas significativas para variedades y concentraciones, siendo la variedad 2 (Morocho Blanco) con la concentración II (2,5cc de nutriente mayor + 1 cc de nutriente menor / L H₂O) la mejor en producción y altura 6,424 kg/0,75 m² y 27,34 cm respectivamente.
- ✓ El análisis de varianza para las variables materia seca, fibra y proteína mostró diferencias altamente significativas encontrando que a la variedad II (Morocho blanco) con la concentración I (5 cc de nutriente mayor + 2 cc de nutriente menor /L H₂O) con los mejores resultados.
- ✓ Para calcio, magnesio y fósforo no presentaron diferencias estadísticas significativas arrojando valores promedios de 0,68, 0, 30 y 0, 75 % respectivamente.
- ✓ El análisis económico reporto que la variedad 2 (Morocho blanco) con la concentración II (2,5cc de nutriente mayor + 1 cc de nutriente menor / L H₂O) es el mejor tratamiento, obteniendo una buena producción a un costo aceptable.

5. RECOMENDACIONES

- ✓ Medir bajo condiciones hidropónicas y edafológicas otras variedades de maíz forrajero con el propósito de evaluar producción y calidad biológica.
- ✓ Evaluar el comportamiento del maíz forrajero continuamente y en diferentes condiciones ambientales.

BIBLIOGRAFIA

BERNAL, Javier. Fertilización de cultivos de clima frío. Santa Fe de Bogota: Saenz, 1998. 375 p.

CALDERON, Felipe. Cultivos hidropónicos. En: Aprende fácil. Cultivos hidropónicos. S.F Santa Fe de Bogotá: Coljap. Industria Agroquímica. 153 p.

_____ Curso sobre cultivos hidropónicos. Bogotá: ICA, 1989. 81p.

CAMPO, Segundo. Principios básicos de los cultivos hidropónicos. En: Curso Sobre cultivos hidropónicos. Memorias de Curso sobre Cultivos Hidropónicos. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 1989. 40 p.

CARRASCO, Gilda. La empresa hidropónica de mediana escala. (NFT), Talca: 1996, 102 p.

CINO, Maria y DE ARMAS, Carmen. Metodología para la evaluación económica de proyectos de investigación agropecuaria. La Habana Cuba: Instituto de ciencia animal, 1996. 127 p.

CONCELLON, M. Nutrición animal. Barcelona - España. 1978. 217 p.

FAO. La huerta hidropónica. Manual técnico forraje verde hidropónico. [Internet] Santiago de Chile. Mayo de 2001. [julio 15 de 2005] www.onu.com.

HURTADO, Marta. Cultivo hidropónico como herramienta de propagación de plantas madres y medio para el enraizamiento de esquejes. Bogotá: [14 de enero de 2005]. www.drcalderonlabs.com

HUTERWAL, G. Cultivos de platas Sin Tierra. Buenos Aires: Albatos, 1983, 248 p.

LLANOS, Pedro. La solución nutritiva nutrientes comerciales formulas completas. Bogotá: 18 de m1yo de 2001 [15 de enero de 2005] www.walcoagro.com

MENESES, Elías. Sustrato. En: Curso sobre cultivos hidropónicos. Memorias de Curso Sobre Cultivos Hidropónicos. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 1989. 40 p.

PASUY, Vicente y CIFUENTES, Luis. Respuestas de maíz a cuatro concentraciones de una solución nutritiva en condiciones hidropónicas y de Invernadero en el CIAB Pasto. 1989, 58p. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas.

RESH, H. Nuevas técnicas de producción. Mundiempresa. 1987. 340 p.

SANTOS, José. Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción. Madrid. Mundi Empresa, 1987, 318p.

SAÑUDO, ENTREVISTA. Docente de la Facultad de Agronomía. Universidad de Nariño.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza correspondiente a la variable de producción.

Dependen Variable: Production					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	P r > F
VAR	11	221406.722	110703.3611	3.46	0.0479
CONC	24	34170406.972	11390135.65740	3.5577	0.0001
VAR*CONC	35	242847.27727	40474,54629	126	0.3104

Anexo B. Análisis de varianza correspondiente a la variable altura.

Dependen Variable: Altura					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	P r > F
VAR	2	8.80053	4.426	639	0.0060
CONC	3	1184.326455	394.7754	573.41	0.0001
VAR*CONC	6	2.1557277	03592	052	0.7860

Anexo C. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de materia seca.

Dependen Variable: MS					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	P r > F
VAR	2	0.00890556	0.00445278	26.72	0.0001
CONC	3	9.30472222	3.10157407	18609.44	0.0001
VAR*CONC	6	0.02502778	0.00417130	25.03	0.0001

Anexo D. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de proteína.

Dependen Variable: PROTEINA					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	P r > F
VAR	2	0.09735556	0.04867778	15.43	0.0001
CONC	3	0.12278611	0.04092870	12.97	0.0001
VAR*CONC	6	0.19188889	0.03198148	10.13	0.0001

Anexo E. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de Fibra.

Dependen Variable: FIBRA					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
VAR	2	0.01661667	0.00830833	4.43	0.0230
CONC	3	22.22081111	7.40693704	3950.37	0.0001
VAR*CONC	6	0.07387222	0.01231204	6.57	0.0003

Anexo F. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de Calcio.

Dependen Variable: Ca					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
VAR	2	0.00137156	0.00068578	55.11	0.1326
CONC	3	4.78076900	1.59358967	99999.99	0.1845
VAR*CONC	6	0.00116000	0.00019333	15.54	0.2621

Anexo G. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de magnesio.

Dependen Variable: Mg					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
VAR	2	0.00233006	0.00116503	11.50	0.808
CONC	3	0.04442289	0.01480763	146.17	0.86
VAR*CONC	6	0.00131328	0.00021888	2.16	0.83

Anexo H. Análisis de varianza correspondiente a la variable de porcentaje de fósforo.

Dependen Variable: P					
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
VAR	2	0.00525139	0.00262569	116.41	0.17
CONC	3	0.07275211	0.02425070	1075.15	0.22
VAR*CONC	6	0.00150706	0.00025118	11.14	0.19

Anexo I. Inversiones.

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Porcentaje
Invernadero	1	132.000	132.000	38,14
Unidad Hidropónica	1	175.000	175.000	50,56
Instalación hidráulica	1	39.100	39.100	11,30
Total Inversión			346.100	100

Costos fijos	detalle	Valor anual (\$)
	Servicios	20.000
Depreciaciones	Invernadero (5%)	26.600
	Unidad hidropónica (20%)	35.000
	Instalación hidráulica (20%)	7.820
	Mano de obra	50.000
	Interés al capital de inversión	30.284
Total		149.704

Costos variables					
Detalle	Unidad	Cantidad ciclo(20 días)	Cantidad año	Valor unitario (\$)	Valor año(\$)
Semilla	Kg	11,25	270	2.000	540.000
Concentración I		210	5,040	15	75.600
Concentración II		105	2,520	15	37.800
Concentración III		60	1,440	15	21.600
Concentración IV		0	0	0	0
Total costos anuales de producción					
Concentración I					615.600
Concentración II					576.800
Concentración III					561.600
Concentración IV					540.000
