



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MODALIDAD:**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTO COMBINADO DE UN FERTILIZANTE MINERAL Y UN  
BIOESTIMULANTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE  
VERDE HIDROPÓNICO**

**AUTORES:**

**JESÚS XAVIER RODRÍGUEZ IBARRA**

**ANDY JOAO ROSADO PÁRRAGA**

**FACILITADOR:**

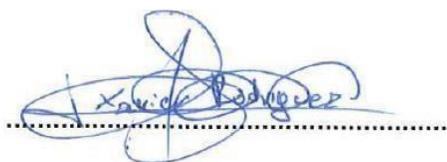
**ING. GALO CEDEÑO GARCÍA. M.Sc.**

**CALCETA, FEBRERO 2021**

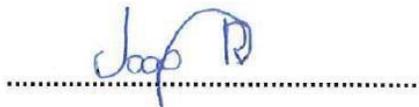
## DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros **JESÙS XAVIER RODRÌGUEZ IBARRA Y ANDY JOAO ROSADO PARRAGA**, con cédulas de ciudadanía 1315814747 y 1725772618, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Titulación Curricular titulado: **EFFECTO COMBINADO DE UN FERTILIZANTE MINERAL Y UN BIOESTIMULANTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



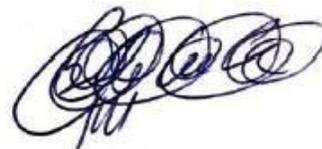
**JESÙS X. RODRÌGUEZ IBARRA**



**ANDY J. ROSADO PARRAGA**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA** certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EFFECTO COMBINADO DE UN FERTILIZANTE MINERAL Y UN BIOESTIMULANTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**, que ha sido desarrollado por **JESÙS XAVIER RODRÌGUEZ IBARRA Y ANDY JOAO ROSADO PARRAGA**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



.....  
**ING. GALO A. CEDEÑO GARCÍA.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de titulación, **EFFECTO COMBINADO DE UN FERTILIZANTE MINERAL Y UN BIOESTIMULANTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO** que ha sido propuesto, desarrollado por **JESÙS XAVIER RODRÌGUEZ IBARRA Y ANDY JOAO ROSADO PARRAGA**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Ing. Freddy Mesias Gallo, Mg  
**MIEMBRO**

Ing. Luis Enrique Parraga, Mg.  
**MIEMBRO**

Ing. Gonzalo Constante Tubay, Mg  
**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios creador de todas las cosas el que me ha guiado, brindando su fortaleza para continuar cada día en este proceso.

A mis padres que su confianza brindada, por todo el sacrificio el cual me sirvió para enfocarme y lograr esta meta.

A todas aquellas personas que me brindaron su apoyo incondicional y aconsejándome para seguir el camino del bien.

Agradecer de igual manera a mi tutor de tesis al Ing. Galo Cedeño y también al Ing, Jairo Cedeño por haberme brindado sus conocimientos, así como también haber tenido paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de tesis.

.....  
**JESÚS X. RODRÍGUEZ IBARRA**

## **AGRADECIMIENTO**

Gracia a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, especialmente a la carrera de Ingeniería Agrícola, por su atención y amabilidad en todo lo referente a mi vida como estudiante

A Dios por a verme dado la vida y oportunidad de estudiar por guiarme y cuidarme a través de este largo recorrido.

Al Ing. Galo Cedeño por su paciencia, apoyo y también guía durante el desarrollo de ese proyecto.

Quiero expresar un profundo agradecimiento a Panchito y a Melita por permitirme forma parte de su familia, gracias a su hospitalidad por apoyarme en los buenos y malos momentos estoy eternamente agradecido.

.....  
**ANDY JOAO ROSADO PARRAGA**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a Dios y a mis padres por estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

Amigos y demás familiares en general por el apoyo que me supieron brindar en el transcurso de mi etapa universitaria.

.....  
**JESÙS XAVIER RODRÌGUEZ IBARRA**

## **DEDICATORIA**

Mi tesis se la dedico con mucho amor y cariño a mis padres por ser un pilar fundamental en mi vida y a Dios por permitirme compartir este triunfo con ellos.

A mis hermanos que de una u otra forma han estado compartiendo momento de tristeza y felicidad gracias por siempre estar presentes.

A todo el resto de mi familia y amigos que de una u otra forma me han otorgado su apoyo incondicional.

.....

**ANDY JOAO ROSADO PARRAGA**

## CONTENIDO GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTORÍA</b> .....	ii
<b>CERTIFICACIÓN DE TUTOR</b> .....	iii
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>DEDICATORIA</b> .....	vii
<b>DEDICATORIA</b> .....	viii
<b>CONTENIDO GENERAL</b> .....	ix
<b>CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>CAPITULO I. ANTECEDENTES</b> .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis.....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Hidroponía.....	5
2.1.1. Sistema NFT.....	5
2.1.2. Raíz flotante .....	6
2.1.3. Sistema NGS .....	6
2.2. Sistemas de producción expuestos al aire.....	6
2.2.1. Cultivos aeropónicos.....	6
2.2.2. Sistemas de producción en sustrato.....	7
2.3. ¿Qué es un fertilizante? .....	7
2.3.1. Kristalon.....	8
2.3.1.1. Calidad física y química del kristalon.....	8
2.4. Bioestimulante.....	9
2.4.1. Bioestimulante basfoliar aktiv.....	9
2.4.2. Análisis químico del bioestimulante basfoliar aktiv.....	10
2.4.3. Análisis físico del bioestimulante basfoliar aktiv.....	10
2.4.4. Beneficios de la fertilización con Basfoliar Aktiv.....	11
2.4.4. Prioridades y ventajas.....	11
2.5. Variedades de maíz sembradas en la zona de La Estancilla.....	12
2.5.1. Maíz amarillo INIAP 542.....	12
2.5.2. Semilla híbrida de maíz amarillo somma.....	12
2.5.3. Semilla híbrida de maíz trueno.....	13

2.5.3. Híbrido Pioneer P4039.....	13
2.6. Producción de forraje verde hidropónico.....	14
2.6.1. Efecto de la nutrición orgánica y mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico.....	16
2.6.2. Ventajas sobre la producción de forraje verde hidropónico.....	16
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....</b>	<b>17</b>
3.1. Ubicación.....	17
3.2. Duración del trabajo.....	17
3.3. Condiciones climáticas y heliofanía del año 2019.....	17
3.4. Material vegetal.....	17
3.5. Tratamientos.....	17
3.6. Diseño y unidad experimental .....	18
3.7. Variables respuestas.....	19
3.8. Análisis de datos.....	19
3.7. Manejo específico del experimento.....	19
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
5.1. Conclusiones.....	27
5.2. Recomendaciones.....	27
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

## CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo de la producción de fertilizantes.....	8
<b>Figura 2.</b> Esquema de campo .....	18
<b>Figura 3.</b> Ritmo de crecimiento diario en altura de forraje verde hidropónico en función de varios tratamientos nutricionales. Calceta, Ecuador. 2019.....	23
<b>Figura 4.</b> Ritmo de crecimiento diario en peso fresco de forraje verde hidropónico en función de varios tratamientos nutricionales. Calceta, Ecuador. 2019.....	24
<b>Tabla 1.</b> Composición química del kristalon.....	7
<b>Tabla 2.</b> Composición química basfoliar aktiv.....	10
<b>Tabla 3.</b> Análisis físico.....	10
<b>Tabla 4:</b> Condiciones climáticas de la zona .....	17
<b>Tabla 5.</b> Efecto de tratamientos nutricionales sobre el crecimiento de forraje verde hidropónico. Calceta, Ecuador. 2019.....	22
<b>Tabla 6.</b> Efecto de tratamientos nutricionales sobre el rendimiento de forraje verde hidropónico. Calceta, Ecuador. 2019.....	23
<b>Tabla 7.</b> Efecto de tratamientos nutricionales sobre la calidad bromatológica de forraje verde hidropónico. Calceta, Ecuador. 2019.....	25

## RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue evaluar el efecto combinado de un fertilizante mineral y un bioestimulante sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. Los tratamientos probados fueron Fertilizante compuesto mineral soluble (T1), Bioestimulante (T2), Fertilizante compuesto mineral soluble + Bioestimulante (T3) y Tratamiento control (T4). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco replicas y 20 unidades experimentales, conformadas por cinco bandejas germinadoras de 1 kg de capacidad. Las variables registradas fueron altura de planta (cm), peso fresco de biomasa (kg), contenido de proteína, fibra y ceniza (%). Los resultados mostraron que la altura de planta, el rendimiento de biomasa y el contenido proteínico fue significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos de fertilización probados, donde el fertilizante compuesto mineral soluble mostró un incremento en producción de biomasa del 18.61, 12.36 y 9.2%, en relación a los tratamientos testigo, bioestimulante y la combinación fertilizante compuesto mineral soluble + bioestimulante, respectivamente. De manera similar, el fertilizante compuesto mineral soluble mostró mayor contenido de proteína cruda en el tejido del forraje, con un incremento del 26.21, 17.58 y 7.49% en relación a los tratamientos testigo, bioestimulante y la combinación fertilizante soluble + bioestimulante, respectivamente. En base a los resultados hallados, se podría utilizar el fertilizante compuesto mineral soluble en la producción de forraje verde hidropónico de maíz.

**Palabras clave:** fertilización, maíz, forraje hidropónico, rendimiento, calidad proteica.

## ABSTRACT

The main objective of the research was to evaluate the combined effect of a mineral fertilizer and a biostimulant on the production of hydroponic green forage from corn. The treatments tested were soluble mineral compound Fertilizer (T1), Biostimulant (T2), Soluble mineral compound Fertilizer + Biostimulant (T3) and Control treatment (T4). A completely randomized design (DCA) was used with five replicas and 20 experimental units, consisting of five 1 kg capacity germination trays. The variables recorded were plant height (cm), biomass fresh weight (kg), protein, fiber and ash content (%). The results showed that the plant height, the biomass yield and the protein content were significantly ( $p < 0.05$ ) by the tested fertilization treatments, where the soluble mineral compound fertilizer showed an increase in biomass production of 18.61, 12.36 and 9.2 %, in relation to the control treatments, biostimulant and the combination of soluble mineral compound fertilizer + biostimulant, respectively. Similarly, the soluble mineral compound fertilizer showed a higher crude protein content in the forage tissue, with an increase of 26.21, 17.58 and 7.49% in relation to the control treatments, biostimulant and the combination of soluble fertilizer + biostimulant, respectively. Based on the results found, the soluble mineral compound fertilizer could be used in the production of hydroponic green maize forage.

**Keywords:** Fertilization, corn, hydroponic forage, yield, protein quality.



# CAPITULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ecuador se caracteriza por ser agropecuario, puesto que, del total del territorio ecuatoriano, alrededor de 7.38 millones de hectáreas se dedican a la producción agrícola y ganadera. Del total de su área agropecuaria, se dedica alrededor del 48.14, 19.28, 18.74 y 13.83% está dedicada a la producción de pastizales cultivados, pastizales naturales, cultivos perennes y transitorios, respectivamente. Manabí lidera la producción agropecuaria con 1.2 millones de hectáreas, de las cuales 954572 ha corresponden a pastizales. Al mismo tiempo, cuenta con el mayor número de cabezas de ganado bovino, albergando 977142 reses, de los 5'113053 millones de unidades que existen en el país, convirtiéndola en la mayor provincia ganadera. (INEC, 2013).

Es importante precisar, que Manabí a pesar de contar con la mayor área de pastizales y número de unidades bovinas del país, presenta junto a las demás provincias de la costa la menor producción lechera nacional con un volumen de producción de 870992 litros de leche por año, en comparación con la región sierra que produce anualmente en promedio 4'357767 litros de leche (INEC, 2013). Esta situación, puede relacionarse a la calidad del pasto y la carga animal, puesto que para Manabí la carga animal promedio es de 0.98 UBA/ha, mientras que en la provincia de Santo Domingo se reportan entre 1.5 a 2.5 UBA/ha.

En Manabí y en el resto de la costa en general, el pasto saboya o guinea (*Megathyrus maximus*) se constituye en el principal material genético alimenticio predominante con alrededor del 95% del área dedicada a esta actividad económica, debido a su resistencia a sequía. El litoral ecuatoriano se caracteriza por una condición climática seca, que se presenta la mayor parte del año, situación que afecta las principales zonas ganaderas de la provincia, lo cual también está relacionado a la menor producción de leche (Vera, 2005; INEC, 2013; Castillo, 2015).

Por otra parte, se debe de indicar que la mayor parte de los pastizales de Manabí se encuentran establecidos bajo el sistema de secano y laderas, dependiendo exclusivamente su producción del régimen de lluvias. La época seca en la provincia es extensa, lo cual sumado a que las precipitaciones tienen un comportamiento errático e irregular causando periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa. Este comportamiento del clima en Manabí y al no contar con sistemas de riego para mantener la producción de pasto constante durante el periodo de sequía, ocasiona todos los años la problemática de escasas de alimentos para el ganado, lo que afecta significativamente la producción de leche y carne, que en algunas ocasiones se presenta hambruna y muerte de animales (INIAP, 2004; Jiménez, Castro, Yépez, Wittmer, 2012; Thielen *et al.*, 2016).

Al respecto, resultados de investigación, han demostrado que la aplicación de fertilizantes, tanto, orgánicos como minerales incrementan significativamente la producción de forraje verde hidropónico (Salas *et al.*, 2012; Valverde, Mera, Castro, Ortega, 2017). En Manabí, la tecnología de forraje verde hidropónico no ha sido estudiada completamente, menos aún el efecto de la fertilización, por lo cual la en la presente propuesta se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿La combinación de fertilizantes minerales y bioestimulantes pueden incrementar la producción de biomasa fresca de forraje verde hidropónico de maíz?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La mayor parte de productores dedicados a la producción ganadera, utilizan como principal fuente de alimentación al pasto saboya o guinea que está ampliamente adaptado a los sistemas rústicos de producción. Sin embargo, la producción de esta gramínea ha bajado significativamente debido a los períodos largos de sequía que soporta la mayor parte del litoral ecuatoriano, lo que provoca escasez de alimento para el ganado. A pesar que la tecnología de almacenamiento y producción de forraje verde hidropónico está disponible desde hace muchos años, y es utilizada en varios países tropicales con tendencia árida y escasez de agua, en nuestro país está poco validada y difundida.

En este sentido, varios autores han propuesto que la producción de forraje verde hidropónico podría convertirse en la alternativa más viable para la producción animal en zonas secas y áridas, donde el agua es la principal limitante de producción de alimentos, debido a que es posible producir la misma cantidad de materia seca que se produce en campo con los pastos convencionales, pero en una superficie 100 veces menor y con 30 a 50 veces menos agua (López, Cano, Rodríguez, Torres y Rodríguez, 2009; Fuentes, Poblete, Huerta y Palape, 2011). Según, resultados de investigación, se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes, tanto, orgánicos como minerales incrementan significativamente la producción de forraje verde hidropónico (Salas *et al.*, 2012; Valverde, Mera, Castro y Ortega, 2017).

Por lo tanto, el desconocimiento y aplicación de esta tecnología en nuestro medio y su amplio uso en otros países, la presente investigación se justifica plenamente.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto combinado de un fertilizante mineral y un bioestimulante sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz reciclado.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto combinado de un fertilizante mineral soluble y un bioestimulante sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz reciclado.
- Establecer el efecto separado de un fertilizante mineral y un bioestimulante sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz reciclado.

### **1.4. HIPÓTESIS**

La aplicación combinada de un fertilizante mineral y un bioestimulante incrementa significativamente la producción de forraje verde hidropónico de maíz.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. LA HIDROPONÍA**

INTA (2018) define a la hidroponía como un método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola. En términos generales es una técnica de cultivo sin suelo, que tiene como objetivo proveer a las plantas los alimentos que necesitan para su crecimiento, por intermedio de una solución de agua y de sales minerales diversas.

El mismo autor afirma que el término cultivo sin suelo incluye a todos aquellos métodos y sistemas que hacen crecer a las plantas fuera de su ambiente natural: el suelo. Como por ejemplo aquellos cultivos cuyas raíces crecen solo en una solución nutritiva tomando el nombre de hidroponía propiamente dicha; donde las raíces crecen en el aire y son asperjadas por una solución nutritiva por lo cual toma el nombre de aeroponía o bien cuando crecen en una matriz porosa en sustratos para plantas.

INTAGRI (2017) menciona que en la actualidad existen algunas técnicas hidropónicas muy utilizadas en la actividad agrícola como son:

#### **2.1.1. SISTEMA NFT.**

Esta técnica consiste en crear una película re-circulante de solución nutritiva dentro de tubos de PVC, los cuales en sus extremos tienen tapas con pequeñas conexiones al final y al inicio para hacer recorrer el agua en todo el conjunto de tuberías que componen al sistema mediante una bomba, que se encuentra en el depósito donde se almacena la solución nutritiva. Los tubos de PVC tienen orificios en la parte superior, donde se colocan las plantas en cilindros de forma agrícola para NFT de tal manera que las raíces están en contacto con la película re-circulante de la solución nutritiva.

### **2.1.2. RAÍZ FLOTANTE.**

Este método utiliza un medio líquido para el crecimiento de los cultivos. En este sistema las raíces flotan dentro una solución nutritiva, pero las plantas están sostenidas sobre una lámina ligera (la cual generalmente es de unicel).

### **2.1.3. SISTEMA NGS.**

En este sistema las raíces se desarrollan en una solución nutritiva re-circulante, distribuyendo agua, nutrientes y oxígeno de manera eficiente. Dicho sistema cuenta con distintas capas de polietileno en su interior, dispuestas de manera tal que la solución se va distribuyendo en ellas en forma de cascada. Dentro de estas mismas capas, las raíces van explorando sin restricción alguna hasta un agujero que les permite descender a las capas inferiores de la bolsa de polietileno, esto permite que el sistema se adapte a distintos cultivos.

## **2.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EXPUESTOS AL AIRE**

### **2.2.1. CULTIVOS AEROPÓNICOS.**

Este sistema consiste en colocar un cilindro de PVC u otros materiales en posición vertical, con perforaciones en las paredes laterales por donde se introducen las plantas al momento de realizar el transplante. Las raíces crecen en la oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire. Por el interior del cilindro, una tubería distribuye de manera periódica la solución nutritiva a las raíces mediante pulverización a mediana o baja presión. Las plantas crecen bien en aeroponía debido a la excelente aireación de las raíces, dado que la concentración de oxígeno en el aire es 20 veces más elevada en relación a la concentración que existe disuelto en el agua.

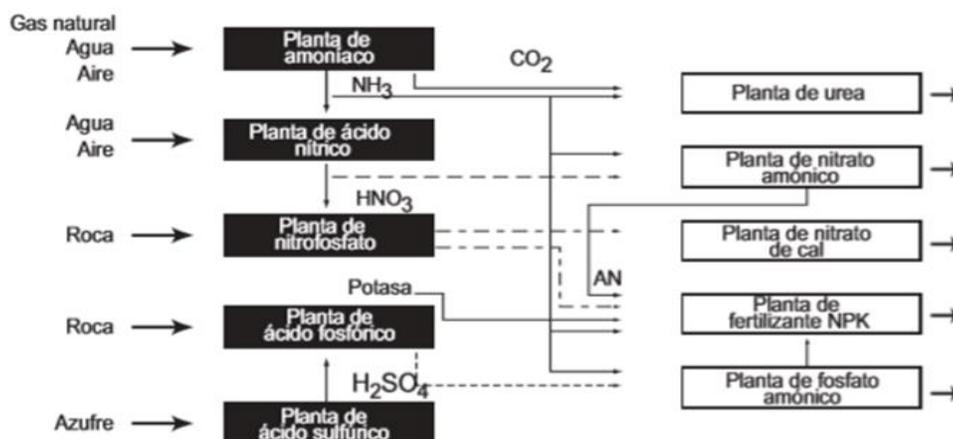
## 2.2.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN SUSTRATO

El sustrato es un material sólido (natural o de síntesis) distinto del suelo que, colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o mezcla, permite el desarrollo del sistema radical, el crecimiento del cultivo y pueden intervenir o no en la nutrición de la planta. El sustrato brinda sostén y anclaje a la planta, además de mantener la humedad, drenaje, aireación y facilidad en la absorción de nutrientes para que la planta no tenga ningún problema en su desarrollo

## 2.3. ¿QUÉ ES UN FERTILIZANTE?

FAO (2002a) define que Cualquier material natural o industrializado, que en su contenido contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), puede ser llamado fertilizante. A estos los cuales son fabricados de manera industrial reciben el nombre de fertilizantes minerales. La presentación de los fertilizantes minerales es muy variada. Dependiendo del proceso de fabricación, de las partículas de los Fertilizantes minerales pueden ser de muy diferentes tamaños y formas: gránulos, píldoras, «perlados», cristales, polvo de grano grueso / compactado o fino. La mayoría de los fertilizantes es provista en forma sólida.

**Figura 1.** Diagrama de flujo de la producción de fertilizantes, según FAO 2002a.



### 2.3.1. KRISTALON

Es un abono NPK cristalino de alta solubilidad para fertirrigación. Con el fin de prevenir otras carencias también aporta niveles equilibrados de micronutrientes, algunos de ellos quelatados como EDTA (Etilen diamino tetra acético) (YARA, 2013).

#### 2.3.1.1. CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE KRISTALON

Descripción de la calidad física y química del producto según Yara (2013).

- Completamente soluble en agua.
- Contiene un rango equilibrado de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn).
- Contiene Cu, Mn y Zn en forma EDTA (Etilen diamino tetra acético).
- Fe en EDTA (Etilen diamino tetra acético) y/o DTPA (pentaacetato de dietilentriamina) en forma quelatada.
- Están libres de componentes insolubles y fito-tóxicos

**Tabla 1.** Composición química del Kristalon (Yara, 2013)

<b>Nitrógeno</b>	N	13 %
<b>Fósforo</b>	P205	40 %
<b>Potasio</b>	K20	13 %
<b>Boro</b>	B	0,025 %
<b>Cobre</b>	Cu	0,01 %
<b>Hierro</b>	Fe	0,07 %
<b>Manganeso</b>	Mn	0,04 %
<b>Molibdeno</b>	Mo	0,004 %
<b>Zinc</b>	Zn	0,025 %
<b>CE</b>		1,1 ms/cm

## 2.4. BIOESTIMULANTES

La definición de bioestimulante del Dr. Patrick Du Jardín (2015) citado por García (2017), lo determina como cualquier sustancia o microorganismo que, al ser aplicada en las plantas, tiene la capacidad de mejorar la actividad de éstas en la absorción y asimilación de estos nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia”. También se considera como un bioestimulante vegetal a los productos comerciales que en su composición contienen estas sustancias o microorganismos.

### 2.4.1. BIOESTIMULANTE BASFOLIAR Aktiv

COMPO 2010, señala que el Basfoliar Aktiv, es un fertilizante bioestimulante foliar líquido con una alta concentración de fósforo en forma de fosfito, nitrógeno, potasio, microelementos, auxinas y citocininas. Es un producto versátil, promotor de fitoalexinas (defensas naturales de las plantas contra el ataque de enfermedades principalmente hongos del género Oomycetes) y bioestimulante por su contenido de auxinas y citocininas provenientes del alga *Ekclonia máxima*. Además, se constituye en una alternativa cuando hay un buen aporte de nitrógeno al suelo, especialmente cuando no se requiere gran cantidad de nitrógeno vía foliar.

El fosfato es inmóvil en la matriz del suelo, debe ser aplicado muy cerca de las raíces para que sea aprovechado por la planta. El fosfato bloqueado se pierde y no puede ser absorbido por las raíces, a diferencia del fosfito que no se bloquea.

Los fertilizantes fosfatados convencionales tienen el componente fosfato (PO<sub>4</sub>), en cambio el fosfito tiene el componente (PO<sub>3</sub>) ligado al potasio, en este caso, estas moléculas de fósforo a pesar de ser químicamente muy similares tienen efectos muy diferentes sobre las plantas.

## 2.4.2. ANÁLISIS QUÍMICO DEL BIOESTIMULANTE Basfoliar Aktiv

COMPO 2010 describe el análisis químico de este bioestimulante de la siguiente forma:

**Tabla 2.** Composición química Basfoliar Aktiv

<b>Nitrógeno</b>	N	4 %
<b>Fósforo</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	37 %
<b>Potasio</b>	K <sub>2</sub> O	24 %
<b>Boro</b>	B	0,01 %
<b>Cobre</b>	Cu	0,02 %
<b>Hierro</b>	Fe	0,02 %
<b>Manganeso</b>	Mn	0,01 %
<b>Molibdeno</b>	Mo	0,001 %
<b>Zinc</b>	Zn	0,01 %
<b>Materia orgánica</b>	Mo	3 % Provenientes de algas

## 2.4.3. ANÁLISIS FÍSICO DEL BIOESTIMULANTE Basfoliar Aktiv

De acuerdo a COMPO 2010, el bioestimulante Basfoliar Aktiv presenta las siguientes características físicas.

**Tabla 3.** Análisis físico

<b>Apariencia</b>	Líquido
<b>Densidad a 20°C</b>	1,39 g/cc
<b>Ph</b>	4,2
<b>Toxicidad</b>	No toxico, no inflamable, no corrosivo y no peligroso
<b>Envases</b>	Bidones plásticos de : 5L y 20L

#### **2.4.4. BENEFICIOS DE LA FERTILIZACIÓN CON Basfoliar Aktiv**

COMPO 2010, sintetiza los beneficios de este bioestimulante de la siguiente forma:

- Actúa como activador de defensas.
- Fortalece a las plantas para soportar el estrés del ataque de plagas y enfermedades además del efecto negativo del clima.
- Alta disponibilidad de los nutrientes contenidos en el producto, especialmente fósforo.
- Tiene tres átomos de oxígeno que le otorgan a esta formulación alta movilidad en el tejido vegetal, así como en el suelo.
- Bioestimulante del desarrollo del cultivo y floración por su contenido de auxinas y citocininas derivadas del alga *Ekclonia maxima*.

#### **2.4.5. PROPIEDADES Y VENTAJAS**

- Basfoliar Aktiv es sistémico y es fácilmente absorbido y traslocado a través del xilema y floema a todas las áreas de la planta.
- Sus elementos constituyentes están disponibles en formas de fácil asimilación, logrando un efecto rápido y eficiente sobre la planta.
- Actúa como activador de defensas, pues los fosfitos son altamente eficientes en aumentar la resistencia a diversas enfermedades, particularmente a aquellas que pertenecen al grupo Oomycetes.
- Mejora la actividad del sistema de defensa dinámico de las plantas, lo que incluye formación de “Zonas de bloqueo necrótico” (como células muertas que limitan el acceso de la enfermedad y la diseminación al resto de las células), producción de etileno, producción de enzimas líticas, engrosamiento de las paredes celulares y acumulación de Fitoalexinas (anticuerpos). El fosfito de Basfoliar Aktiv le confiere inmunización a la planta, aun cuando las concentraciones de residuos ya no son detectadas.

## **2.5. VARIEDADES DE MAÍZ SEMBRADAS EN LA ZONA DE LA ESTANCILLA**

### **2.5.1. MAÍZ AMARILLO INIAP 542**

Se adapta a zonas como el litoral ecuatoriano y valles bajos. El color del grano es amarillo, duro, es tolerante a sequía. Es resistente a acame y estrés hídrico. La densidad de siembra oscila entre 50000 plantas/ha de semilla certificada, sembrando a una distancia entre surcos de 1,0 m y entre plantas de 0,40 m colocando dos plantas por sitio. Su rendimiento promedio es de 4652 kg/ha (102 qq/ha) (Agroscopio, 2016).

### **2.5.2. SEMILLA HÍBRIDA DE MAÍZ AMARILLO SOMMA**

Somma es un maíz híbrido (Transnacional agrícola) posee una excelente adaptación a las condiciones de la costa maicera del Ecuador. Tiene su característica principal, el color y la calidad de su grano, su mazorca es cónica que lo hace muy atractivo en el mercado. Posee buen potencial de rendimiento, tolerancia a las principales enfermedades tropicales de hoja y de mazorca, buen rendimiento en trilla, uniformidad en altura de mazorca. (Syngenta, 2016).

## **CARACTERISTICAS AGRONOMICAS**

**Días a Floración** (Promedio): 55-56

**Altura de planta** (Promedio en cm): 207

**Altura de la Mazorca** (Promedio en cm): 95

**Ciclo vegetativo** (Días promedio): 125

**Rendimiento Promedio** (Ton/ha): 8.5 (seco y limpio).

### **2.5.3. SEMILLA HÍBRIDA DE MAÍZ TRUENO**

Tiene como característica que su grano es anaranjado, semicristalino de tamaño grande y pesado, con unos altos porcentajes de rendimiento a lo que se refiere en trilla posee un buen índice en desgrane con un promedio de 83%. Tiene alta tolerancia a las principales enfermedades: *Helminthosporium*, *Curvularia*, mancha de asfalto y cinta roja, tolerante al acame de raíz y acame de tallo. Posee una mayor productividad y rendimiento, posee mayor número de plantas a cosecha, excelente cobertura de mazorca, un gran potencial genético. Periodo vegetativo: 52 días promedio a floración, 120 días promedio a cosecha. Planta con altura promedio con hojas erectas de color verde oscuro, lo cual le permite el establecimiento de altas poblaciones y eficiencia en la captación de luz. Ofrece una alta tolerancia al volcamiento (Quiñonez, 2017).

### **2.5.4. HÍBRIDO PIONEER P4039**

Moreira (2019) indica que el híbrido del maíz se puede adaptar a muchas zonas Chone, Santa Ana, Tosagua, Cascol, Pedro Carbo, Balzar, El Empalme, Ventanas, Puerto Pechiche, Vinces, Santa Elena, Loja e Imbabura.

Características del híbrido Pioneer p4039 de acuerdo a (Pioneer, 2018)

- Su ciclo de vida es de 125 días.
- Los días a la emergencia del material van desde los 7 a 15 días después de la siembra.
- En condiciones óptimas puede emitir sus flores a los 55 y 58 días.
- Puede ser cosechado a los 120 a 140 días.
- Su grano es cristalino de color anaranjado- amarillo
- Puede alcanzar una altura de 275 cm en condiciones optimas
- Tiene un índice de desgrane del 80 % lo cual el 80 % del peso de la mazorca le corresponde al grano

- Tiene una tolerancia lo que corresponde al acame tanto de raíz como también de tallo.
- La población por hectárea de este híbrido es de 62.500 plantas entre planta con un distanciamiento que va desde los 20 cm a 25 cm y entres surcos de 80 cm a 90 cm.
- Tiene una alta tolerancia a enfermedades como *Cercospora*, *Curvularia sp*, *Puccinia sorghi*, *Helminthosporium turcicum* con el complejo de enfermedades de origen viral y *Diplodia maydis*
- El rendimiento por hectárea es de 180 qq/ha hasta los 240 qq/ha.

## 2.6. PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

La palabra hidroponía se ha derivado de dos palabras griegas: hidro significa 'agua' y ponie significa 'trabajo'. Por lo tanto, el forraje producido por el cultivo de plantas en agua o en soluciones ricas en nutrientes, pero sin usar ningún suelo se conoce como forraje hidropónico o granos brotados o forraje germinado (Dung, Godwin, Nolan, 2010). La hidroponía se produce en invernaderos en un entorno controlado en un período corto (Sneath, y McIntosh, 2003). Los métodos de producción de forraje hidropónico datan de los años 1800, o antes, de la era 'Jardines Colgantes de Babilonia', cuando los productores lecheros europeos alimentaban con granos germinados a sus vacas durante el invierno para mantener la producción de leche y mejorar la fertilidad (Kerr y Conway, 2014).

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) consiste en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas y posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia de suelo (FAO, 2002b). Su uso se destina para la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves (González, Ceballos, Benavides, 2015).

Existe un renovado interés en esta tecnología debido a la escasez de forraje verde en la mayoría de los países de Medio Oriente, África y Asia. La producción de forraje

no puede aumentarse fácilmente debido principalmente a la creciente presión humana sobre la tierra para la producción de granos de cereales, semillas oleaginosas y legumbres. Para satisfacer esta creciente demanda de forraje verde, una de las alternativas es el forraje hidropónico para complementar los escasos recursos de pasto (Naik, Swain, Sing, 2015; Bakshi, Wadhwa, Harinder, 2017).

El forraje verde hidropónico se puede producir tanto en sistemas comerciales grandes, sofisticados, automatizados con control, o en sistemas de bajo costo, donde el ambiente es adecuado para la producción de forraje. Las semillas de forraje utilizan agua del grifo o soluciones enriquecidas con nutrientes para la nutrición de las plantas en ausencia de suelo. El forraje hidropónico también se llama galletas de forraje fresco, forraje germinado o grano germinado o alfacultivo. Hoy en día, la hidroponía se usa en climas duros como desiertos, áreas con suelos pobres o en áreas urbanas donde los altos costos de la tierra han expulsado a la agricultura tradicional (Naik *et al.*, 2015; Bakshi *et al.*, 2017).

La producción de forraje hidropónico es probablemente la más adecuada para regiones del mundo semiáridas, áridas y propensas a la sequía, que sufren escasez crónica de agua o en áreas donde no existe infraestructura de riego. La producción de forraje hidropónico es una gran ayuda para los agricultores cuyo suelo es rocoso e infértil. Es una tecnología alternativa viable y amigable para los agricultores sin tierra para la producción de forraje. Los forrajes como el maíz, la cebada, la avena, el sorgo, el centeno, la alfalfa y el triticale pueden producirse mediante cultivo hidropónico. Otros, como el caupí, el gramo de caballo, el cáñamo, el ragi, el bajra, el mijo de cola de zorra y jowar, también se han cultivado con éxito mediante el uso de hidroponía (Rachel Jemimah *et al.*, 2015).

La Biomasa Hidropónica de Maíz se caracteriza por crecer en bandejas con sistemas de riego adecuados que permiten proporcionarles a las plantas la cantidad suficiente de agua que garanticen su crecimiento y desarrollo para ser cosechadas en estadios tempranos de crecimiento, donde presentan excelente calidad

nutricional y buena palatabilidad para los animales (Acosta, Orozco, Castro, Avelleneda, Suárez, 2016; López *et al.*, 2011).

### **2.6.1. EFECTO DE LA NUTRICIÓN ORGÁNICA Y MINERAL SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

En la actualidad existe abundante información que evidencia y justifica la fertilización en la producción de forraje verde hidropónico. Respecto a la nutrición mineral se reporta una alta variabilidad en las concentraciones de nutrientes minerales en las soluciones nutritivas utilizadas para la nutrición del FVH (Rivera *et al.*, 2010; Salas *et al.*, 2012, Candía, 2014). Mientras que en algunos casos se aplica únicamente agua en otros se aplican excesos. La aplicación de fertilizantes minerales es una alternativa que se puede considerar bajo un esquema de agricultura sustentable y altamente efectiva en cualquier tipo de suelo, sobre todo en aquellos donde el pH es inferior a 6,0 (Rivera *et al.*, 2010).

### **2.6.2. VENTAJAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

El FVH ofrece una serie de ventajas, como producción forrajera durante todo el año, desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, aporte de complejos vitamínicos necesarios, no ocasionan trastornos digestivos y rápida recuperación de la inversión (FAO, 2002b; Müller *et al.*, 2005).

Entre las ventajas que presenta el forraje hidropónico, se menciona: disponibilidad de suministro constante durante todo el año, empleo de terrenos marginales, reducción del desperdicio de agua, obtención de una fuente alternativa de alto valor nutricional, completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades, aumenta la fertilidad y la producción láctea (Albert, Alonso, Cabrera, Rojas, Rosthoj, 2016).

## CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La Investigación se desarrolló en el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo del Aprendizaje (CIIDEA) del campus de la ESPAM- MFL”.

### 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

Este trabajo tuvo una duración de 20 días el cual empezó el 10 de julio del 2019 hasta el 30 de julio del 2019.

### 3.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS Y HELIOFANIA DEL AÑO 2019

**Tabla 4:** Condiciones climáticas de la zona

HR	TMAX °C	TMN °C	Evaporación Mm	HELIOFANÍA
85 %	29,25 %	20,26 %	2,91	1,92

**Fuente:** Estación meteorológicas ESPAM “MFL”

### 3.4. MATERIAL VEGETAL

El Maíz que se empleó en la investigación fue de un material reciclado proveniente de la variedad Iniap-542, y de los híbridos Somma 542, Trueno, Pioneer P-4039, que utilizan los agricultores de la zona “La Estancilla”.

### 3.5. TRATAMIENTOS

**T1:** Fertilizante compuesto mineral soluble (Kristalon)

**T2:** Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)

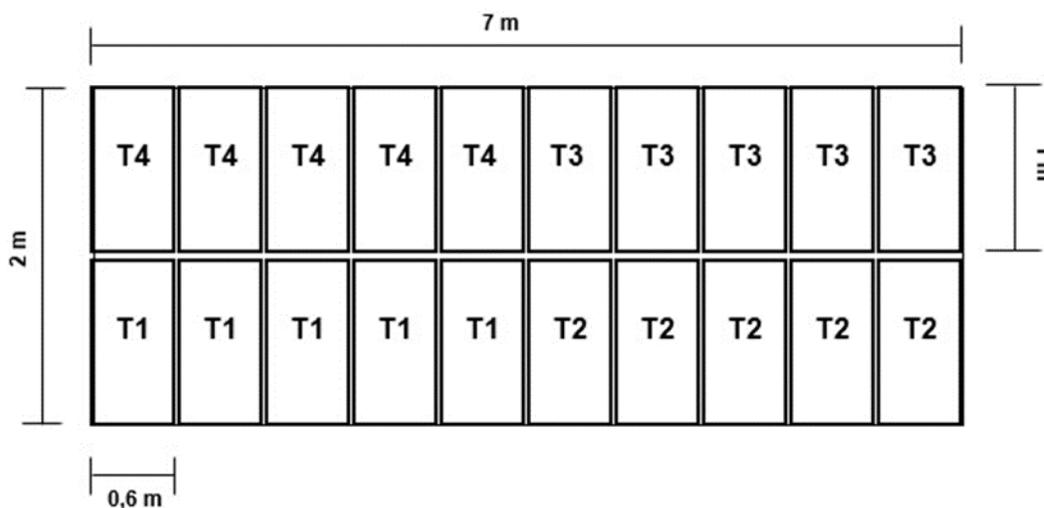
**T3:** Fertilizante compuesto mineral soluble (Kristalon)+ Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)

**T4:** Testigo

### 3.6. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

EL experimento se lo estableció bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo conformada por cinco bandejas de aluminio de un kg de capacidad de semillas. A continuación, se detalla el esquema del ANOVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	3
Error	16
Total	19



**Figura 2.** Esquema de campo

### 3.7. VARIABLES RESPUESTA

**Peso de biomasa fresca (kg):** Se la registró a los 10, 15 y 20 días después de la siembra en bandejas.

**Altura de planta (cm):** Esta variable se la obtuvo a los 10, 15 y 20 días después de la siembra en bandejas, midiendo desde el cuello del tallo hasta el ápice del follaje.

**Contenido de proteína cruda (%):** Fueron registrada a los 10, 15 y 20 días después de la siembra en bandejas, para lo cual se enviaron muestras al laboratorio de bromatología.

**Contenido de fibra y cenizas (%):** Fue determinada a los 10, 15 y 20 días después de la siembra en bandejas, para lo cual se enviaron muestras al laboratorio de bromatología.

### **3.8. ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias a través de la prueba de Tukey al 0.05.

### **3.9. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

#### **Condiciones de ensayo**

Se instalaron dentro del invernadero dos módulos hidropónicos en ángulo de madera, a 30 cm del piso, altura de 180 cm. Estos demostraron dos niveles separados a un espacio vertical de 80 cm y pendiente de 1%. Sirviendo de soporte para las bandejas donde se sembraron las semillas de maíz.

#### **Pre germinación de las semillas**

Estos módulos se cubrieron con polietileno negro durante el periodo de germinación de las semillas para brindar condiciones de oscuridad y temperatura favorables para la germinación.

Los contenedores correspondieron a bandejas de plástico, con dimensiones de 0,60 m de ancho por 1,00 m de largo y 3 cm de profundidad, en las cuales se depositaron las semillas sirviendo como cama para la misma y posterior producción del forraje.

El sistema de riego se lo realizó por nebulización por un lapso de tiempo de 2 a 3 minutos. Las líneas de microaspersores se colocaron a una altura de 0,40 m de las bandejas de cultivo. Para suspender la latencia de las semillas, éstas se embebieron en agua durante 24 horas.

### **Germinación de las semillas**

Cumplido el tiempo de imbibición se depositaron las semillas homogéneamente en las bandejas tapándose posteriormente con plástico negro. Cuando se logró el 95% de germinación se retiró el plástico y quedaron expuestas las semillas a condiciones de humedad y temperatura adecuadas para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cada bandeja. El fertilizante y el bioestimulante corresponde a una formula soluble.

### **Aplicación de los tratamientos**

La solución nutritiva empleada correspondió a un fertilizante mineral soluble (Kristalon) y un bioestimulante (Basfoliar Aktiv) las cuales se aplicaron una sola vez en el cultivo a los 8 días después de la germinación de las semillas con las siguientes formulaciones:

- **T1:** Fertilizante compuesto mineral soluble (Kristalon) 1g/1L de agua
- **T2:** Bioestimulante Basfoliar Aktiv: 1ml/1L de agua
- **T3:** Fertilizante compuesto mineral soluble (Kristalon) 0.5 g/1L + Bioestimulante (Basfoliar Aktiv) 0.50 ml/1L de agua.
- **T4:** sin soluciones nutritivas

Todas estas aplicaciones fueron realizadas con un rociador de 1000 ml en forma homogénea dirigidas a las raíces.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento en altura de planta del forraje verde hidropónico (FVH) se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) donde el tratamiento 1 a base de fertilizante soluble (Kristalon) obtuvo un mayor promedio con relación al testigo (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** Efecto de tratamientos nutricionales sobre el crecimiento de forraje verde hidropónico. Calceta, Ecuador. 2019.

Tratamientos	Altura de planta 10 DDS (cm)	Altura de planta 15 DDS (cm)	Altura de planta 20 DDS (cm)
T1. Fertilizante soluble (Kristalon)	14.40 c <sup>1/</sup>	29.88 bc	43.89 b
T2. Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)	12.90 b	30.63 c	43.24 b
T3. Fertilizante soluble (Kristalon + Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)	13.25 bc	29.00 b	42.81 b
T4. Testigo	10.18 a	24.50 a	36.78 a
p-valor ADEVA	0.0001	0.0001	0.0001
C.V. %	4.5	1.99	2.41

**1/ Medias dentro de columnas con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.**

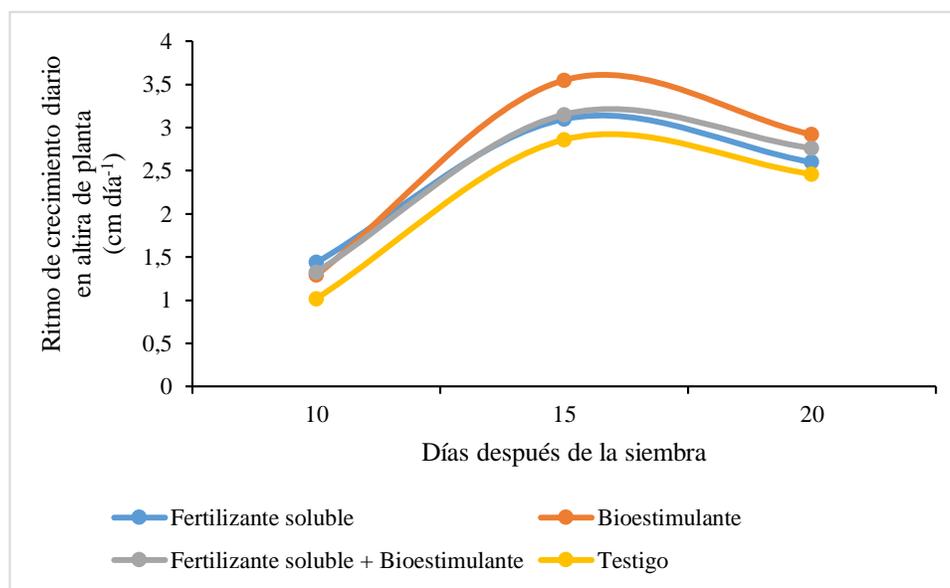
El peso del FVH fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los de nutrición evaluados, donde el fertilizante soluble alcanzo el mayor rendimiento de biomasa a los 10, 15 y 20 días después de la siembra, en relación al testigo que experimento menor valor, mientras que los demás, alcanzaron valores intermedios, pero significativamente diferentes al testigo (**Tabla 6**). El fertilizante mineral soluble obtuvo un incremento del 18.61, 12.36 y 9.2% de biomasa fresca en relación al testigo, bioestimulante y la combinación fertilizante mineral soluble + bioestimulante, respectivamente.

**Tabla 6.** Efecto de tratamientos nutricionales sobre el rendimiento de forraje verde hidropónico. Calceta, Ecuador. 2019.

Tratamientos	Peso fresco 10 DDS (kg)	Peso fresco 15 DDS (kg)	Peso fresco 20 DDS (kg)
T1. Fertilizante soluble (Kristalon	9.31 c <sup>1/</sup>	11.73 c	13.92 c
T2. Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)	8.22 b	10.29 b	12.20 b
T3. Fertilizante soluble (Kristalon) + Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)	8.55 b	10.60 b	12.64 b
T4. Testigo	7.39 a	9.42 a	11.33 a
p-valor ADEVA	0.0001	0.0001	0.0001
C.V. %	4.36	3.85	2.88

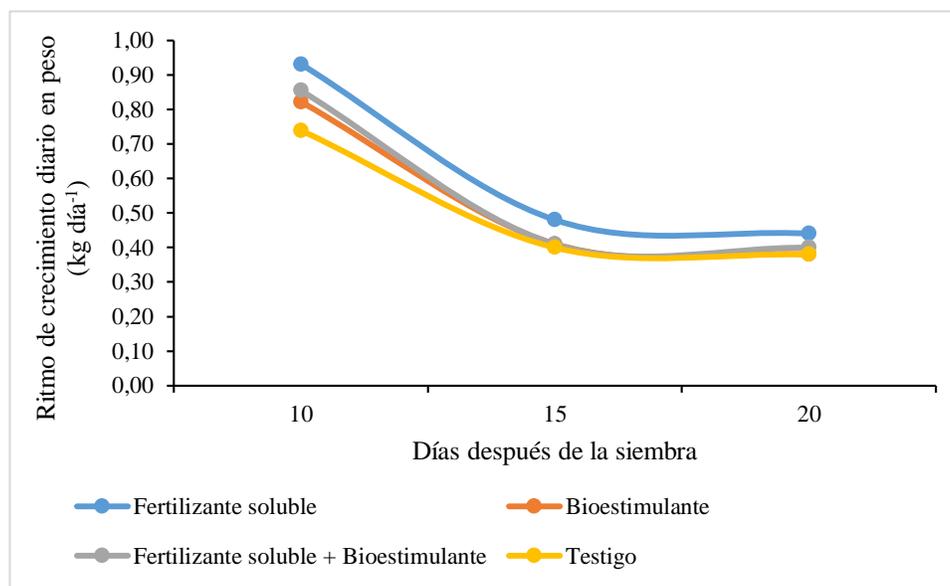
1/ Medias dentro de columnas con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

En la **figura 3**, se aprecia que el ritmo de crecimiento diario en altura de planta muestra una tendencia cuadrática, donde se da un incremento lineal en todos hasta los 15 DDS, y a partir de ese tiempo, estos experimentan una ralentización en el ritmo de crecimiento. Sin embargo, es importante destacar que el bioestimulante sobresale en relación a los demás (**figura 3**).



**Figura 3.** Ritmo de crecimiento diario en altura de forraje verde hidropónico en función de varios tratamientos nutricionales. Calceta, Ecuador. 2019.

El ritmo de crecimiento diario en peso decrece rápidamente hasta los 15 DDS en todos los tratamientos probados, mientras que, a partir de éste, tiende a ralentizarse y estabilizarse hasta los 20 DDS (**figura 4**). Sin embargo, es notorio que el fertilizante soluble muestra la mayor ganancia diaria en peso, en relación a los demás. (**Figura 4**).



**Figura 4.** Ritmo de crecimiento diario en peso fresco de forraje verde hidropónico en función de varios tratamientos nutricionales. Calceta, Ecuador. 2019.

El contenido de proteína cruda del FVH fue significativamente afectado ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos de nutrición probados, donde el fertilizante soluble alcanzó mayor contenido de proteína cruda, en relación al testigo (**tabla 7**). El fertilizante soluble mostró un incremento en proteína cruda del 26.21, 17.58 y 7.49% en comparación al testigo, bioestimulante y la combinación fertilizante soluble + bioestimulante, respectivamente. En cuanto a fibra y ceniza, el análisis de varianza no mostro diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos lo cual indica que estas variables no son afectadas por la nutrición del forraje verde hidropónico (**tabla 7**).

**Tabla 7.** Efecto de tratamientos nutricionales sobre la calidad bromatológica de forraje verde hidropónico. Calceta, Ecuador. 2019.

<b>Tratamientos</b>	<b>Proteín a cruda (%)</b>	<b>Fibra (%)</b>	<b>Ceniza (%)</b>
T1. Fertilizante soluble (Kristalon)	24.57 b <sup>1/</sup>	23.47 a	6.14 a
T2. Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)	20.25 ab	24.09 a	5.89 a
T3. Fertilizante soluble (Kristalon )+ Bioestimulante (Basfoliar Aktiv)	22.73 ab	24.59 a	5.91 a
T4. Testigo	18.13 a	25.89 a	5.61 a
p-valor ADEVA	0.0234	0.1683	0.5703
C.V. %	9.66	4.9	7.6

**1/ Medias dentro de columnas con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.**

Los resultados encontrados en el presente trabajo indican que la mayor producción y contenido proteínico en forraje verde hidropónico de maíz, fue alcanzado con el fertilizante soluble, seguido de la combinación a base de fertilizante soluble + bioestimulante, lo cual indica que estos tratamientos proporcionan mayor disponibilidad de nutrientes para las plántulas. Sin embargo, cabe resaltar que, en relación al testigo, el bioestimulante alcanzo mejores resultados. En este sentido, coinciden a los obtenidos por (Maldonado, Soto, Ramírez, 2013) quienes reportaron mayor crecimiento de planta, rendimiento de forraje y contenido proteínico con soluciones nutritivas más concentradas en macro y micronutrientes, en relación al tratamiento testigo que alcanzó menor crecimiento, rendimiento y proteína cruda. Resultados similares fueron hallados por (Valverde *et al.* 2017) quienes obtuvieron mayor crecimiento y producción de forraje verde hidropónico de maíz con fertilizantes minerales, en relación a abonos orgánicos.

En otro estudio reportado por (Ticona y Tito, 2017) alcanzaron mayor crecimiento y rendimiento en forraje verde hidropónico de maíz con diferentes soluciones nutritivas orgánicas, en relación al tratamiento testigo a base de agua. Lo anteriormente expuesto, sugiere que el crecimiento y la producción de forraje verde hidropónico de maíz, puede incrementarse con cualquier tratamiento de fertilización

sea orgánico o mineral, en comparación al uso único de agua. En este contexto, resultados encontrados por (Salas *et al.*, 2012) demostraron que el rendimiento y el contenido de proteína cruda en el forraje verde hidropónico del maíz se incrementaron tanto con fertilización orgánica y mineral, en relación al tratamiento testigo con agua, aunque se alcanzó mayor producción y proteína con la fertilización mineral. A resultados similares llegaron (Preciado *et al.*, 2014) quienes hallaron reportaron mayor producción de forraje y contenido de proteína cruda en el tratamiento con fertilización mineral, en comparación a la orgánica y el agua pura. Finalmente, (Salas *et al.* 2012) reportaron rendimientos y contenidos proteínicos similares en forraje verde hidropónico de maíz tratado con soluciones nutritivas orgánicas y minerales, lo cual sugiere que ambas tecnologías pueden ser útiles en la nutrición del forraje verde hidropónico.

El efecto positivo de la nutrición con fertilizantes solubles y bioestimulante orgánico, puede ser debido a que los nutrientes aportados a la solución nutritiva, cumplen funciones fisiológicas específicas en el metabolismo vegetal. En este sentido, son bien conocidas las funciones del N y el S en la estructuración de aminoácidos, proteínas y enzimas, así como también en la biosíntesis de metabolitos secundarios, que son importantes para el desarrollo, producción y reacciones de defensa del cultivo (Sabino, Lavres, Ferreira, 2007). La importancia del fósforo radica en que promueve el desarrollo vigoroso de las raíces, debido a que el elemento activa funciones energéticas y genéticas al formar parte de compuestos fosfatos energéticos como ADP y ATP, y formar parte de los nucleótidos que forman el ADN y ARN necesarios para la expresión genética en términos de crecimiento (Maathuis, 2009). Por su parte, algunos micronutrientes están implicados en la transferencia de electrones en la fotofosforilación y forman numerosas metalproteínas necesarias en reacciones enzimáticas involucradas en la síntesis de compuestos orgánicos (Kirkby y Romheld, 2008a y; Hansch y Mendel, 2009). Algunos nutrientes como el Zn son de vital importancia para las plantas C4 como el maíz, puesto que está ligado a la enzima anhidrasa carbónica de vital importancia para fijación del carbono,

además de ser precursor de la síntesis del aminoácido triptófano que participa en la formación de reguladores de crecimiento como las auxinas. El Mo interviene en el metabolismo del N, por lo que induce una asimilación más eficiente del mismo (Kirkby y Romheld, 2008b). El B junto al K han sido vinculados con el transporte de carbohidratos desde las fuentes hacia los sumideros (Kirkby y Romheld, 2008c; Maathuis, 2009). Por su participación directa en el metabolismo vegetal los nutrientes pueden mejorar procesos como contenido de clorofila, síntesis y transporte de carbohidratos, tolerancia a condiciones adversas, llenado de granos, así como la germinación de semillas (Babaeian, Heidari, Ghanbari, 2011; Farooq, Wahid, Siddique, 2012).

## **CAPITUL V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- El efecto combinado de la aplicación de un fertilizante mineral soluble y un bioestimulante, incidió en el incremento de la producción y contenido del forraje verde hidropónico de maíz reciclado.
- El efecto separado de la aplicación del fertilizante mineral soluble y del bioestimulante fue más efectiva en el incremento sobre la producción y contenido proteico de forraje verde hidropónico de maíz

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Utilizar fertilizante mineral soluble en la solución del Forraje Verde Hidropónico de maíz para incrementar rendimiento de biomasa y calidad

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, N.; Orozco, R.; Castro, A.; Avellaneda, J.; Suárez, Y. 2016. Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz. Centro Agrícola, 43 (4): 57-66
- Agroscopio.com. (2016). Maiz duro Iniap 542. Recuperado el 1 de julio de 2020, de [www.agroscopio.com](http://www.agroscopio.com): <http://www.agroscopio.com/ec/aviso/maizduroiniap542/>
- Albert, G.; Alonso, N.; Cabrera, A.; Rojas, L.; Rosthoj, S. 2016. Evaluación Productiva del Forraje Verde Hidropónico de Maíz, Avena Y Trigo. Compend. cienc. vet. 06 (01): 8 p
- Babaeian, M.; Heidari, M. and Ghanbari, A. 2011. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus L.*). Iranian Journal of Crop Science 12(4): 377 – 391.
- Bakshi, M.; Wadhwa, M. and Harinder, P. 2017. Hydroponyc fodder production: A critical assessment. Broadening Horizons 48: 1-10.
- Candía, L. 2014. Evaluación de la Calidad Nutritiva de Forraje Verde de Cebada *Hordeum vulgare* hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de Cuy (*Cavia porcellus*) a dos concentraciones. Salud Technol. (2): 55-62
- Castillo, M. 2015. Análisis de la productividad y competitividad de la ganadería de carne en el Litoral Ecuatoriano. Resultados de consultoría para el Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP). Parte I. Quito, EC. 70 p.
- COMPO. (2010). (COMPOEXPERT) Recuperado el 1, de jul 2020, de [http://p112117.typo3server.info/fileadmin/user\\_upload/compo\\_expert/cl/documents/Ba\\_sfoliar\\_Algae\\_2010.pdf](http://p112117.typo3server.info/fileadmin/user_upload/compo_expert/cl/documents/Ba_sfoliar_Algae_2010.pdf)
- Dung, D, Godwin, I.R. and Nolan, J.V. 2010. Nutrient content and in sacco degradation of hydroponic barley sprouts grown using nutrient solution or tap water. J. Anim. Vet. Adv. 9 (18): 2432-2436.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2002a. Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile. 55 p
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2002b. LOS FERTILIZANTES Y SUS USOS. Consultado, 1 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Farooq, M.; Wahid, A. and Siddique, K. 2012. Micronutrient application through seed treatments - a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12(1): 125 – 142.
- Fuentes, F.; Poblete, C.; Huerta, M. y Palape, I. 2011. Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *IDESIA* 29(3): 75 – 81.
- García, S. D. 2017. Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p
- González, E.; Ceballos, J.; Benavides, O. 2015. Producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays*. L. en invernadero con diferentes niveles de silicio. *Ciencias Agrícolas*. 32 (1): 75-83
- Hansch, R. and Mendel, R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology* 12:259–266.
- INTAGRI. 2017. La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida. Núm. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- INTA. 2018. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Cultivos Hidropónicos. (En línea). EC. Consultado, 29 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-\\_cartilla\\_suelos\\_\\_hidroponia.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_cartilla_suelos__hidroponia.pdf)

- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo). 2013. Procesador de estadísticas Agropecuarias (ESPAC). Ganado Bovino. (En línea). Consultado el 7 de Jun del 2018. Formato PDF. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-deestadisticasagropecuarias-3/>
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2004. Proyecto: Generación de híbridos convencionales de maíz duro y de prácticas de manejo y conservación de suelos para condiciones de ladera en el trópico seco DE Manabí. Informe técnico final. 54 p.
- Jiménez, S.; Castro, L.; Yépez, J. y Wittmer, C. 2012. Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia del Ecuador. *Avances de Investigación*, 66: 1-92.
- Kerr, S. Conway, L. and Conway, A. 2014. Fodder for forage: Fact, folly, fable or fabulous. (En línea). Consultado el 7 de Jun del 2018. Formato PDF. Disponible en [smallfarms.oregonstate.edu/sfn/w14fodder](http://smallfarms.oregonstate.edu/sfn/w14fodder)
- Kirkby, E. y Romheld, V. 2008a. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Primera parte). *Informaciones Agronómicas* 68: 1 – 6.
- Kirkby, E. y Romheld, V. 2008b. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Segunda parte). *Informaciones Agronómicas* 69: 9 – 13.
- Kirkby, E. y Romheld, V. 2008c. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Tercera parte). *Informaciones Agronómicas* 70: 10 – 13.

- López, P.; Cano, S.; Rodríguez, N.; Torres, M.; Rodríguez, R. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico. *Tecnociencia Chiguagua*, 5 (2): 98-104
- López, R. Murillo, B y Rodríguez, G. 2009. El forraje verde hidropónico (fvh): una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia* 34(2): 121-126.
- Maathuis, F. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology* 12:250–258.
- Maldonado, R. Soto, B. Ramirez, V 2013 Nutrición Mineral De Forraje Verde Hidropónico 19(2).
- Moreira, B. 2019. “Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos”. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Quevedo - Los Ríos– Ec. p 23. Consultado, 1 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3689/1/T-UTEQ-0180.pdf>
- Müller, L.; Santos, S.; Manfron, V.; Haut, D.; Binotto, S.; Medeiros, V.; Dourado, E. 2005. Produção e qualidade bromatológica de gramíneas em sistema hidropônico. *Uruguiana, Revista da FZVA*. 12(1): 88-97.
- Naik, P.; Swain, B. and Singh, N. 2015. Production and Utilisation of Hydroponics Fodder1. *Indian J. Anim. Nutr.* 32 (1): 1-9.
- Pioneer, D. 2018. Semilla De Maíz Pioneer P 4039. (En línea). Formato PDF. ETABLA. Disponible en <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3689/1/T-UTEQ-0180.pdf>
- Preciado, P.; Garcia, L.; Segura, M.; Álvarez, V.; Salas, A.; Ayala, A.; Esparza, R. 2014. Producción de forraje. *P.32* (4).

- Quiñonez, V. 2017. La fertilización química y su incidencia en la producción del híbrido de maíz (*Zea mays*) Somma. Tesis. Ingeniero Agropecuario. Jipijapa -Manabí – Ec. P 14. Consultado, 1 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2901/1/Tesis%20en%20Ma%C3%A1iz%20Jaime%20Rodriguez.pdf>
- Rachel Jemimah, E., Gnanaraj, P.T., Muthuramalingam, T., Devi, T., Babu, M. and Sundharesan, A. 2015. Hydroponic green fodder production. (En línea). Consultado el 14 de Jun del 2018. Formato PDF. Disponible en [rkvy.nic.in/\(S\(dj5ug3cfjygd1hmikvs3bm25\)\)/2016023524Hydroponic\\_Final.pdf](http://rkvy.nic.in/(S(dj5ug3cfjygd1hmikvs3bm25))/2016023524Hydroponic_Final.pdf)
- Rivera, A; Moronta, M; Gonzáles, M; Gonzáles, D; Perdomo, D; García, D; Hernández, G. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Tropical* 28 (1): 33-41.
- Sabino, H; Lavres, J. y Ferreira, M. 2007. Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. *Informaciones Agronómicas* 65: 1 – 4.
- Salas, L.; Preciado, P.; Esparza, J.; Álvarez, V.; Palomo, A.; Rodríguez, N. y Márquez, C. 2012. *Terra Latinoamericana* 28(4): 355-360.
- Syngenta, 2016.somma. Consultado, 1 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en <https://www.syngenta.com.ec/somma>
- Sneath, R. and McIntosh, F. 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Queensland Government, Department of Primary Industries, Dalby, Queensland.
- Thielen, D.; Cevallos, J.; Erazo, T.; Zurita, I.; Figueroa, J.; Velásquez, E.; Matute, N.; Quintero, J. y Puche, M. 2016. Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de Río

Portoviejo, Manabí, costa ecuatoriana del Pacífico. Revista de Climatología 16: 35 – 50.

Ticona, J. y Tito, J. 2017. 538-544 Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*), con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia Murillo del Departamento de La Paz. 25 3 – 2.

Valverde, Y.; Mera, A.; Castro, C. y Ortega, C. 2017. Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays L.*) utilizando fertilizantes químicos y orgánicos. Selva Andina Biosphere 5(2): 144 – 151.

Vera, R. 2005. Perfiles por país del recurso Forraje. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Quito, EC. 20 p.

YARA, 2013. KRISTALON INICIO 13-40-13. Consultado, 1 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en <https://www.yara.es/nutricionvegetal/productos/yaratera/yaraterakristalon-13-40-13/>.

**ANEXOS**

