ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

DIRECCIÓN DE POSGRADO Y FORMACIÓN CONTINUA

INFORME DE INVESTIGACIÓN

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN ZOOTÉCNIA MENCIÓN PRODUCCIÓN ANIMAL

MODALIDAD:

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

DOSIS DE ZEATINA COMO ESTIMULANTE DE CRECIMIENTO Y SU EFECTO EN EL MAÍZ FORRAJERO HIDROPÓNICO

AUTOR:

ING. ADRIÁN ELOY VÉLEZ SÁENZ

TUTOR:

ING. LEOPOLDO ANDRÉS VITERI VELASCO, M.Sc,

CALCETA, ENERO 2020

DERECHOS DE AUTORÍA

Adrián Eloy Vélez Sáenz, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que se han respetado los derechos de autor de terceros, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido del mismo, así como ante la reclamación de terceros, conforme a los artículos 4, 5 y 6 de la Ley de Propiedad Intelectual.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido en el artículo 46 de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

_____

ING. ADRIÁN ELOY VÉLEZ SÁENZ

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. LEOPOLDO ANDRÉS VITERI VELASCO, Mg. Sc, certifica haber tutelado trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE *ZEATINA* COMO ESTIMULANTE DE CRECIMIENTO EN EL MAÍZ FORRAJERO HIDROPÓNICO**, que ha sido desarrollada por **ADRIÁN ELOY VÉLEZ SÁENZ**, previa la obtención del título de Magister en Zootécnica con Mención en Producción Animal, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

_____

ING. LEOPOLDO ANDRÉS VITERI VELASCO, M. Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE *ZEATINA* COMO ESTIMULANTE DE CRECIMIENTO EN EL MAÍZ FORRAJERO HIDROPÓNICO**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **ADRIÁN ELOY VÉLEZ SÁENZ**, previa la obtención del título de Magister en Zootécnica con Mención en Producción Animal, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

_____	_____
DR. C. EDIS MACÍAS RODRÍGUEZ	**MG. CARLOS LARREA IZURIETA**
MIEMBRO	**MIEMBRO**

_____

DR. C. ALEX ROCA CEDEÑO

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A mis Padres Dr. Germán Vélez Delgado y Lcda. Luisa Fernanda Sáenz Ozaeta por haber sido siempre la mano amiga, el sabio consejo, y hasta la actualidad mi ejemplo de lucha y perseverancia,

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me a brindado una excelente formación académica y nos orienta constantemente en el camino de la investigación científica,

A mi tutor de tesis, Ing. Leonardo Andrés Viteri Velasco, por compartir sus conocimientos y guiarme en el transcurso de la investigación científica,

A cada uno de los docentes que me ayudaron en el trayecto de mi formación académica y me edificaron con sus conocimientos,

A mis compañeros de estudio que abrieron la puerta de la amistad para poder formar un grandioso grupo tanto de estudio como de hermandad, gracias por el apoyo mutuo que existió en todo momento.

_____

ADRIÁN ELOY VÉLEZ SÁENZ

DEDICATORIA

A toda mi familia que siempre me han apoyado, alentado y demostrado que con amor, dedicación y esfuerzo se pueden logran cosas maravillosas,

A todas las personas que tienen el anhelo de superación profesional y que desean seguir el camino del estudio científico,

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, a mis amigos, compañeros y a los docentes que nos brindaron tanto sus conocimientos como amistad.

_____

ADRIÁN ELOY VÉLEZ SÁENZ

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA II
CERTIFICACIÓN DE TUTOR III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL IV
AGRADECIMIENTO V
DEDICATORIA VI
CONTENIDO GENERAL VII
CONTENIDO DE TABLAS XI
CONTENIDO DE FIGURAS XIII
RESUMEN XIV
ABSTRACT XV
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES 1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 1
1.2. JUSTIFICACIÓN 3
1.3. OBJETIVOS 5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER 6
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL 6
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 6
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 7
2.1. HIDROPONÍA 7
2.2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO 7
2.2.1. VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO 9
2.2.2. DESVENTAJAS DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO 10
2.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FVH 11
2.3.1. FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO 13
2.4. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ 14
2.5. CULTIVO DE MAÍZ 15
2.6. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA 16
2.7. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA 17
2.8. HORMONAS VEGETALES 17
2.9. CLASES DE FITOHORMONAS 19
2.9.1. GIBERALINAS 19
2.9.2. CITOQUINAS 20
2.9.3. ZEATINA 21
2.9.4. AUXINAS 21
2.9.5. ETILENO 21
2.9.6. ACIDO ABSCISICO 22
2.9.7. JOSMANATOS 22
2.10 ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS 22
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO 24

3.1. UBICACIÓN 24
3.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS 24
Tabla 3.1. Condiciones climáticas 24
3.3. DURACIÓN DEL TRABAJO 24
3.4. FACTOR EN ESTUDIO 24
3.5. TRATAMIENTOS 24
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL 25
EL ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA ESTUVO ESTRUCTURADO DE ACUERDO A LO INDICADO EN LA CUADRO 3.2. 25
Tabla 3.2. Esquema del ADEVA 25
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL 25
3.8. VARIABLES MEDIDAS 26
3.8.1. VARIABLES INDEPENDIENTES 26
3.8.2. VARIABLES DEPENDIENTES 26
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 26
3.10. MANEJO DEL EXPERIMENTO 27
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO 27
3.10.1. INVERNADERO 27
3.10.2. SOPORTE DE BANDEJAS 27
3.10.3. SELECCIÓN DE LA SEMILLA 27
3.10.4. LAVADO DE LA SEMILLA 28
3.10.5. PRE GERMINACIÓN. 28
3.10.6. DENSIDAD DE SIEMBRA 28
3.10.7. RIEGO DEL CULTIVO 28
3.10.8. APLICACIÓN DE ZEATINA Y FERTILIZANTE 29
3.10.9. PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD 29
3.11. METODOLOGIA 30
3.11.1. ANALISIS BROMATOLOGICO 30
3.12. ANÁLISIS ECONÓMICO 33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 34
4.1. VARIABLES PRODUCTIVAS 34
Tabla 4.1. 1. Estadísticos descriptivos de las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 34
Tabla 4.1. 2. Estadísticos descriptivos de la longitud de hojas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 34
Tabla 4.1. 3. Estadísticos descriptivos de la altura de plantas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 35
Tabla 4.1. 4. Estadísticos descriptivos de longitud de raíz de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 36
Tabla 4.1. 5. Estadísticos descriptivos para la producción de biomasa de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 36

Tabla 4.1.6. Comparaciones de promedio para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a los 14 días después de siembra. 37

Figura 4.1. 2. Variaciones de la producción de biomasa de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a los 14 días después de siembra [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)]. 41

4.2. INDICADORES DE CALIDAD NUTRITIVA 42

Tabla 4.2. 1. Estadísticos descriptivos de los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 42

Tabla 4.2. 2. Estadísticos descriptivos para el contenido de proteína cruda de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 42

Tabla 4.2. 3. Estadísticos descriptivos para el contenido de materia seca de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 43

Tabla 4.2. 4. Estadísticos descriptivos para el contenido fibra detergente neutra de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 43

Tabla 4.2. 5. Estadísticos descriptivos para el contenido de cenizas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 44

Tabla 4.2. 6. Estadísticos descriptivos para el contenido de calcio de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 44

Tabla 4.2. 7. Estadísticos descriptivos para el contenido de fósforo de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 44

Tabla 4.2.8. Comparaciones de promedio para los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 45

Figura 4.2. 1. Variaciones de la producción de materia seca (A) y proteína cruda (B) de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)]. 46

Figura 4.2. 2. Variaciones de la producción de cenizas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)]. 48

Figura 4.2. 3. Variaciones de la concentración de calcio (A) y fósforo (B) de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)]. 49

4.3. INDICADOR ECONÓMICO 50

4.3.1 COSTOS DE PRODUCCION TOTAL 50

Tabla 4.3.1. Inventario de insumos utilizados en el proceso. 50
4.3.2. COSTOS DE INSUMOS VARIABLES 50
Tabla 4.3.2. Costos Insumos variables. 51
4.3.2 INGRESO BRUTO 51
Tabla 4.3.3. Costo de producción por Kg. 51
Tabla 4.3.4. Ingreso bruto de los tratamientos. 51
4.3.3. INGRESO NETO 52
Tabla 4.3.5. Ingreso neto de los tratamientos. 52
4.3.1. RELACIÓN BENEFICIO COSTO 52
Tabla 4.3.6. Relación Beneficio/Costo de los tratamientos. 52
Tabla 4.3.7. Comparativa entre FVH de maíz y un alimento balanceado. 52
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 54
5.1. CONCLUSIONES 54
5.2. RECOMENDACIONES 55
BIBLIOGRAFÍA 56
ANEXOS 67

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 3.1. Condiciones climáticas 244
Tabla 3.2. Esquema del ADEVA 255
Tabla 4.1. 1. Estadísticos descriptivos de las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 34
Tabla 4.1. 2. Estadísticos descriptivos de la longitud de hojas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 34
Tabla 4.1. 3. Estadísticos descriptivos de la altura de plantas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 35
Tabla 4.1. 4. Estadísticos descriptivos de longitud de raíz de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 36
Tabla 4.1. 5. Estadísticos descriptivos para la producción de biomasa de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 36
Tabla 4.1. 6. Análisis de varianza de las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a 6 días después de siembra. **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 4.1. 7. Análisis de varianza de las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a 14 días después de siembra. 69
Tabla 4.1. 8. Comparaciones de promedio para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a 14 días después de siembra. 37
Tabla 4.2. 1. Estadísticos descriptivos de los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 42
Tabla 4.2. 2. Estadísticos descriptivos para el contenido de proteína cruda de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 42
Tabla 4.2. 3. Estadísticos descriptivos para el contenido de materia seca de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 43
Tabla 4.2. 4. Estadísticos descriptivos para el contenido fibra detergente neutra de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 43
Tabla 4.2. 5. Estadísticos descriptivos para el contenido de cenizas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 44

Tabla 4.2. 6. Estadísticos descriptivos para el contenido de calcio de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 445
Tabla 4.2. 7. Estadísticos descriptivos para el contenido de fósforo de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 445
Tabla 4.2. 8. Análisis de varianza de los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.**¡Error! Marcador no definido.**6
Tabla 4.3.1. Inventario de insumos utilizados en el proceso. 501
Tabla 4.3.2. Costos Insumos variables **¡Error! Marcador no definido.**2
Tabla 4.3.3. Costo de producción por Kg. 512
Tabla 4.3.4. Ingreso bruto de los tratamientos. 512
Tabla 4.3.5. Ingreso neto de los tratamientos. 523
Tabla 4.3.6. Relación Beneficio/Costo de los tratamientos. 523
Tabla 4.3.7. Comparativa entre FVH de maíz y un alimento balanceado. 523

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 4.1.1. Variaciones de la altura, longitud de hoja y longitud de raíz del FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a los 14 días después de siembra 39

Figura 4.1. 2. Variaciones de la producción de biomasa de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a los 14 días después de siembra. 41

Figura 4.2. 1. Variaciones de la producción de materia seca (A) y proteína cruda (B) de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 467

Figura 4.2. 2. Variaciones de la producción de cenizas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. 49

Figura 4.2. 3. Variaciones de la concentración de calcio (A) y fósforo (B) de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.
490

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar tres dosis de zeatina (1g, 2g, y 3g) como estimulante de crecimiento en forraje verde hidropónico (FVH) de maíz. La investigación tuvo lugar en el hato bovino, ubicado en el Campus Politécnico, sitio El Limón, cantón Bolívar, provincia de Manabí. Se desarrolló bajo un DCA, y se obtuvieron los siguientes resultados: En los parámetros productivos se observó que los promedios más alto de la longitud de la raíz (11.39 cm), longitud de la hoja (15.08 cm), altura de la planta (25 cm), corresponde al tratamiento con 3 g de zeatina, mientras que la mayor biomasa se obtuvo con la aplicación de 2g de zeatina (2.22 kg). En el análisis bromatológico se observó diferencias significativas ($p<0,05$) entre los tratamientos; se obtuvo una media de Proteína Cruda (13,22±0,25%) a favor del tratamiento con 2 g de zeatina. En lo que corresponde a Materia Seca (14,35±0,28%) Fibra Detergente Neutra (42,59±1,13%), fósforo (0,40±0,014%) fueron superiores en el tratamiento con 1 g de zeatina. Y el mayor aumento en cenizas (3,78±0,30%) y Calcio (0,243±0,024%) se obtuvo con 3 g de zeatina. Se concluye que la adición de zeatina influyó positivamente sobre los parámetros productivos e indicadores de calidad en el FVH de maíz. En el análisis económico se mostró que el mayor beneficio/costo se presentó en Tratamiento 0 y 1 con una relación de 1:13 (ganancia del 13% de la inversión USD). Se concluyó que los tratamientos con zeatina no son rentables en comparación con un alimento balanceado.

Palabras clave: Fitohormona, biomasa, cultivo sin suelo, enraizamiento.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate three doses of zeatin (1g, 2g, and 3g) as a growth stimulant in hydroponic green forage (FVH) of corn. The investigation took place in the cattle herd, located in the Polytechnic Campus, site El Limón, Bolívar canton, province of Manabí. It was developed under a DCA, and the following results were obtained in the different parameters: In the productive parameters it was observed that the highest average root length (11.39 cm), leaf length (15.08 cm), height of the plant (25 cm) corresponds to the treatment with 3 g of zeatin, while the greatest biomass was obtained with the application of 2 g of zeatin (2.22 kg). In the bromatological analysis, significant differences ($p < 0.05$) could be observed between treatments; a mean Crude Protein (13.22 ± 0.25%) was obtained in favor of treatment with 2 g of zeatin. In what corresponds to Dry Matter (14.35 ± 0.28%) Neutral Detergent Fiber (42.59 ± 1.13%), phosphorus (0.40 ± 0.014%) were superior in the treatment with 1 g of zeatin. And the largest increase in ashes (3.78 ± 0.30%) and Calcium (0.243 ± 0.024%) was obtained with 3 g of zeatin. It is concluded that the addition of zeatin positively influenced the productive parameters and quality indicators in the FVH of corn. The economic analysis showed that the greatest benefit / cost was presented in Treatment 0 and 1 with a ratio of 1:13 (profit of 13% of the USD investment). It was concluded that zeatin treatments are not profitable compared to a balanced food.

Keywords: Phytohormone, biomass, soilless cultivation, rooting

.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Gutiérrez *et al.* (2018) menciona que, la ganadería es responsable de la mayor parte del uso mundial de tierras; los pastizales y los cultivos dedicados a la producción de alimentos para el ganado representan casi el 80% de todas las tierras agrícolas. En la actualidad se considera que para que la ganadería sea competitiva los productores deben usar de forma eficiente todos sus recursos, entre ellos los forrajes que son fundamentales para la alimentación animal, especialmente para los bovinos (Goyes *et al.,* 2018).

FAO (2002) citado por Holmann *et al.* (2003) han indicado que, en el ámbito latinoamericano la producción de rumiantes ha sido una de las principales actividades productivas del sector agrícola, lo cual obedece en gran parte a la abundante dotación de sabanas y bosques con que cuenta la región, utilizables en ganadería. A pesar de su enorme dotación de recursos forrajeros, la ganadería de los trópicos latinoamericanos enfrenta agudos problemas relacionados con la cantidad, calidad y productividad de las pasturas, en particular durante los prolongados períodos secos (Holmann *et al.,* 2003).

Coloma (2015) menciona que, en la región oriental del Ecuador los suelos destinados al cultivo de pastos en su mayoría son de baja fertilidad y mal drenaje, afectando así a la producción forrajera. Durante la época seca, el consumo inadecuado de forraje que ocurre como resultado de una reducida disponibilidad en los agostaderos, el bajo nivel de proteína, así como un aumento en la lignificación, puede consecuentemente reducir el consumo de nutrientes que requieren los rumiantes para el crecimiento, la gestación y la lactancia (Huston, 1990 citado por Kawas, 2008).

Núñez (2009) citado por Moreno (2018) afirman que, las gramíneas tropicales presentan varias limitaciones nutricionales que restringen el comportamiento productivo y reproductivo de los rumiantes; entre estas se pueden mencionar,

baja concentración energética, bajo contenido de proteínas y minerales, lo que provoca un desbalance en los productos finales de la digestión. Las concentraciones de diferentes elementos nutricionales y sus balances varían entre especies forrajeras, y son afectados por las condiciones ambientales (León *et al.,* 2018)

Candia (2015) refiere que, los cambios climáticos ejercen efectos negativos en la producción de pasturas, el uso inadecuado de productos fitosanitarios, fertilizantes minerales y el sobrepastoreo han degradado los suelos, produciendo alteraciones a nivel de fertilidad y afectando la producción de alimento para los rumiantes.Otra problemática asociada a la degradación en las áreas dedicadas a los pastizales son la deforestación, ausencia de sistema silvopastoril, y el uso inadecuado de la tecnología que aceleran la pérdida de la productividad (Fernández *et al.,* 2006 citado por Cuellar *et al.,* 2018).

Acosta *et al.* (2018) han indicado que, algunos de los problemas en la merma de la producción de maíz son la baja precipitación, la erosión y el desbalance nutricional en los suelos; lo que provoca que el rendimiento del maíz principalmente los forrajeros disminuyan considerablemente. El maíz (*Zea mays L*.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea, Tripsacum y Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género Zea (Deras, 2014 citado por Silva, 2017).

Por lo antes expuesto surge la siguiente interrogante:

¿Los distintos niveles de *zeatina* como estimulante de crecimiento influyen en el desarrollo del maíz forrajero hidropónico?

1.2. JUSTIFICACIÓN

FAO (2001) indica que, la producción de forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología que permite el desarrollo de la biomasa vegetal obtenida del crecimiento inicial de plántulas en los estados de germinación y crecimiento temprano, para producir un forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y apto para la alimentación de animales; esta técnica de producción de FVH representa una alternativa a los métodos convencionales de producción de forraje, como un suplemento nutritivo en la dieta convencional.

Flores *et al.* (2004) citado por Soto *et al.* (2012) refieren que, el empleo de FVH es viable para la alimentación animal dado a su alto contenido de proteína cruda, vitaminas y minerales. Así mismo Hernández de Lira *et al.* (2018) afirma que, el cultivo hidropónico es conveniente ya que no depende de fenómenos meteorológicos y permite producir cosechas fuera de estación, ayudando a reducir el gasto de agua ya que esta se recicla en el proceso y disminuye parte de la contaminación del planeta. El valor nutritivo del FVH varía con el tipo de cereal utilizado y el tiempo de cosecha (Hidalgo, 1985 citado por Soto *et al.,* 2012).

Vargas (2008) menciona que, el cambio climático asociado a la potencial crisis del agua en distintas zonas agrícolas, representan una amenaza sobre la disponibilidad de forrajes para alimentación animal y plantean la necesidad de investigar otras opciones tecnológicas que aseguren la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos de origen animal. El FVH se puede producir en cualquier época del año, se puede planificar la cantidad que se desea obtener, pero sobre todo se consigue un forraje de alta calidad y una excelente palatabilidad, es una excelente fuente proteica y vitamínica, a la vez que es altamente digestible y libre de especies indeseables (Navarrete, 2008 citado por Zambrano, 2015).

Candia (2015) manifiesta que, la progresiva disminución de superficie agrícola destinada a cultivos para alimentación animal, por destinarse a cultivos

alternativos más rentables, origina un incremento sustancial en los costos de producción animal y convierte al cultivo hidropónico en una alternativa para la producción de forraje, el cual deberá ser investigado a profundidad hasta alcanzar los parámetros ambientales y de manejo específicos para optimizar el rendimiento productivo de las semillas en cada zona donde se pretende producir FVH. Los sistemas de producción animal sustentan sus prácticas alimenticias en el suministro de un porcentaje de forraje más un suplemento alimenticio (Vargas, 2008).

Cabezas *et al.* (2018) mencionan, que la dieta a base de especies forrajeras es la fuente más económica y básica para cualquier sistema de producción animal; sin embargo, el manejo que se ha dado en los últimos años es dependiente de productos químicos los cuales tienen un efecto notable en la producción pero a la vez nocivo sobre la salud de los consumidores y los efectos ocasionados a nivel del suelo, es por esta razón que se hace necesario utilizar nuevas alternativas que contribuyan a cambiar esta realidad.

La necesidad de producir mayor biomasa para la alimentación de los animales de distintas especies siempre estará presente, es una búsqueda constante en los productores que desean obtener más forrajes, con altos valores nutricionales y a menor costo. El riesgo que presentan las gramíneas ante amenazas climáticas, enfermedades y plagas convierte al FVH una alternativa viable para la alimentación de distintos rumiantes. Por ello el proyecto contribuye tanto en el área científica como en el área productiva, para aquellos que no cuentan con grandes extensiones de terrenos, o productores que desean incrementar parámetros nutricionales. Al obtener estos resultados se generará la posibilidad de iniciar un nuevo estudio relacionado directa o indirectamente al tema, el cual podría redirigir por nuevos caminos la investigación.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el rendimiento y calidad del FVH de maíz mediante la aplicación de diferentes niveles de zeatina como estimulante de crecimiento de la biomasa forrajera.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la variación del rendimiento (altura de la planta, largo de la hoja, largo de la raíz, biomasa) del maíz forrajero hidropónico a distintos niveles de la hormona zeatina.

- Determinar los distintos componentes bromatológicos (materia seca, fibra detergente neutra, proteína cruda, calcio, fósforo, cenizas) de maíz forrajero hidropónico tratado a tres niveles de la hormona zeatina.

- Establecer la relación Beneficio/costo entre los tratamientos y su comparación económica frente a un alimento balanceado para la especie bovina.

1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El rendimiento y calidad del maíz forrajero hidropónico mejorará mediante la aplicación de diferentes niveles de zeatina como estimulante de crecimiento.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La variación del rendimiento del maíz forrajero hidropónico estará influenciada por los distintos niveles de la hormona zeatina.

- Los distintos componentes bromatológicos de maíz forrajero hidropónico variarán con los tratados a tres niveles de la hormona zeatina.

- La relación Beneficio/costo entre los tratamientos será significativa según las dosis de la fitohormona.

- Los Ingresos Bruto y Neto del cultivo de maíz forrajero hidropónico serán proporcional al de un alimento balanceado en la especie bovina.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. HIDROPONÍA

Beltrano y Daniel (2015) citado por Granda (2018) mencionan que, la hidroponía es una modalidad en el manejo de plantas, que permite su cultivo sin suelo; mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia (Beltrano y Daniel, 2015 citado por Jácome, 2018).

Birgi (2015) refiere que, la hidroponía o cultivo sin suelo es una técnica cuya importancia reside en su alta producción por metro cuadrado, gran eficiencia en el uso de agua y una multiplicidad de cultivos compatibles que brindan a los productores de zonas áridas y semiáridas una oportunidad interesante de producción. Entre 1929 y 1930 el profesor de fisiología vegetal de la Universidad de California, Dr. William Gericke, logró un éxito sin precedentes al instalar unidades de cultivo sin tierra al aire libre con fines comerciales, él bautiza a esta técnica como hidroponía y es considerado el padre de esta moderna técnica de cultivo (Guzmán, 2004).

2.2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología que busca la germinación de granos (semillas de cereales o leguminosas) para producir biomasa vegetal mediante ambientes controlados y una constante producción; el proceso dura un periodo entre los 7 a 15 días, con la intención de obtener un grano germinado con una altura promedio de 25 cm (Elizondo, 2005 citado por Álvarez, 2018).

La producción de FVH consiste en la germinación de semillas, especialmente de gramíneas, para generar un alimento verde con alto contenido de humedad y rico en vitaminas y minerales; es utilizado para alimentación principalmente de

ovinos, caprinos, conejos, gallinas y cuyes, en períodos de escasez hídrica y falta de forraje verde natural (Aguirre *et al.,* 2014).

López et al. (2009) citado por Acosta *et al.* (2016) refieren que, la biomasa hidropónica de maíz es una tecnología de producción, obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de semillas viables, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación. El FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello (FAO, 2001 citado por Jácome, 2018).

Agriculturesrs (2014) citado por Chavarría y Castillo (2018) mencionan que, el FVH puede constituirse en una opción a los métodos convencionales de producción de forraje que contribuya a una actividad agropecuaria sostenible en las zonas áridas y semiáridas; el FVH es un complemento alimenticio y nutricional que se le puede suministrar en las dietas de todos los rumiantes, es una tecnología que tiene diversas ventajas para el productor, ya que disminuye: los costos de producción, el tiempo de producción de alimento, la compactación de suelo por sobrepastoreo, la contaminación del agua, y junto a ello aumenta la taza de producción y reproducción de los animales, altamente palatable y digestible para los animales en porciones indicadas.

Tarrillo (2002) manifiesta que, el sistema de germinado hidropónico presenta varias ventajas como ahorro de agua, ya que las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial, e infiltración son mínimas al compararla con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras.

Cuando las técnicas de producción hidropónicas se combinan con adecuados métodos de producción bajo cubierta como los invernaderos de estructura galvanizada y recubrimiento de policarbonato alveolar, se obtiene un sistema

productivo que además de ser eficiente, cuida recursos como el agua y evita emisiones de CO2 al aire producto del transporte de los alimentos desde las regiones productoras a los sitios de consumo (Birgi *et al.,* 2018a).

2.2.1. VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Frente a otros tipos de alimentación el forraje verde hidropónico posee diversas ventajas entre las que se puede mencionar:

ESPACIO: se puede cultivar en un área muy pequeña en comparación con los campos destinados para la alimentación animal. El costo de producción de FVH, por concepto de superficie es 10 veces menor que el de una superficie para la producción de cualquier forraje en espacios abiertos (Romero *et al.,* 2009).

AGUA: el consumo de agua es mínima al compararlo con la producción convencional de especies forrajeras; el FVH es una técnica de producción de alimento para el ganado que utiliza entre 30 y 50 veces menos agua para producir los mismos rendimientos que las especies forrajeras cultivadas en suelo, pero en una superficie 100 veces menor y sin utilización de agroquímicos (Maldonado *et al.,* 2013).

Los sistemas de riego por micro aspersión y nebulizado son de los que han dado mejores resultados; porque a diferencia de otros sistemas el riego es proporcional, uniforme y el tamaño de la gota no ocasiona ningún daño a la semilla, además que ayuda a incrementar humedad relativa del invernadero (Hydroenviroment, 2017 citado por Chavarría y Castillo, 2018).

CORTO TIEMPO DE PRODUCCIÓN: El FVH es un forraje de corto tiempo de producción entre los 12 a 15 días de pendiendo del grano a cultivar, su altura al momento de la cosecha varía desde los 20 hasta los 25 cm de altura; durante el proceso de germinación de una semilla se producen una serie de cambios que le permiten a la plántula en pocos días captar energía luminosa y a través de un

proceso de crecimiento acelerado desarrollar su parte radicular y aérea con muy poco contenido de fibra y altos contenidos de aminoácidos (Vargas, 2008).

ALTO VALOR NUTRITIVO: es un alimento de alta digestibilidad, cada kg de semilla de cebada, avena, trigo o maíz se convertirá en una biomasa vegetal de más de 12 kg consumibles en su totalidad (raíces, tallos, hojas, semillas), constituyendo una completa formula de energía, proteína, minerales y vitaminas (Vargas, 2008).

BAJOS DE COSTOS DE OPERACIÓN: no requiere alquiler ni compra de maquinaria agrícola pesada en comparación de los forrajes tradicionales cultivados a campo abierto; las inversiones iniciales dependerán del nivel de tecnificación, teniendo en cuenta que los riesgos por una sequía prolongada, u otros fenómenos climáticos adversos, incrementan los costos de producción, siendo una alternativa económicamente viable la producción de FVH (Vargas, 2008).

INOCUIDAD: el FVH representa un alimento limpio e inocuo sin presencia de plagas, enfermedades ni malezas, por lo que no es necesario el uso de agroquímicos; asegurando al animal la ingesta de un forraje reconocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria; El FVH se cultiva en un ambiente controlado sin suelo y, por lo tanto, no es susceptible a enfermedades transmitidas por el suelo, plagas u hongos, ya que minimiza el uso de pesticidas, insecticidas y herbicidas (Cabezas *et al.,* 2018).

2.2.2. DESVENTAJAS DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Entre las principales desventajas que menciona Carballo (2005) citado por Jácome (2018), en el germinado de los diferentes granos que se puedan utilizar en la producción de FVH están: Ser un trabajo laborioso y requiere de cuidados especiales, se necesita capacitación para hacer el germinado, se tiene que establecer una rutina de trabajo, se requiere una inversión en los utensilios para hacer el germinado.

Corona (2011) citado por Molina *et al.* (2018) indican otras desventajas como: desinformación y sobrevaloración de la tecnología, desconocimiento de las exigencias del sistema hidropónico, desconocimiento de especies forrajeras y su comportamiento productivo, presencia de plagas y enfermedades, requerimientos óptimos de agua, luz, temperatura y humedad ambiente; Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haber accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema.

Juárez *et al.* (2013) refiere que, en general el FVH tiene bajo contenido de materia seca, lo cual se tiene que resolver agregando diversos rastrojos o alimento concentrado para complementar la ración en la alimentación del ganado. Otras de las desventajas del FVH es su bajo contenido en fibra, y por este motivo se recomienda otorgarlo como un suplemento alimenticio y no como dieta completa para alimentar a los animales (Chavarría y Castillo, 2018).

2.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FVH

Tarrillo (2005) citado por Cadenillas (2017) manifiesta acerca del área y el proceso de producción para el FVH:

ÁREA DE TRATAMIENTO DE SEMILLAS: En este lugar se inicia el proceso de producción e implica labores de lavado, desinfección, remojo y oreo de la semilla.

ÁREA DE GERMINACIÓN: Culminado el oreo de la semilla y cuando está en su "Punto de Germinación" se realiza la siembra en bandejas plásticas o de fibra de vidrio, no se recomienda utilizar bandejas de madera o metálicas. Las bandejas deberán tener orificios a los lados para permitir el drenaje del agua, son colocadas en estantes de germinación y cubiertas en su totalidad por plástico negro, para que haya oscuridad interior y también para evitar perdida de la humedad. En estos estantes de germinación se recomienda regar mediante nebulización o micro aspersión de 3 a 4 veces al día, en esta área estarán de 4 a 6 días para luego ser trasladados al área de producción (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

ÁREA DE PRODUCCIÓN: Las bandejas provenientes del área de germinación se colocan en estantes de producción, donde culminara su desarrollo en 6 a 8 días más. Este riego demora solo unos minutos y se realiza uno a dos veces al día, dependiendo de las condiciones climáticas (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

Para el proceso de producción del FVH se recomiendan seguir los siguientes pasos:

SELECCIÓN DE SEMILLAS: Utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o persevantes; además, las semillas tienen que ser idóneas, debe ser entera y seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

LAVADO: Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realiza sumergiéndolas en agua las semillas agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia; Este procedimiento se hace repitiendo unas tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

DESINFECCIÓN: Las semillas son desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1%, (10/ml. de lejía por cada litro de agua) por espacio de 30 minutos a 2 horas, dependiendo del grado de contaminación de la semilla (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

REMOJO: Las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad

enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

OREO: Terminado el proceso de remojo, las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un deposito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua, además el deposito será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecerán por espacio de uno a dos días hasta la aparición del punto de brote de la semilla (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

GERMINACIÓN: Esta etapa se inicia con la siembra de las semillas en la bandeja, a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de bandeja, es decir una altura de cama de semillas de 1 cm. a 2.5 cm. Son regadas de tres a cuatro días bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

PRODUCCIÓN: En esta etapa existe una mayor iluminación, además el FH es regado una a dos veces al día. El periodo de crecimiento de este dura entre seis a ocho días alcanzando una altura promedio de 20 a 30 cm., el cual dependerá de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, ventilación, frecuencia de riego e iluminación (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

COSECHA: Finalmente se realiza la cosecha del FVH en forma de tapete, y se puede entregar al animal desmenuzándolo en forma manual o mecánica, según sea conveniente (Tarrillo, 2005 citado por Cadenillas, 2017).

2.3.1. FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Oruro (2015) citado por Jácome (2018) mencionan que, el éxito del FVH inicia con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica; si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada, la semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación de 90% para evitar pérdidas en los rendimientos. La temperatura influye en la germinación de la planta, ya que, a mayor temperatura, habrá una mayor absorción de agua y evaporación; si este parámetro es muy variable, se verá reflejado al momento de la cosecha (Agricultures, 2014 citado por Jácome, 2018).

Las densidades óptimas por metro cuadrado oscilan entre dos y cuatro kilos de semilla, dependiendo de la especie; luego de la imbibición las semillas se siembran en los contenedores o bandejas en capas no superiores a 1,5 cm de espesor y se cubren con papel de diario o plásticos para mantener la humedad y temperatura optimas de germinación (Villavicencio, 2014).

La cosecha del FVH corresponde al total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción; esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas germinadas y no germinadas, formando así un bloque alimenticio el cual es fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado (López *et al.,* 2013).

2.4. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ

Acosta *et al.* (2016) refiere que, el empleo de la hidroponía se muestra como una alternativa para la región, especialmente la producción de biomasa hidropónica de maíz (BHM) en la crianza y alimentación de caprinos criollos; al presentar menor dependencia frente a condiciones climatológicas, disponibilidad de terreno y uso eficiente del agua. Existen datos referenciales de los valores nutritivos del FVH de maíz: Energía: 75 %; Proteína cruda: 19.4 %; Grasa: 3.15 % y Digestibilidad: 90 % (Garza, 2014 citado por Quispe, 2018).

Zagal *et al.* (2016) menciona que, la producción de FVH de maíz con la técnica comercial se realiza en charolas de plástico con riego de agua cada 1 o 2 horas, durante el crecimiento del forraje para cosechar aproximadamente el día 12 o 14; esta actividad se realiza por una persona de tiempo completo de manera manual o por un sistema automatizado equipado con bomba de agua, tuberías, aspersores, tinacos y charolas

2.5. CULTIVO DE MAÍZ

El maíz es una planta monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones; perteneciente a la familia de las *Poáceas*, de la tribu *Maydeas*, las especies del género *Tripsacum* son formas salvajes parientes del maíz, también con origen americano, pero sin valor económico directo (Sánchez, 2014 citado por Ortiz, 2018).

MacRobert *et al.* (2015) indican que, es importante saber que en el maíz existen varios tipos de híbridos como: el híbrido simple, híbrido triple, híbrido doble e híbrido mestizo; cada tipo tiene una configuración parental distinta, pero en todos los casos la semilla híbrida que se vende a los agricultores es una cruza entre dos progenitores (una hembra y un macho).

Villafuerte *et al.* (2018) menciona, el maíz, (*Zea mays*) constituye uno de los principales cultivos de ciclo corto, el cual puede desarrollarse a diferentes pisos altitudinales y en consecuencia se adapta a diversos ambientes. El cultivo del maíz se puede llevar a cabo entre el nivel del mar y los 4.000 m de altitud, entre las latitudes de 40º S y 48º N; los factores perjudiciales para el cultivo son el exceso de humedad y la cantidad de granizo, además los vientos secos y calientes pueden producir un descenso de la disponibilidad de polen para la fertilización (Garay y Colazo, 2015).

Aguirre (2018) recalca que el maíz constituye uno de los principales productos como materia prima para la industria, alimentación humana o como complemento en la elaboración de alimentos para animales. En los últimos años

las consecuencias del cambio climático nos exigen tener cultivares de maíz amiláceo resistentes a factores adversos como plagas, enfermedades, heladas, granizadas, frio, sequia (Castillo, 2018).

Garay y Colazo (2015) refieren que, el rendimiento del grano depende del crecimiento (aumento en número y tamaño de células) y el desarrollo (sucesión de etapas fenológicas), que pueden verse afectadas por deficiencia hídrica o nutricional. Entre las labores generales del manejo de cultivos se menciona la preparación del suelo, siembra, fertilización o corrección del suelo, germinación, técnicas de cultivo (labores y operaciones), cosecha, almacenamiento, instalación de ensayos experimentales para la ejecución de actividades del crecimiento y desarrollo de la planta (Basantes, 2015).

Se considera que existen múltiples problemas relacionados al maíz en la zona andina, como la baja fertilidad de suelos, plagas, enfermedades, variedades de bajo rendimiento y susceptibles a factores bióticos y abióticos, condiciones climáticas adversas como heladas, granizadas, déficit hídrico en los periodos críticos del cultivo, entre otros (Basantes, 2015).

2.6. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA

Karaki y Hashimi (2012) citado por Birgi *et al.* (2018b) observaron que la cebada tenía muy buenos rendimientos y hacía un uso del agua eficiente, por lo que se presentaría como una buena alternativa entre las numerosas especies para elegir. Se evaluó el rendimiento de germinado hidropónico de cebada en seis niveles de siembra: 3, 4, 5, 6, 7 y 8 kg/m2 determinando que el mejor rendimiento se logró con la densidad de siembra de 3 kg/m2, obteniendo 0,779 Kg de MS/kg de semilla procesada y logró un rendimiento máximo de 7,22 Kg de GH/kg de semilla procesada a nivel de máximas y 4,05 Kg de GH/kg de semilla procesada a nivel de mínimas (Guevara, 2013 citado por Arévalo, 2018).

2.7. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA

Paredes (2016) citado por Guimac (2019) menciona que la avena es un cultivo forrajero temporal de gran importancia para la alimentación ganadera, esta gramínea se ha adaptado a una gran diversidad de pisos altitudinales, desde los 2 500 a 4 000 msnm y a climas variados.

En la actualidad la avena forrajera constituye la base de los pastoreos de invierno en nuestro país, por su alto contenido en fibra cruda, proteína total, ceniza, fibra detergente ácida, etc., sin embargo, presenta limitaciones como: bajos rendimientos en la producción por el uso excesivo de fertilizantes químicos, desconocimiento de abonos orgánicos, erosión temprana del suelo, desconocimiento de sistemas de siembra y de variedades con mejores características agronómicas, y bromatológicas (García, 2007 citado por Guimac, 2019).

2.8. HORMONAS VEGETALES

Barboza (2018) hace referencia que las fitohormonas son compuestos orgánicos sintetizados en un órgano o sistema de la planta y que se translocan a otro órgano donde, a bajas concentraciones provocan una respuesta fisiológica. Las hormonas (bioreguladores) se han definido como compuestos naturales que poseen la propiedad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy por *debajo* de la que otros compuestos (nutrientes), y que en dosis más altas los afectarían; estas regulan procesos de correlación, es decir que recibido el estímulo en un órgano, lo amplifican, traducen y generan una respuesta en otra parte de la planta (Ramírez, 2018).

Porta y Jiménez (2019) indican que, las hormonas vegetales son moléculas sintetizadas por la planta que controlan la gran mayoría de los procesos fisiológicos y bioquímicos como son: la división celular, el crecimiento, la diferenciación de los órganos aéreos y de las raíces, regulan la germinación de las semillas, la floración, la formación del fruto, la caída de las hojas y la

senescencia. Las hormonas que pueden inducir el crecimiento celular son: poliamidas, ácido salicílico, auxinas, giberelinas, ácido jasmónico, brasinoesteroides, citoquininas; mientras que las funciones del etileno, metil jasmonato y ácido abcisico están más relacionadas con la inhibición del crecimiento (Liu y Chen, 2003 citado por Schiller, 2018).

Las hormonas vegetales son moléculas señalizadoras que se encuentran en los diferentes tejidos de una planta, y en cantidades específicas de acuerdo al proceso que regulan; los cambios en la concentración y distribución de las hormonas vegetales modulan el desarrollo y las respuestas al estrés biótico y abiótico (Porta y Jiménez, 2019).

González (2010) considera que, las hormonas vegetales controlan un gran número de sucesos, entre ellos el crecimiento de las plantas, la caída de las hojas, la floración, la formación del fruto y la germinación, interviniendo en varios procesos, y del mismo modo todo proceso está regulado por la acción de varias fitohormonas. En la última década se han desarrollado algunos productos basándose en sustancias naturales para el tratamiento de los cultivos que son activadores de las funciones fisiológicas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes (Freres, 2013).

Las fitohormonas por ser sustancias endógenas bioactivas tienen una gran importancia para los agricultores ya que permiten mejorar su calidad visual (tamaño, compacidad, ramificación y color), su calidad fisiológica (resistencia al estrés, salida del reposo, mejora la post-cosecha) y el desarrollo de nuevos productos menos contaminados (Itamar y García, 2016 citado por Díaz, 2018).

Fitches (2009) citado por Molina (2018) señala que la bioestimulación apunta a entregar pequeñas dosis de compuestos activos para el metabolismo vegetal, de tal manera de ahorrarle a las plantas gastos energéticos innecesarios en momentos de estrés. De esta forma se logra mejorar largo de brotes, cobertura foliar, profundidad de los sistemas radiculares.

La aplicación de bioestimulantes a los cultivos va teniendo cada vez más importancia desde el punto de vista agronómico, porque actúan como estimuladores o reguladores del crecimiento de las plantas y desde el punto de vista económico debido a que se pueden generar altas producciones (Agudelo, 2016.

2.9. CLASES DE FITOHORMONAS

Las principales clases de fitohormonas son las giberelinas, citoquininas, auxinas, etileno, ácido abscísico y jasmonatos, pero son las citoquininas, auxinas y giberelinas las juegan papeles reguladores positivos, mientras que el etileno, el ácido abscísico y los jasmonatos desempeñan papeles inhibidores en la regulación del ciclo celular (Wong *et al*., 2016 citado por Álvarez, 2018).

2.9.1. GIBERALINAS

Calderón (1987) citado por Barboza (2018) menciona que las giberelinas fueron descubiertas por el científico japonés Kuruzawa, el cual investigaba las causas que dan origen a la enfermedad llamada “bakanae”, en el arroz, descubriendo que el organismo patógeno era el hongo *Gibberella fujikuroi*, entre otros efectos, dicha enfermedad determina una exagerada elongación del tallo de las plantas atacadas. En 1935 Yabuta, logró extraer una sustancia que determinaba alargamiento de los tallos, partiendo del cultivo “in vitro” de Gibberella fujikuroi, siendo hasta 1950 cuando se inició la extracción en gran escala de dicha sustancia, hormona a la que se acordó llamar giberelinas (Barboza, 2018).

Las giberalinas determinan una gran elongación celular en los brotes de algunas plantas, especialmente cuando se aplican a ciertos mutantes enanos, provocando gran alargamiento de los tallos, e inducen estímulos a ciertas enzimas, tales como la amilasa, en proceso de germinación de algunas semillas (Calderón, 1987 citado por Barboza, 2018).

2.9.2. CITOQUINAS

Gil (2014) citado por Ayluardo (2018) considera que, la citoquinina es una hormona que actúa en el proceso de: división celular, en el ápice para el crecimiento del brote, en la formación de hojas, en el crecimiento y juventud de hojas, en la prevención de oxidación de membranas, en la producción de tejido vascular, en la brotación de yemas invernantes y de yemas laterales del año, en el fructificación, etc.

Martin *et al.* (2001) define que, las citoquininas son hormonas esenciales para el crecimiento de las plantas; pues además de promover la división y diferenciación celular, las citoquininas también regulan una serie de eventos de desarrollo como: la formación de yemas, la expansión de las hojas, el retraso de la senescencia, la promoción de la germinación de las semillas y la formación de cloroplastos. Las citoquininas inicialmente fueron llamadas quininas, sin embargo, debido al uso anterior del nombre para un grupo de compuestos de la fisiología animal, se adaptó el término citoquinina (Sánchez, 2008 citado por García, 2015).

Carranza *et al.,* (2016) menciona que, las citoquininas regulan un amplio rango de comportamientos en la planta incluyendo la germinación de las semillas. El uso de la citoquinina puede causar efectos negativos pero en algunos casos es apropiado para la inducción de brotes, aunque también actúa en detrimento en las características morfológicas de las plantas (Urrea, *et al*.,2009).

Bidwell (1993) citado por Viveros (2018) menciona, que la citoquinina también llamadas cininas o kininas, que a diferencia de las auxinas y giberelinas, no son tan móviles. Las citoquininas son de origen natural, derivada de purinas o adeninas, grupo en el cual se incluyen: la kinetina, *zeatina* y benzilaminopurina (Cruz *et al.,* 2010 citado por Cevallos *et al.,* 2018).

2.9.3. ZEATINA

Jones *et al.* (2013) menciona que, la *zeatina* es una hormona vegetal que pertenece al grupo de las citoquininas, cuya función principal es estimular la división celular en tejidos no meristemáticos que se sintetiza en los plastidios y es transportada por el xilema. La zeatina se encuentra en el maíz y sus mayores concentraciones se encuentran en embriones y frutas jóvenes en desarrollo, ambos siendo de rápida división celular; la presencia de altos niveles de esta fitohormona puede facilitar su habilidad de actuar como una fuente demandante de nutrientes (Sánchez, 2008 citado por García, 2015).

Weaver (1996) citado por Pliego (2002) indica, que las citoquininas se consideran reguladores de la división celular, y la primera citoquinina cristalina se extrajo de semillas de maíz (*Zea mays L*.) llamada *zeatina*. La *zeatina* es la citoquinina natural más activa que se conoce (Info Agrónomo, 2018 citado por Espitia, 2018).

Pineda *et al.* (2008) hacen referencia que la *zeatina* es considerada como un citoquinina esencial en plantas superiores debido a su naturaleza ubicua y alta actividad. Al evaluar los diferentes reguladores del crecimiento, en varias concentraciones, se observó que la *zeatina* en distintas concentraciones (0,5, 1 y 3 gramos) indujo la brotación de yemas en porcentajes que alcanzaron 7,1, 8,9 y 11,5% respectivamente (Jiménez y Abdelnour, 2018).

2.9.4. AUXINAS

Las auxinas son los que tienen el mayor efecto en cuanto a la división celular y la elongación, así como en un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de la estaca, donde se llega a promover el desarrollo y formación del primordio inicial (Haissig, 1974 citado por Panduro *et al.,* 2018).

2.9.5. ETILENO

Solá (2018) manifiesta que, el etileno es una fitohormona natural de las plantas en forma de gas que induce senescencia y abscisión de hojas y flores,

maduración de los frutos e inhibe el crecimiento de las yemas; lo hace mediante apoptosis en meristemos (La apoptosis, es un término adoptado recientemente en biología, en griego antiguo significa “algo que se desprende y cae”).

2.9.6. ACIDO ABSCISICO

El ácido abscísico o ABA, químicamente es un compuesto terpénico y en plantas es una hormona implicada en la regulación de las respuestas frente a condiciones de estrés interviniendo en el cierre de las estomas, además de estar vinculada en procesos de dormancia y senescencia (Pitarch, 2018).

2.9.7. JOSMANATOS

Ollas *et al.* (2013) citado por Pitarch (2018) señalan que los jasmonatos, son moléculas derivadas de los ácidos grasos a través de la ruta octadecanóica que presentan un papel importante en la señalización de respuestas frente a estrés ambiental. Sin embargo, el papel que desempeña durante la respuesta a estreses abióticos es todavía poco conocido, aunque hay que destacar su biosíntesis de JA depende directamente de la disponibilidad de O_2 (Schaller *et al.,* 2005 citado por Pitarch, 2018).

2.10 ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

La bromatología es la ciencia que se encarga de estudiar íntegramente los alimentos en toda su constitución, tal es así que para realizar un análisis bromatológico se necesita hacer un estudio: químico, físico e higiénico (microorganismos y toxinas), y con ellos determinar el tratamiento y la conservación de los alimentos (Canchila *et al.,* 2009).

García (2015) afirma que a lo largo de los años, se han desarrollado diversas técnicas de análisis, así como equipos más sensibles que han permitido determinar con mayor exactitud la composición química de los alimentos. El uso de estos análisis es para conocer la composición cualitativa y cuantitativa (composición química y calidad), tanto del alimento como de las materias primas;

y así analizar qué es lo que se están consumiendo los animales, y que tan benéfico puede ser para su nutrición (Macías *et al.,* 2015).

Sanon *et al*. (2008) citado por Guaya y de Jesús (2018) quienes manifiestan, que el valor nutritivo de los alimentos está dado por su composición química y por la eficiencia con que los animales extraen sus nutrientes durante la digestión; por esta razón es importante conocer el contenido de nutrientes y el valor nutricional de especies individuales nativas. El método más utilizado para determinar la materia seca es el de la eliminación del agua libre por medio del calor, seguida por la determinación del peso del residuo, siendo necesario someter las muestras a temperaturas que aseguren un secado rápido para eliminar pérdidas por acción enzimática y respiración celular (De la Roza *et al.,* 2011).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en el hato bovino, ubicado en el Campus Politécnico, sitio El Limón, cantón Bolívar, provincia de Manabí; situado geográficamente entre las coordenadas 0º 49" 23" latitud Sur, 80º 11" 01" Longitud Oeste y una altitud de 15 metros sobre el nivel del mar (msnm).

3.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Tabla 3.1. Condiciones climáticas

Precipitación media anual:	777,3 mm
Temperatura media:	26° C
Humedad relativa anual:	82%
Heliofanía anual:	925,2 (horas/sol)
Evaporación anual	1269,6 mm

Fuente: Estación Meteorológica de la ESPAM-MFL, Junio 2019.

3.3. DURACIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo tuvo duración de 4 meses, incluyendo preparación y definición de la metodología a utilizar, hasta el procesamiento de datos y el análisis estadístico respectivo.

3.4. FACTOR EN ESTUDIO

Niveles de *Zeatina.*

3.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados están constituidos por los distintos niveles de *Zeatina*, siendo estos los siguientes:

Tratamiento 0 - 0 g/L de *Zeatina*
Tratamiento 1 - 1 g/L de *Zeatina*
Tratamiento 2 - 2 g/L de *Zeatina*

Tratamiento 3 - 3 g/L de *Zeatina*

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar, incluyendo cuatro tratamientos con nueve repeticiones por tratamiento. El modelo que se utilizó fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij}= es la j-ésima observación dentro del i-esimo tratamiento.

μ = es la media general.

Ti= efecto debido al i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = error experimental asociado a la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

El esquema del análisis de varianza estuvo estructurado de acuerdo a lo indicado en la Cuadro 3.2.

Tabla 3.2. Esquema del ADEVA

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	35
Tratamientos	3
Error	32

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizaron 36 unidades experimentales, donde las bandejas con longitudes de 45 x 32 cm y una profundidad de 3 cm para germinación de 0,700 kilogramos de semillas representan una unidad experimental.

3.8. VARIABLES MEDIDAS

3.8.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Fitohormona zeatina.

3.8.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Parámetros productivos a medir:

Altura de la planta (cm)

Largo de la hoja (cm)

Largo de la raíz (cm)

Biomasa (kg/m^2)

Indicadores de calidad nutritiva:

Materia seca (%)

Proteína cruda (%)

Calcio (%)

Fosforo (%)

Fibra detergente neutra (%)

Cenizas (%)

Indicador Económico

Relación costo/beneficio (USD)

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis estadístico descriptivo, para evaluar la variabilidad de las observaciones, considerando como descriptores las medidas de tendencia central (media y mediana) y dispersión (varianza, desviación estándar y coeficiente de variación).

Previo al análisis de varianza los datos estadísticos fueron evaluados por la Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza a través del software Statistix V.8.0.; mientras que la para normalidad de los errores se determinó a través de la Prueba Shapiro-Wilks con el software InfoStat® (Di Rienzo *et al.,* 2018). Las

comparaciones de medias se realizaron a través de la prueba de la diferencia honesta significativa de Tukey a 95% de confianza. Paralelamente, en aquellos casos donde se obtuvieron diferencias significativas, se procedió a explorar las relaciones causa – efecto entre las variables involucradas a través de ajustes de regresión. Dichos análisis estadísticos se efectuaron con el software InfoStat® (Di Rienzo *et al.,* 2018).

3.10. MANEJO DEL EXPERIMENTO

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

3.10.1. INVERNADERO

Para crear el efecto de invernadero en cada una de las mesas de soporte se las cubrieron con plástico, los cuales fueron colocados desde la parte más alta de la mesa hasta el suelo a manera de toldo. El plástico fue transparente para permitir el paso de la luz solar y de esa forma permitir el proceso fotosintético de la planta.

3.10.2. SOPORTE DE BANDEJAS

Se construyeron cuatro mesas plásticas de soporte para las bandejas, cada una de las mesas poseen tres pisos. Cada uno de los pisos tuvo una separación de 50 centímetros de altura, con 1 metro de ancho y una inclinación de 10 centímetros el cual permitió el drenaje del agua. Se utilizaron 36 bandejas de plásticos con medidas de 45x32 cm y a una profundidad de 3 cm. Cada una de las bandejas tuvo perforaciones a lo largo de su superficie plana, para evitar estancamiento de agua y pudrición de las raíces.

3.10.3. SELECCIÓN DE LA SEMILLA

Se utilizó el F1 de la variedad Trueno para evitar la contaminación por fungicidas u otros agroquímicos; La limpieza es un factor que se tomó en cuenta al

momento de adquirir la semilla, la misma que estuvo libre de restos contaminantes como piedras, paja, tierra y químicos toxicos.

3.10.4. LAVADO DE LA SEMILLA

Las semillas se sumergieron en una tina plástica con capacidad de 40 litros de agua con 10 ml de hipoclorito de sodio al 1% por cada litro de agua durante 5 minutos; el objetivo de este lavado fue eliminar los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH como hongos y bacterias. Después de este período se drenó el agua para realizar un nuevo lavado con agua pura.

3.10.5. PRE GERMINACIÓN.

La pre germinación nos aseguró un crecimiento vigoroso del FVH porque indujo la rápida germinación de la semilla. Después de haber sido tratada, la semilla se trasladó a otra cubeta la cual contenía agua pura y se dejó ahí las semillas durante 24 horas para lograr una completa imbibición; pasada las 24 horas se las retiraron para dejar escurrir nuevamente.

3.10.6. DENSIDAD DE SIEMBRA

Una vez concluido el proceso de pre germinación se realizó la siembra en las bandejas de manera muy cuidadosa para evitar daños al grano. La densidad aplicada fue de 0,700 kg/m^2 de semilla por bandeja. A partir de ese momento, las bandejas fueron cubiertas totalmente con plástico negro para dar inicio a la fase oscura, por un periodo de 2 días.

3.10.7. RIEGO DEL CULTIVO

Al cuarto día se inició el riego por aspersión aplicado con una bomba de mano, realizando 2 riegos durante el día: 08:00, 11:00, y 2 riegos por la tarde: 14:00, 16:00. Se aplicó una cantidad de 1 litro de agua diario hasta el sexto día, y después fue incrementada a 1,5 litros de agua por día hasta terminar el proceso,

siempre teniendo la precaución de no exceder la cantidad de agua para evitar el crecimiento de hongos.

3.10.8. APLICACIÓN DE ZEATINA Y FERTILIZANTE

Al quinto día se realizó la aplicación de la fitohormona en cada una de las bandejas; Se diluyeron por separado todos los tratamientos con zeatina en un litro de agua y fueron entregadas en 4 partes: 8:00 am, 11:00 am, 14:00 pm y 16:00 pm con la bomba de aspersión manual. En el sexto día se aplicó el fertilizante hidropónico (solución nutritiva hidropónica Guanu), utilizando la dosis recomendada por la casa comercial de 5cc por litro de agua en los Macronutrientes y 2 cc en los micronutrientes. Una vez que el FVH alcanzó una altura aproximada entre 20 a 25 cm, estuvo en condiciones de cosecha y listo para darse como alimento a los animales. Este periodo total de crecimiento se obtuvo en el día 14.

3.10.9. PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD

ALTURA DE LA PLANTA (CM): se midió dos veces durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una cinta métrica. La medición se realizó dejando a un lado la raíz de la planta.

LARGO DE LA HOJA (CM): se midió dos veces durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una cinta métrica. Su medición se la realizó a partir del nudo donde nace la hoja hasta el ápice de la hoja más larga.

LARGO DE LAS RAÍCES (CM): se midió dos veces durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una cinta métrica. Se consideró la raíz más larga que poseía la planta para efectuar la medición.

BIOMASA: el rendimiento de forraje verde hidropónico (kg de FVH/m^2) se realizó a los 14 días de establecido el cultivo, se trasladó a una funda sin la bandeja para pesarlo con una balanza digital.

3.11. METODOLOGIA

3.11.1. ANALISIS BROMATOLOGICO

ENVIO DE MUESTRAS

Se tomaron muestras compuestas por 750 gramos de FVH de cada uno de los tratamientos, se colocaron en fundas plásticas impermeables y se rotularon adecuadamente para luego ser trasladas al laboratorio de bromatología de la Universidad técnica de Ambato para determinar materia seca (%), proteína bruta (%), fibra detergente neutra (%), fósforo (%), calcio (%), ceniza (%).

MÉTODOS DE LABORATORIO

El método más utilizado para determinar la materia seca es el de la eliminación del agua libre por medio del calor, seguida por la determinación del peso del residuo, siendo necesario someter las muestras a temperaturas que aseguren un secado rápido para eliminar pérdidas por acción enzimática y respiración celular. La materia seca se la realizó con la técnica de horno microondas. En una balanza con una sensibilidad de 0.1g se colocó un plato y se ajustó a cero mediante la función tara, seguido a esto fueron colocados 100 g del FVH de maíz cortados a un tamaño de 3 cm aproximadamente.

Se introdujo en el horno microondas el plato con la muestra junto a un vaso con agua (para evitar que se queme el FVH) y fueron sometidas a una potencia de 850 watts por 5 minutos. Luego se retiró el plato para pesar la muestra, y se lo volvió a colocar en el horno microondas con un nuevo vaso con agua fresca (para evitar la ebullición) por un tiempo de 3 minutos. Este paso se lo repitió varias veces hasta que se obtuvo un peso estabilizado de la muestra siendo esta el porcentaje de materia seca de la muestra.

El contenido de proteína bruta se evaluó por el método de Kjeldahl, el mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total de una muestra al ser sometida ante ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio. Primeramente se pesó 1 gramo de la muestra y se lo colocó en un matraz Kjeldahl para luego agregar 10 gramos de sulfato de potasio, 0.7 gramos de óxido de mercurio y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado; se calentó el matraz en el digestor kjeldahl hasta el punto de ebullición y ver clara la solución.

Luego se dejó enfriar la solución y a su vez se agregó 90 ml de agua destilada y desionizada, y 25 ml de solución de sulfato de sodio. Se agregó además una perla de ebullición (disminuyen cantidad de burbujas formadas) y 80 ml de hidróxido de sodio al 40%, y se lo ubicó en la unidad de destilación, donde se calentó y colectó 50 ml del destilado. Para finalizar se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Nitrógeno de la muestra (\%)} = \left(\frac{A*B}{C} * 0.014\right) * 100 \qquad [3.1]$$

Donde:

A = Ácido clorhídrico usado en la titulación (ml).

B = Normalidad del ácido estándar.

C = Peso de la muestra (g).

Proteína cruda (%) = Nitrógeno en la muestra * 6.25

Para la obtención de la ceniza se lo realizo por el método de calcinación. Se considera que esta es el contenido de los minerales totales y/o material inorgánico en la muestra. Se procedió a colocar en un crisol de porcelana 5 gramos de la muestra, y se los traslado a una mufla donde se lo calcinó a 550 grados centígrados por 12 horas. Luego se retiró y se dejó enfriar la muestra, para posteriormente ser pesado el contenido. Para obtener el porcentaje de ceniza se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Ceniza (\%)} = \left(\frac{A-B}{C}\right) * 100 \qquad [3.2]$$

Donde:

A = Peso del crisol con muestra (g)
B = Peso del crisol con ceniza (g)
C = Peso de la muestra (g)

Uno de los métodos más utilizados para la determinación del fósforo es el colorimétrico, aunque también pueden utilizar otras técnicas como la espectrofotometría atómica. En este procedimiento, el fósforo, como ácido fosfórico, reacciona con el molibdato de amonio y vanadato de amonio dando como resultado la formación, en un medio ácido, del complejo de amoniofosfomolibdato y vanadio de color amarillo. Este complejo se reduce dando paso a lo que se conoce como azul de molibdeno, encontrándose una alta correlación entre la intensidad del color azul con la concentración de fósforo.

Para el procedimiento de la obtención del calcio presente en la muestra es forzado a formar un precipitado de oxalato de calcio por la adición de una solución saturada de oxalato de amonio a la solución de las cenizas del material evaluado. Este precipitado se lava completamente con hidróxido de amonio para eliminar el exceso de oxalato de amonio. Por la acción del ácido sulfúrico, el oxalato de calcio forma ácido oxálico y sulfato de calcio. El ácido oxálico es determinado utilizando una solución estandarizada de $KMnO_4$.

La fibra neutro detergente (FND), se determinó mediante la aplicación de una solución detergente neutra (SDN), en este contexto, el residuo lo componen la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, así como otros compuestos que se encuentran ligados a la pared celular, entre los que se incluye parte de los compuestos nitrogenados, que en algunos casos son proteínas y algunos minerales, la fracción orgánica es conocida como fibra detergente neutra.

Primero se mezcla 540 g de sulfato sódico de lauril35, 335 g de EDTA disódico, 123 g de borato sódico (Na2B4O7·10H2O) hasta un volumen de 10 litros de agua destilada. Cuando todo se ha disuelto se toma un litro de agua destilada y se disuelve 82g de fosfato sódico dibásico (Na2HPO4) y se mezcla las soluciones. Luego se añade a esta solución 180 ml de éter monoetil etilen glicol y se lleva

hasta un volumen final de 18 litros con agua destilada. El sulfato sódico de lauril se precipita a bajas temperaturas por lo que la solución debe calentarse con agitación hasta que esté todo disuelto y totalmente transparente.

3.12. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el análisis económico se consideraron los costos variables de cada uno de los tratamientos. Para obtener el ingreso bruto, ingreso neto y la relación beneficio costo o índice neto de rentabilidad se realizaron los siguientes cálculos:

$$I.B. = Kg\ FVH * PVP \qquad [3.3]$$

Dónde:

I.B= Ingreso Bruto.

Kg FVH = Peso de producción de forraje obtenido.

PVP= Precio de venta al público.

$$I.N. = I.B. - C \qquad [3.4]$$

Dónde:

I.N= Ingreso Neto.

I.B= Ingreso bruto.

C = Costo de producción.

$$\frac{B}{C} = \frac{I.B.}{C} \qquad [3.5]$$

Dónde:

B/C= Beneficio Costo.

I.B= Ingreso Bruto.

C = Costo de producción.

En la relación beneficio/costo se tiene como regla general que una inversión será rentable si el beneficio es mayor a la unidad (B/C= >1). En caso de ser igual a la unidad será considerada aceptable (B/C=1). Por otro lado, si es menor a la unidad no se la considera rentable (B/C=<1).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES PRODUCTIVAS

El análisis estadístico descriptivo (Tabla 4.1.1) para las variables productivas muestra que la longitud de la hoja alcanzó un promedio de 7,76 ± 0,18 cm a los 6 días después de la siembra (dds), con una mediana de 7,80 cm y un coeficiente de variación de 2,33%; mientras que a los 14 dds el promedio fue de 15,04 ± 0,06 cm, mediana de 15,03 y coeficiente de variación de 0,40%. En ambos casos se observa similitud entre la media y la mediana, por lo cual se presume una distribución normal.

Tabla 4.1. 1. Estadísticos descriptivos de las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Variable	Día	N	Media	Mediana	D.E.	CV
Longitud de Hoja (cm)	6	36	7,76	7,80	0,18	2,33
Altura de planta (cm)	6	36	10,82	10,87	0,16	1,47
Longitud de Raíz (cm)	6	36	4,90	4,94	0,15	3,00
Longitud de Hoja (cm)	14	36	15,04	15,03	0,06	0,40
Altura de planta (cm)	14	36	23,75	24,00	2,09	8,80
Longitud de Raíz (cm)	14	36	10,99	11,00	0,60	5,43
Biomasa (kg/m^2)	14	36	2,11	2,10	0,21	10,03

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

La tabla 4.1.2 muestra los estadísticos descriptivos para la longitud de hojas a los 6 y 14 días en función de las dosis de Zeatina aplicadas. En ambos casos se observa la misma tendencia, con incrementos de la longitud de hojas con el transcurrir del tiempo y con el aumento de las dosis de la fitohormona.

Tabla 4.1. 2. Estadísticos descriptivos de la longitud de hojas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Longitud de hoja (cm) 6 días			Longitud de hoja (cm) 14 días		
	Media	D.E.	CV	Media	D.E.	CV
0 g/L	7,73	0,19	2,5	14,99	0,06	0,39
1 g/L	7,76	0,19	2,39	15,05	0,06	0,41
2 g/L	7,79	0,18	2,34	15,03	0,04	0,3
3 g/L	7,75	0,19	2,42	15,08	0,05	0,3

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

En el caso de la altura de plantas se obtuvieron promedios de 10,82 ± 0,16 cm y 23,75 ± 2,09 cm, medianas de 10,87 cm y 24,00 cm y coeficientes de variación de 1,47% y 8,80% para los 6 y 14 dds, respectivamente. La mayor variabilidad fue obtenida al final del ensayo como consecuencia de la respuesta a los tratamientos aplicados.

La tabla 4.1.3 muestra los estadísticos descriptivos para la altura de plantas de maíz a los 6 y 14 días en función de las dosis de Zeatina aplicadas. Al igual que en el caso anterior, se observó la tendencia a aumentar la altura de plantas en el tiempo y con el aumento de las dosis de la fitohormona.

Tabla 4.1. 3. Estadísticos descriptivos de la altura de plantas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Altura de planta (cm) 6 días			Altura de planta (cm) 14 días		
	Media	D.E.	CV	Media	D.E.	CV
0 g/L	10,73	0,15	1,43	22,33	2,29	10,26
1 g/L	10,84	0,15	1,42	23,44	1,51	6,44
2 g/L	10,81	0,19	1,76	24,22	1,79	7,38
3 g/L	10,92	0,08	0,73	25,00	2,00	8,00

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

Para la longitud de la raíz a los 6 días se obtuvieron promedios de 4,90 ± 0,15 cm, mediana de 4,94 cm y coeficiente de variación de 3,00%, mientras que para los 14 dds los valores fueron de 10,99 ± 0,60 cm, 11,00 cm y 5,43%, respectivamente. Al igual que en la altura de planta, la mayor variabilidad se obtuvo en la evaluación final.

La tabla 4.1.4 muestra los estadísticos descriptivos para la longitud de raíz a los 6 y 14 días en función de las dosis de Zeatina aplicadas y permite distinguir un incremento importante en la longitud al pasar de una edad a otra. Cabe destacar que a los 14 días hay un incremento de la longitud de la raíz cuando se aumenta las dosis de la fitohormona.

Tabla 4.1. 4. Estadísticos descriptivos de longitud de raíz de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Longitud de raíz (cm) 6 días			Longitud de raíz (cm) 14 días		
	Media	D.E.	CV	Media	D.E.	CV
0 g/L	4,79	0,23	4,83	10,64	0,61	5,7
1 g/L	4,95	0,04	0,74	10,88	0,45	4,13
2 g/L	4,94	0,08	1,68	11,03	0,72	6,52
3 g/L	4,91	0,12	2,51	11,39	0,38	3,30

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

En relación a la producción de biomasa, el promedio alcanzó un total de 2,11 kg/m^2, la mediana 2,10 kg/m^2, la desviación estándar 0,21 kg/m^2 y el coeficiente de variación 10,03%. En la tabla 4.1.5 se muestran los estadísticos descriptivos para la producción de biomasa en función de las dosis de Zeatina aplicadas, obteniéndose los mejores rendimientos con la dosis de 2 g/L de la fitohormona.

Tabla 4.1. 5. Estadísticos descriptivos para la producción de biomasa de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Biomasa (kg/m^2)		
	Media	D.E.	CV
0 g/L	1,87	0,17	8,98
1 g/L	2,17	0,15	6,83
2 g/L	2,22	0,16	7,13
3 g/L	2,19	0,17	7,93

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

El análisis de varianza para las variables productivas evaluadas a los 6 dds (Anexo 5) no determinó diferencias significativas para las longitudes de hojas y raíces, ni para la altura de planta, probablemente como una consecuencia del escaso tiempo para responder a las diferentes dosis de Zeatina aplicadas. Cabe destacar que estas variables presentaron una distribución normal y cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas requerido para el ADEVA, al resultar no significativa la prueba de Bartlett, a excepción de la longitud de raíz.
Para las variables productivas evaluadas al final del ensayo (14 dds) se obtuvieron diferencias significativas par para todas las variables productivas

evaluadas, por lo cual se procedió a la aplicación de la prueba de promedio de Tukey al 5% de probabilidad y al establecimiento de relaciones funcionales entre las dosis de Zeatina y las variables respuesta a través de análisis de regresión.

La Figura 4.1.1 muestra las variaciones de la altura de planta y longitudes de hojas y raíces de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina. Para las tres variables se obtuvo una relación lineal directa, es decir, incrementos en la magnitud de la variable a medida que se incrementó la dosis de Zeatina.

En el caso de la altura de planta, la ecuación ajustada fue: Y = 0,8779X + 22,433, con un ajuste superior al 99% (Figura 4.1.1. A). La comparación de promedios (Tabla 4.1.6) indicó que la dosis de 3 g/L de Zeatina resultó superior al tratamiento donde no se realizó aplicación de la hormona, mientras que el resto de las dosis presentaron comportamientos intermedios entre las dos mencionadas y estadísticamente similares entre sí.

Tabla 4.1.6. Comparaciones de promedio para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a los 14 días después de siembra.

	Altura de planta (cm)		Longitud de hoja (cm)		Longitud de raíz (cm)		Biomasa (Kg/m^2)	
Dosis Zeatina	Promedio	Ámbito	Promedio	Ámbito	Promedio	Ámbito	Promedio	Ámbito
0 g/L	22,333	B	14,991	B	10,644	B	1,867	B
1 g/L	23,444	AB	15,028	AB	10,878	AB	2,167	A
2 g/L	24,222	AB	15,053	AB	11,033	AB	2,217	A
3 g/L	25,000	A	15,079	A	11,389	A	2,194	A
Probabilidad	0,0376		0,0097		0,04522		0,0002	

[A,B] Medias seguidas de la misma letra a nivel vertical no difieren estadísticamente entre sí (Tukey p ≤ 0,05).

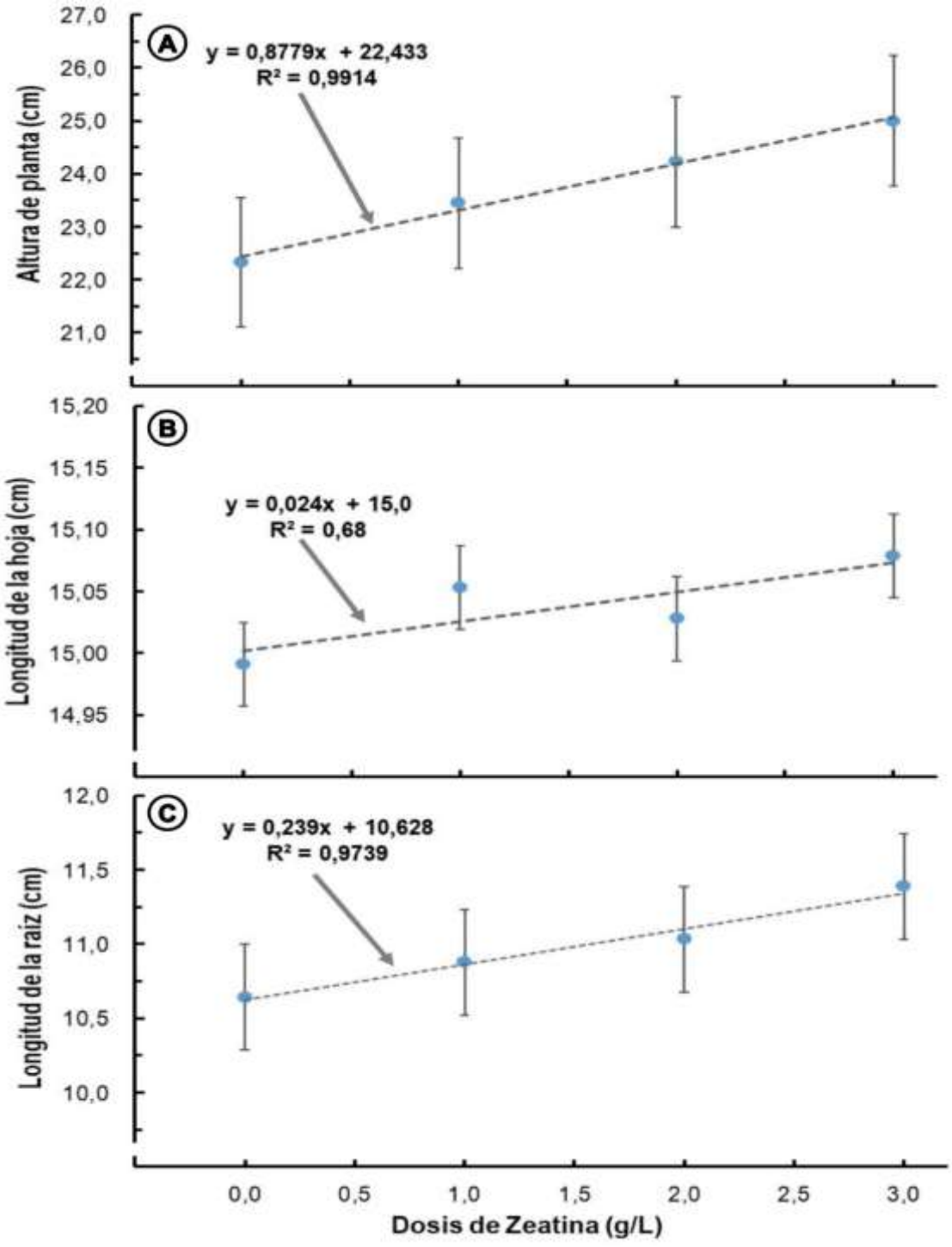

Figura 4.1. 1. Variaciones de la altura de planta (A), longitud de hoja (B) y longitud de raíz de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a los 14 días después de siembra [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)].

La altura representa una variable determinante el diseño de la infraestructura de producción de FVH, ya que permite determinar la separación de los niveles dentro del módulo de producción. Los valores obtenidos en el ensayo fueron

ligeramente inferiores a los reportados por Víquez y Bravo (2017) en la evaluación de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz, quienes reportaron rangos de 26,38 a 28,13 cm, sin efecto de los tratamientos de nutrición.

Resultados similares han sido reportados por Acosta *et al*. (2016) y Maldonado *et al.* (2013), quienes lograron alturas de FVH de maíz entre 23 y 25,9 cm a los 12 días. Sin embargo, FAO (2001), Rodríguez *et al.* (2012) y Vargas (2008), reportaron alturas inferiores 22 cm a los 12 días de cosecha. Por su parte, Machaca (2018), obtuvo un promedio de 26,9 cm de altura con la aplicación de Biol bovino.

Silva (2017) encontró que el uso de fitohormonas en la producción de FVH de maíz generó rangos de altura de planta entre 5,67 y 12,80 con el uso de Raizal®, Cytokin® y Newgibb®, los cuales están muy por debajo de los obtenidos en esta investigación.

Para la longitud de hojas se ajustó la ecuación Y = 0,024 X + 15,0, con un ajuste de 68% (Figura 4.1.1. B). En la Tabla 4.1.4 se observa que la dosis de 3 g/L de Zeatina fue estadísticamente superior a la dosis de 0 g/L de Zeatina, que a su vez fue similar a las dosis de 1 y 2 g/L de Zeatina.

En el caso de la longitud de raíces la ecuación ajustada fue: Y = 0,239X + 10,628, con un ajuste de 97,4% (Figura 4.1.1. C). Al igual que en los casos anteriores, la dosis de 3 g/L de Zeatina fue estadísticamente superior a la dosis de 0 g/L de Zeatina, mientras que las dosis de 1 y 2 g/L de Zeatina presentó un comportamiento estadístico similar a las dosis de 0 y 4 g/L (Tabla 4.1.4).

Estudios de Cortes *et al.* (2019) y de Pal (2019) mencionan que las citoquininas, dentro de las que se incluye la Zeatina, inducen una alta proliferación y división celular, con lo cual se promueve la iniciación y elongación de raíces y se estimula la generación de brotes axilares a nivel vegetal. Por su parte, Nelissen *et al.* (2012) demostraron que el aumento de las giberelinas bioactivas incrementó el

tamaño de la zona de división, y señalan que otras hormonas de crecimiento como la citoquinina, la auxina y los brasinoesteroides también son importantes para determinar el tamaño de la zona de división.

Diversos estudios confirman que las citoquininas estimulan la formación de brotes, producen brotes laterales, expanden las hojas y sintetizan clorofila (Werner *et al.,* 2001; Gajdošová *et al.,* 2011). Por otro lado, retrasan el envejecimiento de las hojas al recoger clorofila, convertir etioplastos en cloroplastos y recoger radicales libres, lo cual resulta eficaz en respuesta a las condiciones ambientales de la planta (Ashraf *et al.,* 2008; Grossman y Leshem, 1978).

Similarmente, se ha demostrado que el ácido abscísico y la Zeatina desempeñan papeles clave en la regulación de la apertura del estoma (Dodd 2003; Else *et al.* 2009; Sarwat y Tuteja 2017), con lo cual contribuyen al uso más eficiente del agua por las plantas.

La producción de biomasa presentó un ajuste cuadrático positivo, explicado a través de la ecuación $Y = -0{,}0807X^2 + 0{,}3454X + 1{,}8758$, con un ajuste de 98% (Figura 4.1.2). La comparación de promedios (Tabla 4.1.4) indicó que las dosis de 1, 2 y 3 g/L de Zeatina resultaron estadísticamente similares entre sí y superiores al tratamiento donde no se realizó aplicación de la hormona. De acuerdo a la ecuación ajustada, la dosis óptima de Zeatina fue de 2,137 g/L de Zeatina, generando un rendimiento máximo de 2,245 kg/m^2 de biomasa.

Los rendimientos obtenidos con la aplicación de Zeatina concuerdan con los reportados por Gómez (2008) y por Muñoz *et al.* (2008), quienes indicaron rangos se entre 1,8 - 2,3 $kg.m^{-2}$ de biomasa para FVH de maíz, sometido a diferentes tipos y dosis de soluciones nutritivas. Sin embargo, los trabajos de Silva con el uso de fitohormonas no arrojaron diferencias estadísticas con respecto al testigo sin aplicación.

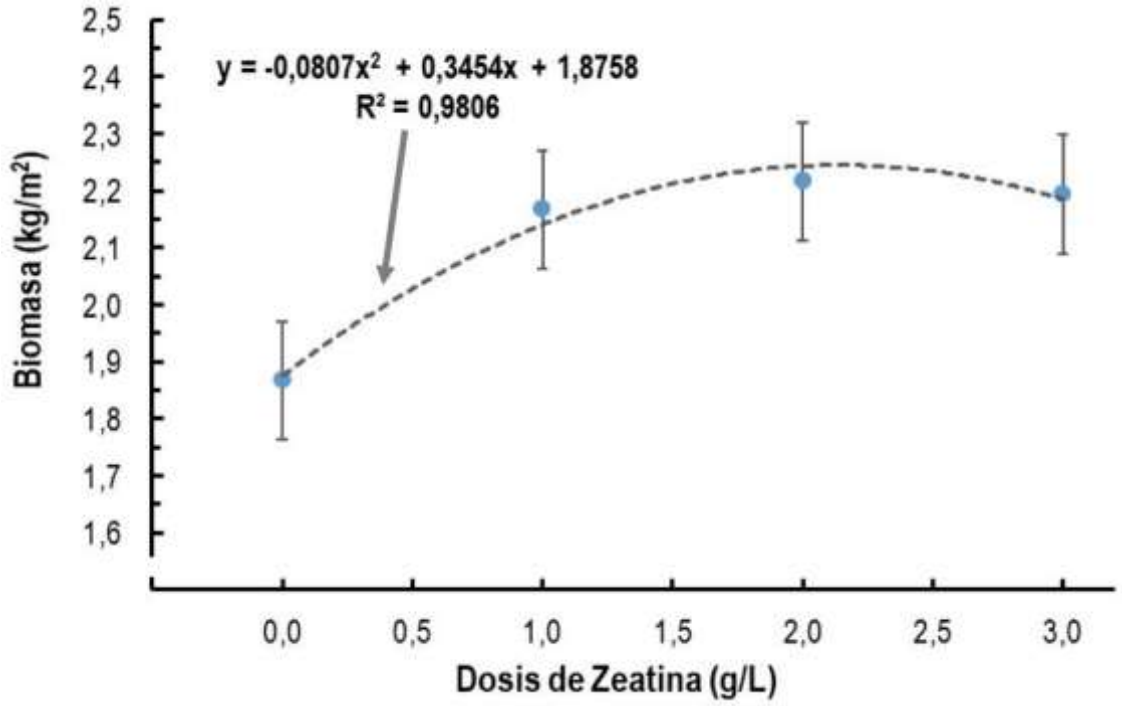

Figura 4.1. 2. Variaciones de la producción de biomasa de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina a los 14 días después de siembra [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)].

Contrariamente, Víquez y Bravo (2017) y Rivera *et al.* (2010) obtuvieron rendimientos de biomasa de FVH de maíz inferior al presente ensayo, con promedios de producción de 1,32 $kg.m^{-2}$ y 1,7 $kg.m^{-2}$, respectivamente. Cabe destacar que en estas investigaciones no se encontró respuesta a la aplicación de soluciones nutritivas.

Ensayos de campo han demostrado que la Zeatina promueve el incremento del peso del grano de maíz al inducir la división celular del grano, aumentar el crecimiento del endospermo y expandir el sumidero de materia seca del grano (Thomas y Rainer, 2000: Ren *et al.,* 2019).

4.2. INDICADORES DE CALIDAD NUTRITIVA

El análisis estadístico descriptivo (Tabla 4.2.1) para los indicadores de calidad nutritiva señala que el contenido de proteína cruda y de materia seca alcanzaron promedios de 12,98 ± 0,44% y 14,03 ± 0,49%; medianas de 13,05% y 14,20% y coeficientes de variación de 3,40% y 3,53%, respectivamente.

Tabla 4.2. 1. Estadísticos descriptivos de los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Variable	n	Media	Mediana	D.E.	CV
Proteína Cruda (%)	36	12,98	13,05	0,44	3,40
Materia seca (%)	36	14,03	14,20	0,49	3,53
FDN (%)	36	42,02	42,00	1,16	2,75
Cenizas (%)	36	3,49	3,40	0,28	8,15
Calcio (%)	36	0,23	0,23	0,03	12,39
Fósforo (%)	36	0,38	0,39	0,04	10,24

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

En la tabla 4.2.2 se muestran los estadísticos descriptivos para el contenido de proteína cruda en función de las dosis de Zeatina aplicadas, donde se evidencia que los mejores rendimientos se obtuvieron con la dosis más elevada de la fitohormona.

Tabla 4.2. 2. Estadísticos descriptivos para el contenido de proteína cruda de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Proteína cruda (%)		
	Media	D.E.	CV
0 g/L	12,38	0,39	3,14
1 g/L	13,20	0,22	1,69
2 g/L	13,22	0,25	1,85
3 g/L	13,13	0,21	1,58

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

En el caso de la materia seca, los estadísticos descriptivos se presentan en la tabla 4.2.3, en la cual se muestra que las diferentes dosis de Zeatina produjeron contenidos similares de materia seca, con valores superiores al tratamiento testigo.

Tabla 4.2. 3. Estadísticos descriptivos para el contenido de materia seca de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Materia seca (%)		
	Media	D.E.	CV
0 g/L	13,28	0,14	1,05
1 g/L	14,35	0,28	1,98
2 g/L	14,24	0,26	1,79
3 g/L	14,23	0,24	1,67

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

En cuanto a la fibra detergente neutra, el promedio alcanzó un valor de 42,02 ± 1,16%, la mediana fue de 42,00%, mientras que el coeficiente de variación se ubicó en 2,75%. La tabla 4.2.4 muestra los estadísticos descriptivos para esta variable en función de las dosis de Zeatina, y muestra que los mayores valores correspondieron a aquellos tratamientos donde se realizó la aplicación de la fitohormona.

Tabla 4.2. 4. Estadísticos descriptivos para el contenido fibra detergente neutra de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Fibra Detergente Neutra (%)		
	Media	D.E.	CV
0 g/L	41,25	0,81	1,96
1 g/L	42,59	1,13	2,65
2 g/L	42,09	1,14	2,71
3 g/L	42,14	1,26	2,96

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

En relación al contenido de cenizas, el promedio general fue de 3,49 ± 0,28%, la mediana alcanzó 3,40% y el coeficiente de variación fue de 8,15% (Tabla 4.2.1). Los estadísticos descriptivos de acuerdo a las diferentes dosis de la fitohormona aplicada son mostrados en la Tabla 4.2.5, donde se evidencia un incremento del contenido de cenizas en la medida que se incrementaron las dosis de Zeatina, generando también una mayor variabilidad que se reflejó en incrementos del coeficiente de variación.

Tabla 4.2. 5. Estadísticos descriptivos para el contenido de cenizas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Cenizas (%)		
	Media	D.E.	CV
0 g/L	3,27	0,13	3,98
1 g/L	3,35	0,11	3,25
2 g/L	3,58	0,23	6,43
3 g/L	3,78	0,30	8,03

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

Por su parte, el calcio y el fósforo obtuvieron promedios de 0,23 ± 0,03% y 0,38 ± 0,04% y los coeficientes de variación se ubicaron en 12,39% y 10,24%, siendo las variables que presentaron la mayor variabilidad (Tabla 4.2.1). La tabla 4.2.6 muestra los estadísticos descriptivos para el contenido de calcio en función de las dosis de Zeatina, y refleja que los mayores niveles de este nutrimento se obtuvieron en los tratamientos con la aplicación de la fitohormona.

Tabla 4.2. 6. Estadísticos descriptivos para el contenido de calcio de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis Zeatina	Calcio (%)		
	Media	D.E.	CV
0 g/L	0,201	0,019	9,449
1 g/L	0,237	0,022	9,448
2 g/L	0,239	0,028	11,922
3 g/L	0.243	0,024	10,066

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

Los estadísticos descriptivos del contenido de fósforo en el FVH de maíz (Tabla 4.2.7) presentaron resultados similares a los del contenido de calcio, ya que los mayores valores de fósforo se obtuvieron en los tratamientos con la aplicación de Zeatina.

Tabla 4.2. 7. Estadísticos descriptivos para el contenido de fósforo de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

	Fósforo (%)		
Dosis Zeatina	Media	D.E.	CV

0 g/L	0,317	0,020	6,316
1 g/L	0,400	0,014	3,536
2 g/L	0,397	0,015	3,782
3 g/L	0,394	0,015	3,826

D.E.: Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación

En la Tabla 4.2.8 se muestra el resumen del ADEVA para los indicadores de calidad nutritiva, donde se evidencian diferencias significativas para todas las variables evaluadas, a excepción de la fibra detergente neutra. La Tabla 4.2.9 reporta el resumen de la prueba de promedio de Tukey al 5% de probabilidad para aquellas variables que resultaron significativas. En tales casos, se procedió al análisis de relaciones funcionales entre las dosis de Zeatina y los indicadores de calidad nutritiva a través de análisis de regresión.

Tabla 4.2.8. Comparaciones de promedio para los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Dosis de Zeatina	Materia seca (%)		Proteína cruda (%)		Cenizas (%)		Calcio (%)		Fósforo (%)	
0 g/L	13,278	B	12,383	B	3,267	C	0,201	B	0,317	B
1 g/L	14,350	A	13,200	A	3,350	BC	0,237	A	0,400	A
2 g/L	14,244	A	13,222	A	3,583	AB	0,239	A	0,397	A
3 g/L	14,233	A	13,133	A	3,778	A	0,243	A	0,394	A
Probabilidad	<0,0001		<0,0001		<0,0001		0,0023		<0,0001	

[A,B,C] Medias seguidas de la misma letra a nivel vertical no difieren estadísticamente entre sí (Tukey p ≤ 0,05).

La Figura 4.2.1 muestra las variaciones de la producción de materia seca y proteína cruda de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina, donde se evidencia que ambas variables presentaron un ajuste cuadrático positivo. En el caso de la producción de materia seca (Figura 4.2.1 A) la ecuación ajustada fue $Y = -0,2708X^2 + 1,0882X + 13,342$, la cual explicó el 89,3% de la variabilidad.

La comparación de promedios (Tabla 4.2.3) indicó que las dosis de 1, 2 y 3 g/L de Zeatina resultaron estadísticamente similares entre sí y superiores al tratamiento donde no se realizó aplicación de la hormona. De acuerdo a la ecuación ajustada, la dosis óptima de Zeatina fue de 2,009 g/L de Zeatina, la cual produce un rendimiento máximo de 14,435% de materia seca.

La materia seca y el contenido de proteína cruda del forraje son los mejores indicadores de la calidad de un forraje, ya que regulan la digestibilidad y por lo tanto la producción de rumiantes (Mejía, 2002). Herrera *et al.* (2010) reportaron un incremento de la MS del FVH de maíz al aumentar los días a cosecha de FVH, mientras que Teixeira *et al.* (2009) afirma que con el incremento de la madurez de la planta se obtiene un aumento en el porcentaje de MS.

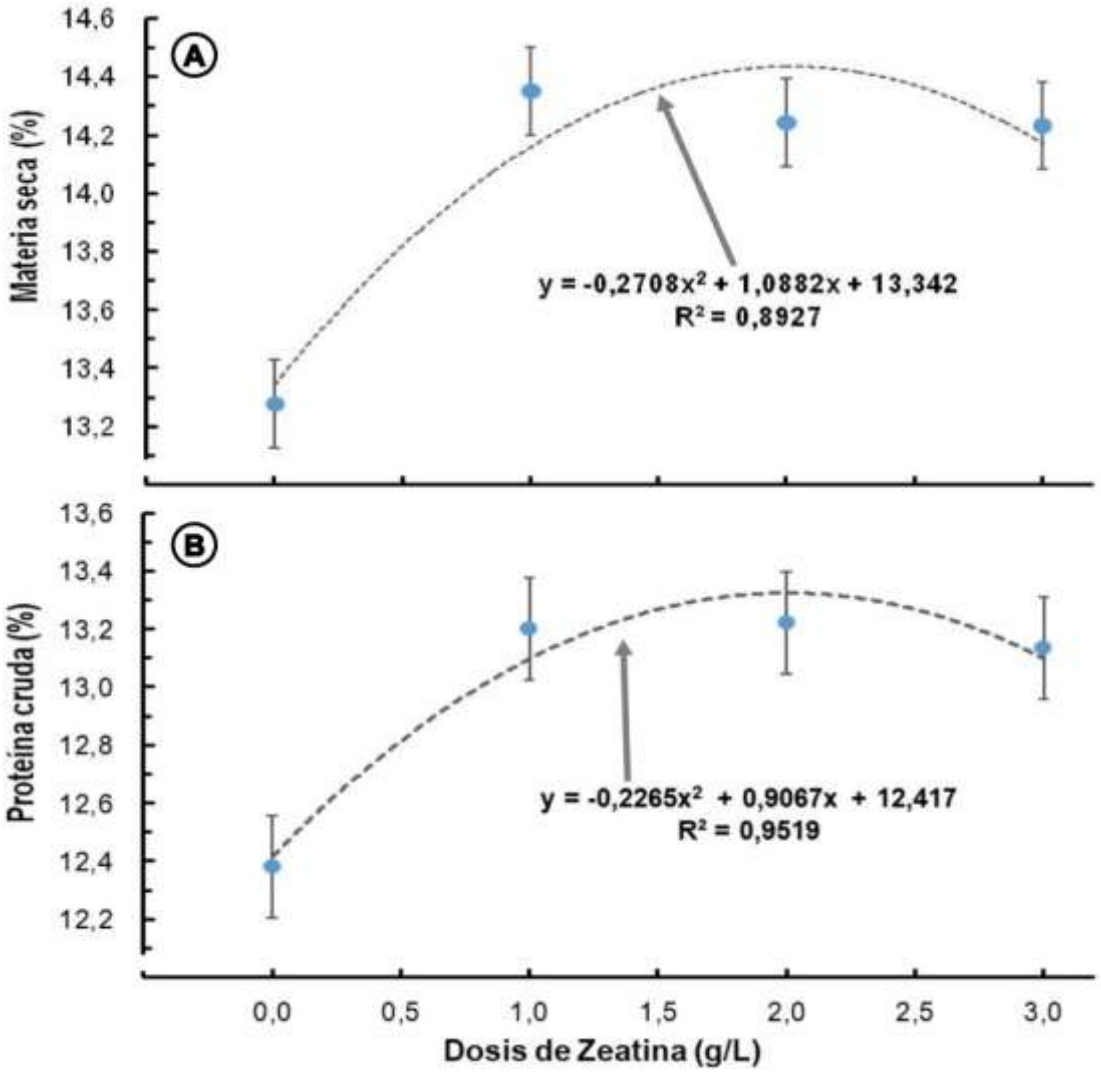

Figura 4.2. 1. Variaciones de la producción de materia seca (A) y proteína cruda (B) de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)].

Como se mencionó anteriormente, la materia seca varió entre 13,28 y 14,35%, lo cual concuerda con lo mencionado por Espinoza *et al.* (2004) quienes obtuvieron un 14,43% MS; también concuerda con Rodríguez (2000) quien menciona que dependiendo de la especie forrajera es posible obtener materiales

que varían entre 12 y 18% MS; mientras que *López* y Zavala (2014) indican que es posible obtener valores de MS entre 12-20% en sistemas hidropónicos. Sin embargo, existen reportes de varios investigadores que obtuvieron contenidos de materia seca superiores al 20% (FAO 2001, Elizondo 2005, Müller *et al.* 2005, Vargas-Rodríguez, 2008).

Un comportamiento similar se obtuvo para la concentración de proteína cruda, ya que la comparación de promedios (Tabla 4.2.3) indicó que las dosis de Zeatina resultaron estadísticamente similares entre sí y superiores al tratamiento con ausencia de la hormona. La ecuación ajustada correspondió a $Y = -0,2265X^2 + 0,9067X + 12,417$, la cual explicó el 95,2% de la variabilidad (Figura 4.2.1 B). En este caso, la dosis óptima de Zeatina fue de 2,002 g/L, la cual produce una concentración máxima de 13,324% de proteína cruda.

El contenido mínimo de proteína cruda que debe tener un pasto para garantizar su digestibilidad debe ser de 7%, con lo cual se garantiza la fermentación de los carbohidratos estructurales a nivel de rumen (van Soest, 1994). Bajo las condiciones de esta investigación se obtuvo un rango entre 12,38 y 13,22%. Estos resultados están ligeramente por debajo de lo reportado por Silva (2017) quien reportó variaciones entre 13,11 y 14,13% con la aplicación de fitohormonas.

Los contenidos de proteína obtenidos en este trabajo fueron similares a los reportados por Salas *et al.* (2012) con 12,3% quienes cosecharon biomasa hidropónica de maíz a los 12 días, pero difieren significativamente de lo reportado por Espinoza *et al.* (2004) con un contenido de 19,44% de PC a la edad de 12 días. Müller *et al.* (2005) encontraron reducciones en el contenido de proteína cruda con la madurez del cultivo, pasando de 17,4% a 13,4% en FVH de maíz con edades de 12 y 14 días, respectivamente; mientras que Balerio *et al.* (2000) obtuvieron valores de 11,7% a los 16 días.

En relación al contenido de cenizas, se obtuvo un rango de variación entre 3,267 y 3,778, los cuales fueron superiores a lo reportados por Vargas (2008) quien

indicó un promedio de 2,41% para el FVH de maíz. La evaluación de fitohormonas en FVH de maíz (Silva, 2017) generó variaciones entre 1,64 y 1,81%, lo cual demuestra la eficiencia de la Zeatina en el mejoramiento de esta variable.

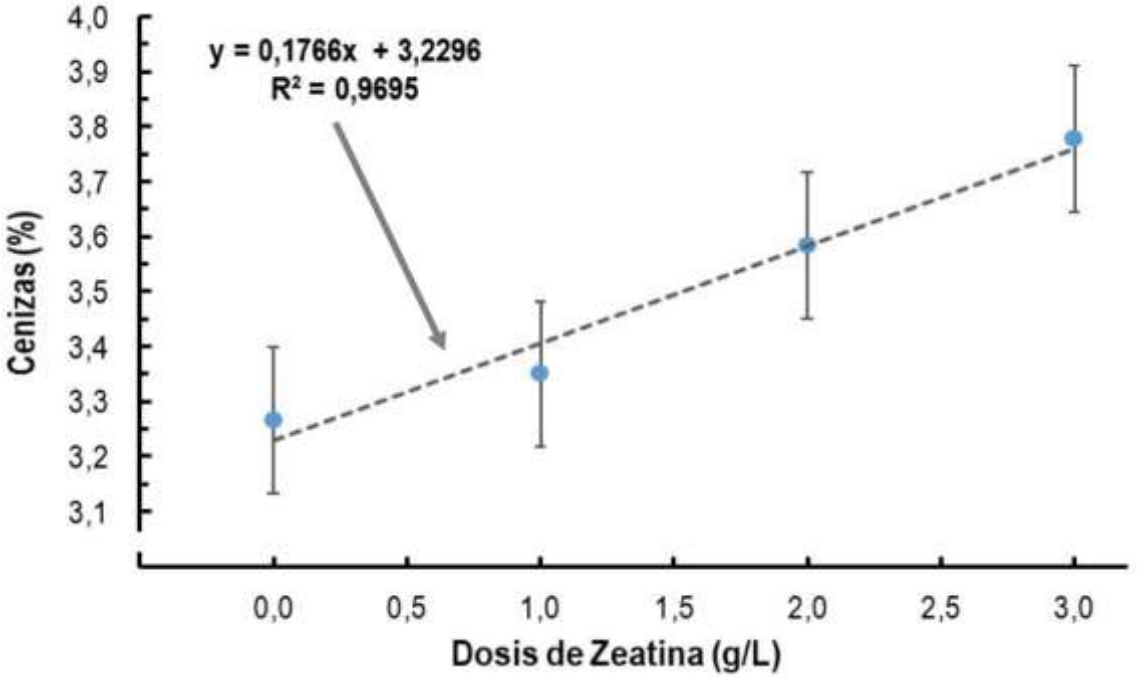

Figura 4.2. 2. Variaciones de la producción de cenizas de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)].

La Figura 4.2.3 muestra las variaciones de las concentraciones de calcio y fósforo de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina, obteniéndose un ajuste cuadrático positivo para ambas variables. Para la concentración de calcio (Figura 4.2.3 A) la ecuación que la describe correspondió a $Y = -0,008X^2 + 0,0368X + 0,2028$, la cual explicó el 94,3% de la variabilidad.

La comparación de promedios (Tabla 4.2.3) determinó que las dosis de 1, 2 y 3 g/L de Zeatina resultaron estadísticamente similares entre sí y superiores al tratamiento con ausencia de la hormona. Para esta variable, la dosis óptima de Zeatina alcanzó el valor de 2,30 g/L de Zeatina, la cual genera una concentración máxima de 0,245% de calcio.

En relación a la concentración foliar de fósforo, la comparación de promedios (Tabla 4.2.3) también indicó que las dosis de Zeatina resultaron estadísticamente

similares entre sí y superiores al tratamiento con ausencia de la hormona. La ecuación de regresión correspondió a $Y = -0{,}0215X^2 + 0{,}0873X + 0{,}3213$, la cual obtuvo un ajuste de 92,3% (Figura 4.2.3 B), generando como dosis óptima de Zeatina el nivel de 2,03 g/L, la cual produce una concentración máxima de 0,410% de fósforo.

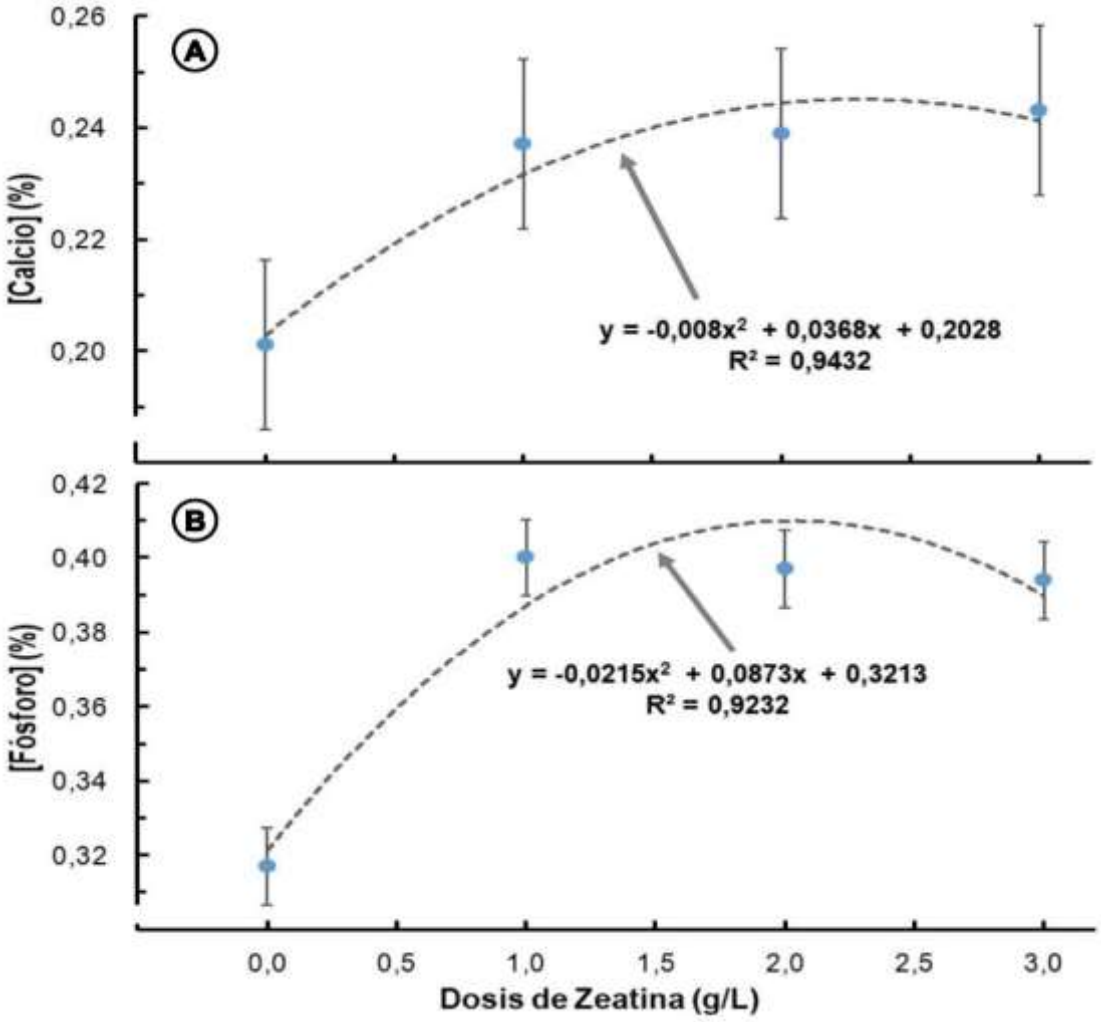

Figura 4.2. 3. Variaciones de la concentración de calcio (A) y fósforo (B) de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina [Barras de error representan el valor crítico de la prueba de Tukey (p=0,05)].

Las concentraciones de calcio y fósforo se ubican dentro de los rangos de suficiencia para el cultivo, según los criterios desarrollados por García (2005). Por su parte, Pedrol *et al.* (2015) señalan que las diferencias nutricionales de forraje verde derivadas del manejo en los sistemas de producción no tuvieron consecuencias significativas en el valor nutritivo del forraje obtenido.

4.3. INDICADOR ECONÓMICO

4.3.1 COSTOS DE PRODUCCION TOTAL

El costo de producción se define como la suma de los costos fijos y los costos variables correspondientes a un proceso productivo (Perrín *et al.,* 1982 citado por Machaca, 2018).

Para la obtención de los costos de producción se tomaron en cuenta todos los gastos necesarios para la instalación del forraje verde hidropónico de maíz, sin contar el terreno.

Tabla 4.3.1. Inventario de insumos utilizados en el proceso.

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNIDAD USD	COSTO TOTAL USD
TUBOS PVC	24	2.50	60.00
CODOS UNIONES	80	1.00	80.00
PLASTICO Mt	25	1.30	32.50
BANDEJAS	36	3.50	126.00
BOMBA DE RIEGO	4	3.00	12.00
SEMILLAS kg	26	0.50	13.00
BALDES	4	3.00	12.00
HIPOCLORITO Lt	1	1.25	1.25
PEGAMENTO	2	3.00	6.00
BALANZA GRAMERA	1	15.00	15.00
BALANZA MULTIUNIDADES	1	10.00	10.00
KIT FERTILIZANTE	1	10.00	10.00
CINTA METRICA	1	1.00	1.00
HIDROMETRO	1	10.00	10.00
TAMIZ	1	2.00	2.00
JERINGAS	4	0.25	1.00
MANO DE OBRA	1	14.00	14.00
FITOHORMONA	1	40.00	40.00
TOTAL USD		121.3	445.75

4.3.2. COSTOS DE INSUMOS VARIABLES

En el cuadro 4.3.2 se observa el costo total de los insumos variables de cada uno de los tratamientos, mostrando que la mayor inversión se realizó en el tratamiento 3 (USD 31.03), seguido por el tratamiento 2 (27.03) y tratamiento 1 (USD23.03). El menor costo de inversión corresponde al testigo (USD19.03).

Tabla 4.3.2. Costos Insumos variables.

TRATAMIENTO	T0		T1		T2		T3	
INSUMOS VARIABLES	**CANTIDAD**	**PRECIO USD**	**CANTIDAD**	**PRECIO USD**	**CANTIDAD**	**PRECIO USD**	**CANTIDAD**	**PRECIO USD**
SEMILLAS	6,3 kg	3,15000	6,3 Kg	3,1500	6,3 kg	3,1500	6,3 kg	3,1500
HIPOCLORITO	10 ml	0,12000	10 ml	0,1200	10 ml	0,1200	10 ml	0,1200
AGUA	14 lt	0,01400	14 lt	0,0140	14 lt	0,0140	14 lt	0,0140
FERTILIZANTE	35 ml	1,75000	35 ml	1,7500	35 ml	1,7500	35 ml	1,7500
MANO DE OBRA	14 días	14,00000	14 días	14,0000	14 días	14,0000	14 días	14,0000
FITOHORMON	0 g	0,00000	1 g	4,0000	2 g	8,0000	3 g	12,0000
TOTAL		19,0340		23,0340		27,0340		31,0340

4.3.2 INGRESO BRUTO

Para la determinación del costo de cada kilogramo de FVH de maíz se realizó mediante regla de tres, entre el peso total en kilogramos por tratamiento y el costo de producción total de los insumos variables, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.3.3. Costo de producción por Kg.

TRATAMIENTOS	Kg FVH TOTAL	COSTO DE PRODUCCIÓN TOTAL	COSTO POR Kg
T0	16.83	19.034	1.13
T1	19.53	23.034	1.18
T2	19.98	27.034	1.35
T3	19.71	31.034	1.57

Para que la producción de FVH de maíz sea rentable se sumó el costo de los kilogramos del forraje más USD 0.15 a cada kilogramo vendido.

Tabla 4.3.4. Ingreso bruto de los tratamientos.

TRATAMIENTO	Kg FVH TOTAL	PVP. Kg USD	INGRESO BRUTO
T0	16.83	1.28	21.54
T1	19.53	1.33	25.97
T2	19.98	1.50	29.97
T3	19.71	1.72	33.90

4.3.3. INGRESO NETO

De acuerdo con el cuadro 4.3.5 podemos observar que los mayores ingresos netos se dieron con el tratamiento 1 y el tratamiento 2 (USD2.94), seguido por el tratamiento 3 (USD 2.87), y como último valor está el testigo (USD 2.51).

Tabla 4.3.5. Ingreso neto de los tratamientos.

TRATAMIENTO	COSTO DE PRODUCCION	INGRESO BRUTO	INGRESO NETO
T0	19.034	21.54	2.51
T1	23.034	25.97	2.94
T2	27.034	29.97	2.94
T3	31.034	33.90	2.87

4.3.1. RELACIÓN BENEFICIO COSTO

En la tabla 4.3.6 se puede observar que los tratamientos que ofrece el mayor beneficio costo son el tratamiento 0 y el tratamiento 1 con un valor de 1.13. Por otro lado, el menor beneficio costo obtenido es del tratamiento 3 con un valor de 1.09.

Tabla 4.3.6. Relación Beneficio/Costo de los tratamientos.

TRATAMIENTO	COSTO DE PRODUCCIÓN	INGRESO BRUTO	BENEFICIO/COSTO
T0	19.034	21.54	1.13
T1	23.034	25.97	1.13
T2	27.034	29.97	1.11
T3	31.034	33.90	1.09

En la comparación del FVH de maíz frente a un alimento balanceado para bovinos se pudo observar lo siguiente:

Tabla 4.3.7. Comparativa entre FVH de maíz y un alimento balanceado.

ALIMENTO	COSTO USD/Kg	MATERIA SECA %	PROTEINA%
BALANCEADO	0.65	90	18
T0	1.13	13.28	12.38

T1	1.18	14.34	13.20
T2	1.35	14.24	13.22
T3	1.57	14.23	13.13

El porcentaje de materia seca en un alimento balanceado se presenta en niveles superiores a cada uno de los tratamientos expuestos, de igual manera el porcentaje de proteína más alto corresponde al alimento balanceado.

Por lo tanto desde el punto de vista económico, es más conveniente la adquisición del alimento balanceado por su contenido de materia seca, porcentajes de proteína y facilidad de entrega al bovino.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

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

La altura de la planta y la longitud de hojas y raíces de FVH de maíz mostraron una relación lineal directa con las dosis de Zeatina, a través de incrementos significativos a medida que se incrementó la dosis; mientras que la producción de biomasa mostró una relación cuadrática positiva, con dosis óptima de 2,137 g/L de Zeatina y rendimiento máximo de 2,245 kg/m^2.

En el análisis bromatológico, el contenido de cenizas y de fibra detergente neutra mostraron una respuesta lineal directa al incremento de las dosis de Zeatina, determinándose que la dosis de 3 g/L resultó estadísticamente superior al tratamiento donde no se realizó aplicación de la hormona. Los contenidos de materia seca, proteína cruda, calcio y fósforo mostraron tendencias cuadráticas positivas, obteniendo los valores máximos para cada variable con dosis entre 2,0 y 2,3 g/L de Zeatina.

En el indicador económico nos muestra que aplicar la fitohormona zeatina es un gasto innecesario; ya que encarece los costos de producción y sus niveles de materia seca al igual que los de proteína bruta pueden ser fácilmente reemplazados y aumentados con el uso de alimento balanceado en los bovinos.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se realizan las siguientes recomendaciones:

Analizar el propósito alimenticio del FVH y la fitohormona a utilizarse, teniendo en cuenta que no todas actúan de forma similar.

Aplicar la fitohormona zeatina en FVH de maíz en dosis inferiores a 1 gramo debido a su alto costo de inversión.

No utilizar la fitohormona zeatina en el proceso de imbibición, debido a que produce excesivas cantidades de raíces.

Mantener el FVH bajo sombra para evitar las altas temperaturas y mayor número de riegos en las bandejas.

Realizar nuevas investigaciones en el FVH de maíz utilizando combinaciones de fitohormonas en bajas dosis y analizar sus indicadores de calidad.

Disminuir los costos de inversión adquiriendo semilla de bajo valor económico al igual que otros materiales como bandejas y estimulantes de crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, N; Lima, R; Castro, A; Avellaneda, J; Suárez, Y. 2016. Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz. Santa Elena-La Libertad, EC. Centro Agrícola. Vol. 43. Nº 4. p 57-66.

Acosta, L; Rivera, J; Marza, F; Claure, T. 2018. Uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en el valle central de Tarija. La Paz-Bolivia. BO. Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal Boliviana. Vol. 4. Nº 9. p 62.

Agudelo, D. 2016. Evaluación del bioestimulante foliar (Bioagro triple A) en la producción de tomate tipo Chonto (*Lycopersicum sculentum Mill)* en dos ambientes de cultivo. Tesis Ing. Agrónomo. Pamplona COL.UNAD. p 115.

Aguirre, A. 2018. Aplicación de siete dosis de fertilizante foliar en maíz (Zea mays L). Tesis Ing. Agrónoma. Guayaquil EC. UG p 75.

Aguirre, C; Abarca, P; Mora, D; Silva, L; Olguín, J, Olguin, J; Olguin, J. 2014. Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH). Producción de forraje verde hidropónico. (En línea). INIA Ediciones. CH. Consultado, 19 de dic. 2018. Formato PDF.

Álvarez, M. 2018. Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay–Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa. Tesis PHD.UNALM. Lima PE. p 296.

Álvarez, R. 2018. Indicadores bioproductivos y calidad de la canal en pollos camperos alimentados con maíz hidropónico con diferentes porcentajes de inclusión. Tesis Médico Veterinario Zootecnista, Guayaquil, EC. UG p 91.

Arévalo, O. 2018. Porcentaje de Iluminación en Cámara Oscura en Germinado Hidropónico de Maíz (Zea mays) y Sorgo Escobero (Sorghum Vulgare) cosechado a los Quince días. Tesis Ing. zootecnista. UNPRG. Lambayeque PE. p 50.

Ashraf, M; Athar, R; Harris, C; Kwon, R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Advances in agronomy. Vol. 97. p. 45-110.

Ayluardo, J. 2018. Respuesta agronómica del pasto con aplicación de citoquinina en sus yemas. Tesis Ing. Agrónomo. UG. Guayaquil, EC. p 63.

Balerio, G; Ferreira, A; Viana, M; Resende, E; Cruz, C. 2000. Produção de forragen hidropônica de milho con diferentes substratos. Brasil. Anuario 37°. Reunión

Anual de la Sociedad Brasileña de Zootecnia. Viçosa: S BZ, CD ROM. Forragicultura.

Barboza, M. 2018. Efecto de la combinación de diferentes dosis de Citoquininas y Giberelinas sobre el cuajado, retención y crecimiento de frutos en el cultivo de Papaya (Carica papaya L) en Cieneguillo Sur-Sullana, 2016. Tesis Ingeniero agrónomo. Piura PE. p 85.

Basantes, E. 2015. Manejo de cultivos andinos del Ecuador.Primera edición. PhD Marcelo Clavache. Sangolquí EC. Editorial ESPE. p 145.

Birgi, J. 2015. Producción hidropónica de hortalizas de hoja. Instituto nacional de tecnología agropecuaria. Estación experimental Agropecuaria Santa Cruz. Área de producción Agrícola. Santa Cruz, ARG. p 25.

Birgi, J; Bonil, R; Haro, H. 2018a. Producción hidropónica familiar de verduras de hoja bajo cubierta, análisis socioeconómico y financiero. ARG. p 11.

Birgi, J; Gargaglione, V; Utrilla, V. 2018b. El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: Productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (Hordeum vulgare). Revista RIA. Vol.44. . Nº 3. p 316 – 323.

Cabezas, V; Fiallos, M; Jiménez, S; Trujillo, J; Toalombo, P. 2018. La fertilización orgánico-mineral una alternativa en la producción forrajera. Revista Caribeña de Ciencias Sociales (abril 2019). En línea://www.eumed.net/rev/caribe/2018/04/fertilizacion-organico-mineral.html

Cadenillas, J. 2017. Periodo de aplicación de Proteína Hidrolizada líquida para optimizar la Producción y Valor Nutricional de Germinado Hidropónico de Maíz (Zea Mays L.) en Lambayeque. Tesis Ingeniero Zootecnista. UNPRG. Lambayeque PE. p 48.

Canchila, E; Soca, M; Ojeda, F; Machado, R. 2009. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de Brachiaria spp. Vereda Zarzal-Santander del Sur. CO. Revista Pastos y Forrajes. Vol. 32, Nº 4. p 1.

Candia, L. 2015. 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. PE. Revista Salud y Tecnología Veterinaria. Vol. 2. Nº 1. p 62.

Carranza, C; Castellanos, G; Deaza, D; Miranda, D. 2016. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (Passiflora

quadrangularis L.) en condiciones de invernadero. Bogotá CO. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 10. Nº 2. p 284-291.

Castillo, J. 2018. Comportamiento agronómico de once accesiones de maíz amiláceo altiplánico (Zea mays L), bajo condiciones del Distrito de Tiabaya-Arequipa. Tesis Ing. Agrónomo. UNSA. Arequipa, PE. p 93.

Cevallos, G; Chóez, J; Ponce, R. 2018. Influencia de la fitohormona kinetina en el crecimiento de plántulas de Coffea arábiga L. injertadas sobre patrón robusta en vivero. CU. Revista Cubana de Ciencias Forestales. Vol. 6 N° 2. p 145.

Chavarría, A y Castillo, S. 2018. El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, Vol. 4. N° 8. p 1032-1039.

Coloma, R. 2015. Evaluación del comportamiento forrajero de la Brachiaria decumbens (Pasto dalis), con la aplicación de diferentes niveles de micorrizas y una base estándar de abono orgánico. Tesis Ingeniero Zootecnista, Espoch. Riobamba. EC. p. 88.

Cortes, A; Godoy, J; Cortés, A. y Mora, S. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. NOVA. Vol. 17. N° 32. p109-129.

Cuellar, E; Fresneda, C; Rivero, C; Thompson, M; Sánchez, G; González, Y. 2015. Plan de manejo sostenible de tierra para la producción de leche en la UBPC Aguadita, Cienfuegos, Cuba. Revista Pastos y Forrajes. Vol.38. N° 4. p 448-456.

De La Roza, B; Fernández, A; Gutiérrez, A. 2011. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. Pastos, vol.32. Nº 1. p 91-104.

Díaz, A. 2018. Evaluación de la actividad fitorreguladora de auxinas obtenidas a partir de un extracto de tallos de fréjol común (*Phaseolus vulgaris L*.) en cultivos de plantas in vitro. Tesis. Ing. Bioquímica. UTA. Ambato, EC. p 67.

Dodd, I. 2003. Hormonal interactions and stomatal responses. Journal Plant Growth Regulation. Vol. 22. Nº 1. p 32-46.

Elizondo, J. 2005. Forraje verde hidropónico. Una alternativa para la alimentación animal. Revista ECAG. Vol. 32 p 36-39.

Else, A; Janowiak, F; Atkinson, J; Jackson, B. 2009. Root signals and stomatal closure in relation to photosynthesis, chlorophyll a fluorescence and adventitious rooting of flooded tomato plants.UK. Annals of Botany. Vol. 103. Nº 2. p. 313–323

Espinoza, F; Argeti, P; Urdaneta, G; Areque, C; Fuentes, A; Palma, J; Bello, C. 2004. Uso del forraje del maíz (Zea mays) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. Venezuela. Revista Zootecnia Tropical. Vol. 22. Nº 4. p 303-315.

Espitia, P. 2018. Respuesta a la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas de bajo vigor, desarrollo y establecimiento de plantas de chile ancho y chile serrano (*Capsicum annuum* L). Tesis Master en Tecnología de Granos y Semillas. UAAAN. Saltillo. CO. p 104.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico. (En línea). CL. Consultado, 21 de dic. 2018. Formato PDF. Disponible en http://www.fao.org/

Freres, V. 2013. Efectos de la fertilización orgánica, edáfica y foliar sobre la agronomía y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays, L.)* en la zona de Boliche Provincia del Guayas. Tesis Ing. Agrónomo. UG. Milagro, EC. p 97.

Gajdošová, S., Spíchal, L., Kamínek, M., Hoyerová, K., Novák, O., Dobrev, P. & Hanuš, J. 2011. Distribution, biological activities, metabolism, and the conceivable function of cis-zeatin-type cytokinins in plants.UK. Journal of Experimental Botany. Vol. 62. Nº 8. p 2827-2840.

Garay, J. y Colazo, J. 2015. El cultivo de maíz en San Luis. INTA Ediciones información técnica. Nº 188. p 158.

García, L. 2015. Uso de moringa como biofertilizante foliar en pimiento variedad sweet/cubanelle Capsicum annuum L. en la granja Santa Inés. Tesis. Ing. Agrónomo. UTMACH. Machala, EC. p 42.

Gómez, J. 2008. Evaluación de la producción y la composición nutricional de tres tipos diferentes de forraje hidropónico. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Zamorano.HN. p.16.

González, R. 2010. Respuesta del melón (*Cucumis melo L*.) tipo cantalupe a sistemas de siembra y aplicación de fitohormonas en Palmales. Tesis. Ing. Agrónomo. UTMACH. Machala-Oro, EC. p.75.

Goyes, F; Martínez, J; Saquicela, R; Catota, L; Acosta, M; Barros, B. 2018. Fertilización y Producción de pastos del genero Pennisetum en Santo Domingo, Ecuador. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21, p. 213-223.

Granda, X. 2018. El cultivo de peces juveniles de chame Dormitator latifrons con maíz hidropónico como alimentación complementaria. Tesis. Médico Veterinario Zootecnista. UG. Guayaquil, EC. p 71.

Grossman, S y Leshem, Y. 1978. Lowering of endogenous lipoxygenase activity in Pisum sativum foliage by cytokinin as related to senescence. Physiol. Plantarum. Vol. 43. Nº 4. p. 359-362.

Guaya, V. y De Jesús, M. 2018. Valoración Bromatológica de cinco especies forrajeras nativas de la Amazonía Sur del Ecuador en seis estadios fenológicos. Tesis. Médico Veterinario Zootecnista. UNL. Loja, EC.p 66.

Guimac, W. 2019. Adaptabilidad de tres variedades de avena forrajera (Avena sativa l.), en dos sistemas de siembra, para determinar la composición nutricional, en el distrito Sonche, Amazonas. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza-UNTRM. Chachapoyas PE. p 80.

Guzmán, G. 2004. Hidroponía en casa: una actividad familiar. San José, CR: Ministerio de Agricultura y Ganadería. 25p.

Gutiérrez, F; Estrella, A; Irazábal, E; Quimiz, V; Portilla, A; Bonifaz, N. 2018. Improvement of the efficiency of the grass protein in dairy cattle using four different feed formulations. La granja. Revista de Ciencias de la Vida, Vol.28. Nº 2, p 115-122.

Hernández de Lira, V; Domínguez, C; García, S; Cruz, L; y de Jesús, B. 2018. Análisis de factibilidad de un sistema de cultivo hidropónico en Casa del Sol. IberoPuebla. Vol. 47. p 777-780

Herrera, E; Cerrillo, M; Juárez, A; Murillo, M; Ríos, G; Reyes, O; Bernal H. 2010. Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. Revista Interciencia. Vol. 35. Nº 4. p 284-289.

Holmann, F; Rivas, L; Carulla, J; Giraldo, L; Guzman, S; Martinez, M; Farrow, A. 2003. Evolución de los sistemas de producción de leche en el trópico latinoamericano y su interrelación con los mercados: Un análisis del caso colombiano. CIAT, Consorcio Tropileche. Cali, CO. p 53.

Jácome, P. 2018. Propuesta de otra alternativa de alimento para el ganado lechero del Cantón Mejía a base de forraje verde hidropónico. Tesis Magister en Diseño y Evaluación de Proyectos. UCE. Quito, EC. p 86.

Jiménez, V. y Abdelnour, A. 2018. Protocolo de micro propagación de arándano nativo de Costa Rica (Vaccinium consanguineum). CR. Revista Tecnología en Marcha. Vol. 31. Nº 1. p 144-159.

Juárez, P; Morales H; Sandoval M; Gómez A; Cruz E; Juárez, C; Ortiz, J. 2013. Producción de forraje verde hidropónico. Nueva época. Vol. 4. Nº 13. p 16.

Jones, R; Ougham, H; Thomas, H; Waaland, S. 2013. The molecular life of plants. Chichester UK.Wiley-Blackwell. p 766.

Kawas, J. 2008. Producción y utilización de bloques multinutrientes como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos y ovinos: la experiencia en regiones semiáridas. Tecnol & Ciên Agropec. Vol. 2 Nº 3. p 63-69.

León, R; Bonifaz, N; Gutiérrez, F. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas. Quito EC. Abya Yala. p. 616.

López, M; y Zavala, M. 2014. Calidad fisicoquímica de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L). XXVI Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco. p 319.

López, P; García, M; Esther, S. 2013. Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) variedad NB6, en un invernadero no tradicional. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria. Managua NI. p 31.

Macías, E; Fernández, M; Gómez, B. 2015. Análisis bromatológico y efecto de enzimas fibrolíticas exógenas sobre digestibilidad in vitro de panca de maíz. Portoviejo, EC. Revista La Técnica. Nº 14. p 40-49.

Machaca, D. 2018. Efectos de tres niveles de biol bovino en la producción de FVH de maíz en la localidad de Viacha departamento de la Paz. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, BO. p 83.

MacRobert, J; Setimela, P; Gethi, J; Worku, M. 2015. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. MEX. CIMMYT. p 36.

Maldonado, R; Álvarez, M; Cristóbal, D; Ríos, E. 2013. Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. MEX. Revista Chapingo Serie Horticola. Vol. 19. N° 2. p 211-223.

Martin, R; Mok, M; Habben, J; Mok, D. 2001. A maize cytokinin gene encoding an O-glucosyltransferase specific to cis-zeatin. USA. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 98. Nº 10. p 5922-5926

Mejía, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. México. Acta Universitaria. Vol. 12. Nº 3. p 56-63.

Molina, A; Olmedo, M; Trumpp, A. 2018. Análisis de factibilidad de forraje verde hidropónico en dietas de novillos para producción de carne de calidad diferenciada. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Córdoba. Arg. p 40.

Molina, D. 2018. Efecto de aplicación de tres hormonas vegetales en el desarrollo fenológico del cultivo de maíz (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo. Tesis Ing. Agropecuario. Babahoyo- Los Ríos, EC. p 49.

Moreno, I. 2018. Evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) empleando grano comercial. Tesis Licenciatura en Ingeniería agronómica. Campus Omar Dengo Heredia, CR. Universidad Nacional. 83p.

Müller, L; Manfron, P; Santos, O; Medeiros, S; Haut, V; Dourado, D; Binotto, E; Bandeira, A. 2005. Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (Zea mays L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Brasil. Zootecnia Tropical. Vol. 23. N° 2. p 105-119.

Muñoz, G; Camero, L; Ramírez, C. 2008. Evaluación Biológica y Económica del Uso de Forraje Verde Hidropónico (FVH) en la Producción de Leche. Informe Final. Proyecto de Investigación 5402- 2151-7501. Cartago, Costa Rica. Vicerrectoría de Investigación y Extensión. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 66 p.

Nelissen, H; Rymen, B; Jikumaru, Y; Demuynck, K; Lijsebettens, M; Kamiya, Y; Inzé, D; Beemster, GTS. 2012. A local maximum in gibberellin levels regulates maize leaf growth by spatial control of cell division. Current Biology. Vol. 22. N° 13. p. 1183–1187

Ortiz, J. 2018. Evaluación nutricional y bromatológica de germinado de maíz hidropónico trueno NB 7443 para alimentación complementaria en producción animal. Tesis. Médico Veterinario. UG. Guayaquil EC. p 69.

Pal, L. 2019. Role of plant growth regulators in floriculture: An overview. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. Vol. 8 N° 3 p. 789-796.

Pedrol, N; Pelaez, R; Martinez, A; Sicilia, Y. 2015. Aplicación del Sistema Integrado de Diagnosis y Recomendación (DRIS) para evaluar los requerimientos de fertilización de maíz forrajero en la Cornisa Cantabrica. XLV Reunión Científica de la SEEP (Sesión: Producción Vegetal). 633-639.

Panduro, P; Reátegui, R; Flores, J; Sánchez, J. 2018. Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico en el enraizamiento de estaquillas de dipteryx micrantha harms (shihuahuaco) en cámara de sub irrigación, yarinacocha–ucayali. Revistas de investigaciones Universidad privada de Pucallpa. Vol 2. N° 2. P 44-49.

Pineda, A; Brugiere, N; Vankova, R; Malbeck, J; Olson, J; Haines, S; Martin, R; Habben, J; Mok, D; Monk, M. 2008. Over-expression of a zeatin O-glucosylation gene in maize leads to growth retardation and tasselseed formation. Journal of Experimental Botany. Vol. 59. Nº 10. p 2673-2686.

Pitarch, Z. 2018. Papel del ácido abscísico en las respuestas fisiológicas y metabólicas de plantas de tomate sometidas a inundación del sustrato. Tesis Ingenieria Agroalimentaria. Univertat Jaume i. Castellón de la plana. ES. p 101.

Pliego, J. 2002. Utilización de productos bioreguladores del crecimiento en la germinación de semilla de maíz (Zea mays L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Ing. Agrónomo en producción. UAAAN. Buenavista, MEX. p 52.

Porta, H. y Jiménez, G. 2019. Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. México, MEX. Vol. 22. p 2-11.

Quispe, J. 2018. Densidad optima de siembra para el Germinado Hidropónico (gh) de maíz amarillo duro (Zea mays) en cuatro niveles de siembra en Cutervo. Tesis Ing. Zootecnista. UNPRG. Lambayeque, PE. p 54.

Ramírez, H. 2018. Efecto del inhibidor ácido abscísico en la calidad del fruto de la vid (Vitis vinífera L.) cvs. shiraz y cabernet sauvignon franco fase II. Tesis. Ing. Agrónomo en producción. UAAAN. Saltillo, MEX. p 50.

Ren, B; Hu, J; Zhang, J; Dong, S; Liu, P; & Zhao, B. 2019. Spraying exogenous synthetic cytokinin 6-benzyladenine following the waterlogging improves grain growth of waterlogged maize in the field. J Agro Crop Sci. 2019;00:1–9. DOI: 10.1111/jac.12355

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. Revista Zootecnia Tropical. Vol. 28. N° 1. p 33-41.

Rodríguez, H; Gómez, A; López, J; Loya, L; Ley De Coss, A. 2012. Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (Zea maíz L.) con diferente concentración de solución nutritiva. Abanico Veterinario. Vol. 2. N° 3. p 20-28.

Rodríguez, S. 2000. Hidroponía: una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú.

Romero, V; Córdova, G; Hernández, G; Odalmira, E. 2009. Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. MEX. Revista Acta Universitaria. Vol. 19. N° 2. p 11-19.

Salas, L; Esparz, J; Preciado, P; Álvarez, V; Meza, J; Velázquez, J; Murillo, M. 2012. Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) producido en invernadero bajo fertilización orgánica. Revista Interciencia, vol. 37. N° 3. p. 215-220.

Sarwat, M. y Tuteja, N. 2017. Hormonal signaling to control stomatal movement during drought stress. Plant Gene. Vol. 11. p. 143–153

Schiller, L. 2018. Efecto de la aplicación de trans zeatina ribosidó sobre el crecimiento y la diferenciación floral en banano (Musa sp.) variedad Williams. Tesis. Magister en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá CO. p.52

Silva, D. 2017. Producción de forraje hidropónico de cebada (Hordeum vulgare l.) Y maíz (Zea mays l.) Con la aplicación de tres hormonas. Tesis Ing. Agrónomo. UNL. Loja, EC. p 97.

Solá, J. 2018. Etileno, el hormón del otoño y de las frutas maduras como inductor de apoptosis. Una propuesta terapéutica. Revista argentina de medicina. Vol. 6. N°1. p 12-14.

Soto, M; Reyes, J; Ahumada, R; Cervantes, G; Lozano, R; y Barragán, B. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Revista Interciencia. Vol. 37. N° 12. p 906-913.

Tarrillo, H. 2002. Producción de forraje verde hidropónico en Arequipa, Perú. Boletín Informativo de Red Hidroponía. Lima, PE. p 45.

Teixeira, D; Miranda, C; Coser, E; Martins, D; Nascimento, J. 2009. Producao do materia seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigacao e edubacao nitrogenada. Rev. Bras. Zoot. Vol.38. p 435-442.

Thomas, R. y Rainer, E. (2000). Regulation of source/sink relations by cytokinins. Plant Growth Regulation. Vol.32. N°2. p 359–367.

Urrea, A; Castrillón, P; Monsalve, Z. 2009. Propagación in vitro y des diferenciación tisular en Lippia dulcis. COL. Biología actual. Vol. 31, N° 90. p 21-29.

Vargas, C. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía Mesoamericana.CR. Vol. 19. N° 2. p 223 -240.

Villafuerte, A; Vinces, J; Santana F; Pico, J; Trueba, S; Bravo, R. 2018. Crecimiento y producción del maíz, Zea mays L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana, Manabí, Ecuador. Journal of Science and Research. Vol. 3, N°4, p 3-6.

Villavicencio, A. 2014. Producción de forraje hidropónico. Instituto de Investigaciones agropecuarias INIA. Boletín INIA Nº 285. p 45.

Víquez, R. y Bravo, S. 2017. Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. Agronomía Costarricense. Vol. 4. Nº 2. p 79-91.

Viveros, P. (2018). Cultivo in vitro de nudos de Croton ruizianus Müll. Arg. (Euphorbiaceae). Tesis. Bióloga. UNAS. Yarabamba-Arequipa, PE. p 89.

Werner, T; Motyka, V; Strnad, M; & Schmülling, T. (2001). Regulation of plant growth by cytokinin. USA. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 98. N°18. p. 10487-10492.

Zambrano, R. (2015). Comportamiento agronómico y calidad nutricional de dos especies de leguminosas con el método de cultivo forraje verde hidropónico (FVH). Tesis Ingeniero Agrónomo, UG. Guayaquil EC. 71p.

Zagal, M; Martínez, S; Salgado, S; Escalera, F: Peña, B; Carrillo, F. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. Abanico veterinario. Vol. 6. N°1. p. 29-34.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilks modificado) para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Long Hoja D6	36	7,76	0,18	0,921	0,094
Long Hoja D14	36	15,04	0,06	0,952	0,405
Altura planta D6	36	10,82	0,16	0,911	0,080
Altura planta D14	36	23,75	2,09	0,943	0,210
Long Raiz D6	36	4,90	0,15	0,928	0,096
Long Raiz D14	36	10,99	0,60	0,941	0,146
Biomasa	36	2,11	0,21	0,961	0,644

Anexo 2. Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilks modificado) para los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Proteína	36	12,98	0,44	0,906	0,074
Materia seca	36	14,03	0,49	0,912	0,083
FDN	36	42,02	1,16	0,943	0,233
FDA	36	12,68	0,58	0,923	0,057
Cenizas	36	3,49	0,28	0,921	0,092
Ca	36	0,23	0,03	0,950	0,293
P	36	0,38	0,04	0,914	0,068

Anexo 3. Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

	Chi-Sq	DF	P	Cochran's Q	Largest Var / Smallest Var
Altura D6	5,14	3	0,162	0,4022	5,6396
Longitud de hoja D6	0,03	3	0,9988	0,2666	1,1221
Longitud de raíz D6	22,2	3	0,0001	0,6963	40,331
Altura D14	1,39	3	0,7073	0,3566	2,3049
Longitud de hoja D14	1,30	3	0,728	0,3425	1,9304
Longitud de raíz D14	3,76	3	0,2886	0,4213	3,6673
Biomasa	0,23	3	0,973	0,2876	1,3841

Anexo 4. Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas para los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

	Chi-Sq	DF	P	Cochran's Q	Largest Var / Smallest Var
Materia seca	3,74	3	0,2904	0,3638	4,1464
Proteina	4,09	3	0,2516	0,4968	3,5072
FDN	1,48	3	0,6863	0,3251	2,3835
FDA	0,59	3	0,8988	0,3192	1,7002
Cenizas	7,83	3	0,0601	0,5290	7,7427
Calcio	1,29	3	0,7313	0,3570	2,2462
Fósforo	1,20	3	0,7539	0,3799	2,0000

Anexo 5. Cuadro Resumen del ADEVA para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina evaluadas a los 6 días.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
		Longitud de Hoja	Altura de planta	Longitud de Raíz
Dosis de Zeatina	3	0,006	0,053	0,047
Error	32	0,035	0,023	0,019
Total	35			
Normalidad (Shapiro-Wilks)		0,921	0,911	0,928
Homogeneidad de Varianza (Bartlett)		0,03	5,14	22,2 **

** Significativo a 1% de probabilidad

Anexo 6. Cuadro Resumen del ADEVA para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina evaluadas a los 14 días después de siembra.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios			
		Longitud de Hoja	Altura de planta	Longitud de Raíz	Biomasa
Dosis Zeatina	3	0,013**	11,657*	0,879*	0,243**
Error	32	0,003	3,681	0,286	0,026
Total	35				
Normalidad (Shapiro-Wilks)		0,952	0,943	0,941	0,961
Homogeneidad de Varianza (Bartlett)		1,30	1,39	3,76	0,23

* Significativo a 5% de probabilidad; ** Significativo a 1% de probabilidad

Anexo 7. Análisis estadísticos para las variables de crecimiento de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Long Hoja D6	36	0,016	0	2,412

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,019	3	0,006	0,177	0,911
Dosis Zeatina	0,019	3	0,006	0,177	0,911
Error	1,119	32	0,035		
Total	1,138	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23887
Error: 0,0350 gl:
32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.	
2	7,788	9	0,062	A
1	7,761	9	0,062	A
3	7,746	9	0,062	A
0	7,726	9	0,062	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Long Hoja D14	36	0,296	0,23	0,353

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,038	3	0,013	4,494	0,0097
Dosis Zeatina	0,038	3	0,013	4,494	0,0097
Error	0,09	32	3,00E-03		
Total	0,128	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06771
Error: 0,0028 gl:
32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
3	15,079	9	0,018	A	
1	15,053	9	0,018	A	B
2	15,028	9	0,018	A	B
0	14,991	9	0,018		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV

Altura planta D6	36	0,182	0,105	1,387

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,16	3	0,053	2,368	0,0891
Dosis Zeatina	0,16	3	0,053	2,368	0,0891
Error	0,721	32	0,023		
Total	0,881	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19172
Error: 0,0225 gl:
32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.	
3	10,916	9	0,05	A
1	10,843	9	0,05	A
2	10,81	9	0,05	A
0	10,73	9	0,05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Altura planta D14	36	0,229	0,157	8,078

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	34,972	3	11,657	3,167	0,0376
Dosis Zeatina	34,972	3	11,657	3,167	0,0376
Error	117,778	32	3,681		
Total	152,75	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,45029
Error: 3,6806 gl:
32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
3	25	9	0,639	A	
2	24,222	9	0,639	A	B
1	23,444	9	0,639	A	B
0	22,333	9	0,639		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Long Raiz D6	36	0,187	0,111	2,832

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,142	3	0,047	2,456	0,081
Dosis Zeatina	0,142	3	0,047	2,456	0,081
Error	0,615	32	0,019		
Total	0,757	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17709
Error: 0,0192 gl:
32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.	
1	4,946	9	0,046	A
2	4,94	9	0,046	A
3	4,907	9	0,046	A
0	4,79	9	0,046	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Long Raiz D14	36	0,212	0,138	5,044

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,636	3	0,879	2,862	0,04522
Dosis Zeatina	2,636	3	0,879	2,862	0,04522
Error	9,827	32	0,307		
Total	12,463	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70776
Error: 0,3071 gl:
32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
3	11,389	9	0,185	A	
2	11,033	9	0,185	A	B
1	10,878	9	0,185	A	B
0	10,644	9	0,185		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Biomasa	36	0,464	0,413	7,685

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,728	3	0,243	9,224	0,0002
Dosis Zeatina	0,728	3	0,243	9,224	0,0002
Error	0,842	32	0,026		
Total	1,571	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20720
Error: 0,0263 gl:
32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
2	2,217	9	0,054	A	
3	2,194	9	0,054	A	
1	2,167	9	0,054	A	
0	1,867	9	0,054		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 8. Cuadro Resumen del ADEVA para indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios					
		Materia seca	Proteína	FDN	Cenizas	Calcio	Fósforo
Dosis Zeatina	3	2,267 **	1,460 **	2,828	0,483 **	0,003 **	0,015 **
Error	32	0,055	0,076	1,194	0,043	0,001	0,00026
Total	35						
Normalidad (Shapiro-Wilks)		0,912	0.906	0,921	0,943	0,921	0,950
Homog. Varianzas (Bartlett)		3,74	4,09	7,83	1,48	7,83	1,29

* Significativo a 5% de probabilidad; ** Significativo a 1% de probabilidad

Anexo 9. Análisis estadísticos para los indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Proteina	36	0,643	0,609	2,125

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,379	3	1,46	19,176	<0,0001
Dosis Zeatina	4,379	3	1,46	19,176	<0,0001
Error	2,436	32	0,076		
Total	6,814	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35236

Error: 0,0761 gl: 32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
2	13,222	9	0,092	A	
1	13,200	9	0,092	A	
3	13,133	9	0,092	A	
0	12,383	9	0,092		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Materia seca	36	0,793	0,774	1,678

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,8	3	2,267	40,913	<0,0001
Dosis Zeatina	6,8	3	2,267	40,913	<0,0001
Error	1,773	32	0,055		
Total	8,572	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30062

Error: 0,0554 gl: 32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
1	14,35	9	0,078	A	
2	14,244	9	0,078	A	
3	14,233	9	0,078	A	
0	13,278	9	0,078		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
FDN	36	0,182	0,105	2,601

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,484	3	2,828	2,368	0,0891
Dosis Zeatina	8,484	3	2,828	2,368	0,0891
Error	38,21	32	1,194		
Total	46,694	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,39565

Error: 1,1941 gl: 32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.	
1	42,589	9	0,364	A
3	42,144	9	0,364	A
2	42,094	9	0,364	A
0	41,247	9	0,364	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
FDA	36	0,247	0,176	4,129

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,873	3	0,958	3,493	0,0267
Dosis Zeatina	2,873	3	0,958	3,493	0,0267
Error	8,773	32	0,274		
Total	11,646	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,66874

Error: 0,2741 gl: 32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
3	13,050	9	0,175	A	
2	12,722	9	0,175	A	B
1	12,700	9	0,175	A	B
0	12,256	9	0,175		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Cenizas	36	0,51	0,464	5,965

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,448	3	0,483	11,11	<0,0001
Dosis Zeatina	1,448	3	0,483	11,11	<0,0001
Error	1,391	32	0,043		
Total	2,839	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26624

Error: 0,0435 gl: 32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.			
3	3,778	9	0,069	A		
2	3,583	9	0,069	A	B	
1	3,350	9	0,069		B	C
0	3,267	9	0,069			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Calcio	36	0,36	0,3	10,363

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	3	3,00E-03	5,998	0,0023
Dosis Zeatina	0,01	3	3,00E-03	5,998	0,0023
Error	0,018	32	1,00E-03		
Total	0,028	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03044

Error: 0,0006 gl: 32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
3	0,243	9	0,008	A	
2	0,239	9	0,008	A	
1	0,237	9	0,008	A	
0	0,201	9	0,008		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Fósforo	36	0,839	0,823	4,304

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,044	3	0,015	55,398	<0,0001
Dosis Zeatina	0,044	3	0,015	55,398	<0,0001
Error	0,008	32	2,60E-04		
Total	0,052	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02072

Error: 0,0003 gl: 32

Dosis Zeatina	Medias	n	E.E.		
1	0,4	9	0,005	A	
2	0,397	9	0,005	A	
3	0,394	9	0,005	A	
0	0,317	9	0,005		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 10. Análisis de regresión para variables de crecimiento e indicadores de calidad nutritiva de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Altura de planta	4	0,991	0,987	0,099	-1,806	-3,648

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	22,433	0,108	21,969	22,897	207,896	<0,0001
Dosis Zeatina	0,878	0,058	0,63	1,126	15,221	0,0043

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,854	1	3,854	231,676	0,0043
Dosis Zeatina	3,854	1	3,854	231,676	0,0043
Error	0,033	2	0,017		
Total	3,887	3			

Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Longitud de hoja	4	0,691	0,686	1,10E-04	-28,832	-30,673

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	14,994	0,004	14,979	15,01	4074,174	<0,0001
Dosis Zeatina	0,029	0,002	0,02	0,037	14,691	0,0046

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,004	1	0,004	215,817	0,0046
Dosis Zeatina	0,004	1	0,004	215,817	0,0046
Error	3,90E-05	2	1,90E-05		
Total	0,004	3			

Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Longitud raiz	4	0,974	0,961	0,018	-7,691	-9,532

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	10,628	0,052	10,405	10,85	205,505	<0,0001
Dosis Zeatina	0,239	0,028	0,12	0,358	8,646	0,0131

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,286	1	0,286	74,756	0,0131
Dosis Zeatina	0,286	1	0,286	74,756	0,0131
Error	0,008	2	0,004		
Total	0,293	3			

Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Biomasa	4	0,9552	0,8657	0,1608	-8,6809	-11,1358

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	1,8805	0,0586	1,1355	2,6254	32,0747	0,0198
Dosis Zeatina	0,3155	0,0941	-0,8808	1,5117	3,3505	0,1846
Dosis Zeatina^2	-0,0692	0,0301	-0,4514	0,3129	-2,3026	0,2608
X >>> Máximo	2,27962					
Y Máximo	2,24011					

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,0772	2	0,0386	10,6658	0,2116
Dosis Zeatina	0,058	1	0,058	16,0298	0,1558
Dosis Zeatina^2	0,0192	1	0,0192	5,3018	0,2608
Error	0,0036	1	0,0036		
Total	0,0808	3			

Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Materia seca (%)	4	0,8927	0,678	3,6012	3,7544	1,2996

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	13,3417	0,2774	9,8164	16,8669	48,0877	0,0132
Dosis Zeatina	1,0882	0,4456	-4,5731	6,7494	2,4423	0,2474
Dosis Zeatina^2	-0,2708	0,1423	-2,0792	1,5377	-1,9023	0,3081
X >>> Máximo	2,00923					
Y Máximo	14,4349					

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,6738	2	0,3369	4,1581	0,3276
Dosis Zeatina	0,3806	1	0,3806	4,6973	0,2752
Dosis Zeatina^2	0,2932	1	0,2932	3,6188	0,3081
Error	0,081	1	0,081		
Total	0,7549	3			

Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Proteina cruda (%)	4	0,9519	0,8558	1,0397	-1,215	-3,6698

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	12,4172	0,1491	10,523	14,3114	83,2954	0,0076
Dosis Zeatina	0,9067	0,2394	-2,1352	3,9486	3,7874	0,1643
Dosis Zeatina^2	-0,2265	0,0765	-1,1982	0,7452	-2,9618	0,2073
X >>> Máximo	2,00155					
Y Máximo	13,3246					

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,4633	2	0,2317	9,9028	0,2192
Dosis Zeatina	0,2581	1	0,2581	11,0333	0,1862
Dosis Zeatina^2	0,2052	1	0,2052	8,7723	0,2073
Error	0,0234	1	0,0234		
Total	0,4867	3			

Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Cenizas (%)	4	0,97	0,954	0,013	-9,465	-11,306

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	3,230	0,041	3,051	3,408	77,961	0,000
Dosis Zeatina	0,177	0,022	0,081	0,272	7,975	0,015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,156	1	0,156	63,607	0,0154
Dosis Zeatina	0,156	1	0,156	63,607	0,0154
Error	0,005	2	0,002		
Total	0,161	3			

Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Calcio (%)	4	0,9432	0,8295	0,0029	-24,7705	-27,2253

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	0,2028	0,0078	0,1031	0,3025	25,8475	0,0246
Dosis Zeatina	0,0368	0,0126	-0,1233	0,1969	2,9206	0,21
Dosis Zeatina^2	-0,008	0,004	-0,0591	0,0431	-1,9876	0,2968
X >>> Máximo	2,3					
Y Máximo	0,24512					

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,0011	2	0,0005	8,2963	0,2384
Dosis Zeatina	0,0008	1	0,0008	12,642	0,1745
Dosis Zeatina^2	0,0003	1	0,0003	3,9506	0,2968
Error	0,0001	1	0,0001		
Total	0,0011	3			

Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Fosforo (%)	4	0,9232	0,7697	0,0164	-17,8039	-20,2587

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	0,3213	0,0187	0,0831	0,5595	17,1422	0,0371
Dosis Zeatina	0,0873	0,0301	-0,2952	0,4698	2,9003	0,2114
Dosis Zeatina^2	-0,0215	0,0096	-0,1437	0,1007	-2,2361	0,2677
X >>> Máximo	2,03023					
Y Máximo	0,40992					

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,0044	2	0,0022	6,0143	0,277
Dosis Zeatina	0,0026	1	0,0026	7,0287	0,2296
Dosis Zeatina^2	0,0018	1	0,0018	5	0,2677
Error	0,0004	1	0,0004		
Total	0,0048	3			

Cliente Adrián Vélez Sáenz	FECHA EMISIÓN	25-09-2019
TIPO DE ANALISIS:	BROMATOLOGÍA	
TÉCNICO RESPONSABLE:	SIXTO EDMUNDO MAYORGA PAREDES	

Detalle de análisis realizados en muestras de maíz hidropónico:

TRATAMIENTO 0	PROTEINA BRUTA %	M.S. %	FDN %	CENIZAS %	Ca %	P %
T0 -1	12.00	13.10	40.12	3.10	0.20	0.31
T0 -2	12.10	13.20	41.10	3.15	0.18	0.34
T0- 3	11.95	13.10	40.00	3.10	0.17	0.29
T0- 4	12.00	13.30	41.25	3.40	0.21	0.32
T0- 5	12.80	13.40	42.30	3.40	0.19	0.35
T0- 6	12.60	13.20	41.85	3.35	0.22	0.30
T0- 7	12.40	13.50	40.90	3.20	0.21	0.31
T0- 8	12.60	13.30	41.70	3.30	0.23	0.30
T0- 9	13.00	13.40	42.00	3.40	0.20	0.33

TRATAMIENTO 1	PROTEINA BRUTA %	M.S. %	FDN %	CENIZAS %	Ca %	P %
T1 -1	13.00	14.20	41.25	3.20	0.26	0.38
T1 -2	13.50	14.35	43.00	3.40	0.24	0.41
T1- 3	13.20	14.10	41.70	3.35	0.27	0.39
T1- 4	12.90	15.00	42.90	3.30	0.24	0.40
T1- 5	13.00	14.60	43.25	3.50	0.23	0.42
T1- 6	13.10	14.20	42.40	3.25	0.20	0.38
T1- 7	13.20	14.15	41.10	3.40	0.23	0.41
T1- 8	13.50	14.30	43.00	3.50	0.21	0.40
T1- 9	13.40	14.25	44.70	3.25	0.25	0.41

TRATAMIENTO 2	PROTEINA BRUTA %	M.S. %	FDN %	CENIZAS %	Ca %	P %
T2 -1	13.20	14.30	40.00	3.50	0.21	0.40
T2 -2	12.90	14.20	41.80	3.35	0.27	0.38
T2- 3	12.85	14.50	42.30	3.60	0.25	0.37
T2- 4	13.50	13.80	42.00	3.55	0.23	0.39
T2- 5	13.40	14.50	43.10	3.20	0.26	0.40
T2- 6	13.15	13.90	42.90	3.70	0.21	0.41
T2- 7	13.10	14.20	40.95	4.00	0.20	0.40
T2- 8	13.40	14.50	42.00	3.60	0.24	0.42
T2- 9	13.50	14.30	43.80	3.75	0.28	0.40

TRATAMIENTO 3	PROTEINA BRUTA %	M.S. %	FDN %	CENIZAS %	Ca %	P %
T3 -1	12.90	14.50	42.10	3.30	0.23	0.41
T3 -2	13.00	13.90	40.20	3.45	0.25	0.40
T3- 3	13.10	14.25	40.00	3.70	0.22	0.38
T3- 4	13.25	13.95	41.90	3.60	0.26	0.41
T3- 5	13.50	14.55	43.00	3.85	0.28	0.39
T3- 6	13.00	14.00	43.10	3.95	0.22	0.38
T3- 7	13.20	14.30	42.80	4.10	0.21	0.41
T3- 8	12.90	14.40	43.30	4.25	0.25	0.40
T3- 9	13.35	14.25	42.90	3.80	0.27	0.37

Ing. Sixto Lamuño Mayorga Paredes
Técnico Laboratorio Alimentos

Anexo 11. Fotografías de la producción de FVH de maíz sometido a diferentes dosis de Zeatina.

Modelo inicial de Mesas de soporte.

Limpieza y desinfección de semillas.

Limpieza de semillas.

Pesaje de semillas.

Modelo de Mesas de soportes con bandejas.

Modelo de Mesa de soporte de Bandejas con plástico.

Bandejas con semillas para germinación.

Fundas negras. Inicio de Fase oscura de la semilla.

Fin de Fase oscura. Semillas germinadas.

FVH de maíz al 5to día.

Aplicación de Zeatina por aspersión.

FVH AL 6TO DIA.

FVH AL 7MO. DIA.

FVH DÉCIMO DÍA.

FVH FINAL – DÍA 14

MEDICIÓN DE LA PLANTA – DIA 6

MEDICIÓN DE LA PLANTA – DIA 14

TEMPERATURA Y HUMEDAD

PRODUCTO FINAL

FVH – DIA 14

ING. LEOPOLDO VITERI – ING. ADRIÁN VÉLEZ S.