

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Incremento de proteína en maíz con sulfato de Zn y Co en FVH

TESIS

Por:

Olga Miriam Ramirez Sánchez

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

Incremento de proteína en maíz con sulfato de Zn y Co en FVH

Por:

Olga Miriam Ramirez Sánchez

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

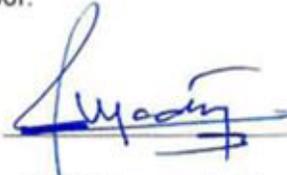
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:



Dr. Rubén López Salazar

Presidente



PhD. Eduardo Emilio Madero Tamargo

Vocal



M.D. Juan Manuel Nava Santos

Vocal



M.C. Julieta Ziomara Ordoñez Morales



Dr. J. Isabel Marquez Mendoza

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

Incremento de proteína en maíz con sulfato de Zn y Co en FVH

Por:

Olga Miriam Ramírez Sánchez

TESIS

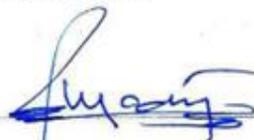
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el comité de Asesoría:



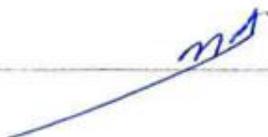
Dr. Rubén López Salazar

Asesor principal



PhD. Eduardo Emilio Madero Tamargo

Asesor



M.D. Juan Manuel Nava Santos

Asesor



M.C. Julieta Ziomara Ordoñez Morales



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2023

DEDICATORIAS

A, mi madre:

Ma. Virginia Sánchez Flores, por ser una mujer de ejemplo; por guiarme en el camino correcto, por tener paciencia y brindar el apoyo, la confianza y sobre todo, por creer en mí, por nunca dejarme rendir y decir que las cosas no son fáciles pero tampoco imposibles. Por ser la mejor mamá del mundo y dar los mejores consejos cuando más lo he necesitado. Esto es para ti mamá, para recompensarte un poco el gran sacrificio que me has brindado estos cuatro años de carrera, gracias mamá por apoyar este sueño que ahora culmino con todos los honores para que te sigas sintiendo orgullosa de tu hija. TE AMO MÁMA.

A, mi padre:

Mario Ramírez Castañeda le agradezco por haberme forjado con carácter, paciencia y prepararme para ser una mujer con objetivos, por esforzarse todos los días para salir a trabajar, brindarme el apoyo económico, por creer una vez más en mí y por estar en los momentos difíciles y en los que más lo he necesitado; por ser el padre perfecto; por guiar mi camino, gracias papá por estar en esta etapa muy importante para mí. Siempre me has dicho que la familia es primero, por esa razón te dejo aquí un poco del gran esfuerzo que hicimos los tres juntos con mamá para que esto pudiera ser, esto es gracias a ustedes. TE AMO PAPÁ.

A, mis hijos:

A mi hija Jade Aislinn Rodríguez Ramirez y a mi hijo Sergio Soto Ramirez, primero quiero pedirles perdón por haber emprendido esta aventura y perderme etapas importantes de su vida, por no poder estar cuando me necesitaban, el esfuerzo tan grande que he hecho de no poder verlos o poder estar ahí cuando ustedes me lo pedían ahora se ve reflejado, y lo más importante es que lo hice pensando en ustedes. Su inmenso amor me hizo lo suficiente fuerte para que pudiera lograr este gran objetivo

y poder prepararme para ser una profesionista y brindarles un mejor futuro. Espero que este trabajo los aliente algún día y puedan ver que nunca es tarde para poder tomar un buen camino, pero también para que cuando puedan leer esto, se sientan orgullosos de su mamá LOS AMO

AGRADECIMIENTOS

A MI ALMA MATER

Por haberme acobijado y abrirme las puertas durante 4 años, por darme la oportunidad de forjarme y prepararme para poder ser una profesionista, pero al mismo tiempo agradezco por permitir obtener mi tan ansiado título.

A MI ASESOR DE TESIS Y TUTOR

Dr. Rubén López Salazar por la paciencia, conocimiento y apoyo brindado como maestro y amigo. Por los alientos de poder ser alguien mejor. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevare gravados en mi memoria de mi futuro profesional.

A MI ASESORA DE TESIS

MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales por su gran apoyo y paciencia en esta etapa de mi carrera, por la gran persona y amiga.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
1 INTRODUCCIÓN	1
2. Objetivo general	2
2.1 Hipótesis.....	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Cambio Climático en Alimentación Ganadera.....	3
3.2 Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	4
3.3 Importancia de los alimentos de FVH	5
3.3.1 Requisito previo para el forraje hidropónico	5
3.3.2 Principales Ventajas de producción de F.V.H.....	6
3.3.3 Principales desventajas de producción de F.V.H.....	7
3.4 Nutrientes.....	8
3.5 Importancia del Zn en los cultivos.....	8
3.6 Deficiencias del Zn.....	9
3.7 Importancia del Zn en el F.V.H	9
3.8 Importancia del Co en los animales	10
3.9 Cobalto en forraje verde hidropónico.....	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Lugar experimental de estudio.....	14
4.2 Material genético.	14
4.3 Metodología y tratamientos.	14
4.3.1 Crecimiento y cosecha.....	15
4.3.2 Calidad nutricional del FVH	16
4.3.3 Determinación de materia seca total.....	16
4.3.4 Determinación de cenizas 550°C x 4 h	17

4.3.5 Determinación de fibra detergente neutro. Método Van Soest.....	17
4.3.6 Determinación de fibra detergente ácido. Método Van Soest.	18
4.3.7 Determinación de extracto etéreo (equipo de extracción Goldfish)	19
4.3.8 Determinación de proteína cruda por el método de KJELTEC	20
Figura 14 Obtención de grasa (E.E.)	26
5. RESULTADOS	27
6. DISCUSIÓN	32
7. CONCLUSIÓN	35
8. RECOMENDACIONES.....	36
9. REFERENCIAS.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Aplicación de sulfatos Zn y Co a cada uno de los tratamientos.	15
Cuadro 2.- Análisis de varianza de la variable fibra.....	27
Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable fibra acida.....	28
Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable de proteína.....	29
Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable de extracto etéreo.	30
Cuadro 6. Análisis de varianza de cantidad de ceniza.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1,2. Preparación de la soluciones Co y Zn.	21
Figura 3. Primera aplicación de Zinc y Cobalto, 22 de agosto de 2022).....	22
Figura 4. 4to día, emergencia de la semilla de maíz.....	22
Figura 5. Plántula con 20 días de crecimiento.	23
Figura 6. Muestras deshidratadas.....	23
Figura 7. Muestras molidas y agrupadas por tratamiento.....	24
Figura 8. Obtención de fibra detergente neutra y fibra detergente acida.....	24
Figura 9,10. Obtención de proteína cruda por el método de KJELTEC	25
Figura 11. Titulación de cada muestra.....	25
Figura 12. Obtención de cenizas	26
Figura 13,14. Obtención de grasa (E.E).....	26
Figura 15.- Efecto del Zn y Co sobre la fibra detergente neutra (F.D.N) en F.V.H	27
Figura 16. Efecto del Zn y Co sobre la fibra detergente acida (F.D.N) en F.V.H	28
Figura 17. Efecto del Zn y Co sobre la proteína cruda (PC) en F.V.H.....	29
Figura 18. Efecto del Zn Y Co sobre el Extractó etéreo (grasa) en F.V.H.....	30
Figura 19.- Efectos del Zn y Co sobre la obtención de cenizas en F.V.H	31

RESUMEN

En el siguiente proyecto de investigación se evaluó el efecto de la aplicación de sulfato de zinc ($ZnSO_4$) y sulfato de cobalto ($CoSO_4$) en Forraje Verde Hidropónico (FVH) de maíz Híbrido (*Zea mays*). Se obtuvo como resultado una obtención de proteína. El proyecto de investigación se realizó en instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, en laboratorio de fotosíntesis de horticultura, así como en el laboratorio de bromatología. Los datos se obtuvieron mediante un diseño experimental completamente al azar, donde aplicamos una solución química a base de sulfato de zinc y sulfato de cobalto. Contando con un blanco o testigo (**T1**) solo se le aplicó agua, tratamiento (**T2**) 3 % zinc + 3% cobalto, tratamiento (**T3**) 3% zinc + 5 % cobalto y tratamiento (**T4**) 3% zinc + 7 % cobalto, contando con 10 unidades experimentales por tratamiento, la aplicación se realizó en una sola ocasión. Realizando un muestreo el día 05 de septiembre del mismo año, esto consistió en tomar las 10 charolas con las 100 plántulas de cada tratamiento y ponerlas por separado en bolsas de papel, para obtener el peso en fresco y así mismo determinar las variables a evaluar que fueron; Materia seca (MS), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Ácido (FDA), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Cenizas (C). Los resultados fueron analizados por medio de un ANOVA y las medias se sometieron a la prueba de test de Tukey. Los resultados mostraron diferencia significativa en el contenido de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), proteína cruda (PC) y extracto etéreo de los tratamientos con aplicación de sulfato de zinc y sulfato de cobalto con respecto al tratamiento control, lo que implica una mayor absorción de minerales por parte del forraje verde hidropónico de maíz esto debido probablemente a las diferentes concentraciones de solución de zinc y cobalto, en el que el tratamiento con mayor índice de resultados fue el tratamiento T4, T2.

Palabras clave: Forraje, Zinc, Cobalto, Maíz, Bromatología, Proteína

1 INTRODUCCIÓN

El maíz es una fuente de alimentación en México, es uno de los principales cereales con elementos nutritivos para animales y humanos, con una producción en el año 2022 de 27 millones 269 mil toneladas, se considera una materia prima básica, se utiliza para la alimentación de algunos animales como forraje. En nuestro país se han modificado algunas variedades en mejora de la producción, rendimiento y nutrición (cita)

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es el resultado del proceso de germinación sobre charolas, este permite la producción intensiva de forraje fresco para animales de trabajo o engorda, ya sean vacas, caballos, cerdos, borregos, conejos, cuyos, gallinas, etc., maximiza el espacio y recursos, con resultados óptimos; se produce en ausencia de suelo y en ambientes protegidos, donde se puede controlar algunas de las variables ambientales (luz, temperatura, humedad, etc.). El FVH es propicio para evadir las principales dificultades encontradas en las zonas áridas y semiáridas para la producción, debido a las bajas temperaturas, escases de lluvias, tipo o manejo de riego, evaporación y principalmente el tipo de suelo; tiene diversas ventajas para el productor por su bajo costo en la producción, tiempo en la producción en el alimento y junto con ellos es digestible para los animales en cantidades indicadas. (Citas)

Los micro y macro nutrimentos son esenciales para un buen crecimiento y desarrollo de los cultivos, en este proyecto de investigación se utilizó, el Zn^{+2} como micro nutrimento, influye en las hormonas de crecimiento (auxinas); mientras que el Co^{+3} promueve el crecimiento y se considera un elemento benéfico para las plantas especialmente para las leguminosas, con la finalidad de incrementar proteína en el FVH.

2. Objetivo general

Evaluación del contenido bromatológico del forraje verde hidropónico y evaluación del incremento de la proteína cruda en F.V.H en maíz con diferentes porcentajes de soluciones de sulfatos de Zinc y Cobalto.

2.1 Hipótesis

- Se realizará un efecto sobre la calidad bromatológica del FVH del maíz.
- Se incrementará la proteína en F.V.H en maíz con los sulfatos de Zinc y Cobalto.
- Por lo menos un tratamiento tendrá efecto significativo en el incremento de proteína.
- Ningún tratamiento tendrá efecto significativo en el incremento de proteína.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Cambio Climático en Alimentación Ganadera

El cambio climático son elementos ambientales afectados, que ocurren en un momento y espacio definido se atribuyen directa o indirectamente, a la actividad del ser humano. Un efecto significativo es, el incremento de la temperatura mínima y máxima en el planeta (Verde *et al.* 2012). El cambio climático, es un fenómeno mundial que se conoce y se acepta, desde entonces se ha iniciado su respectivo estudio y se ha comprobado que este efecto es muy amplio, tiene causas y afecta a los ecosistemas, presenta efectos directos e indirectos en la producción ganadera, en diferentes proporciones, debido a la variación en la disponibilidad de forraje y pastos, juega un papel al determinar el tipo de ganado y manera de adaptarse a diferentes zonas agroecológicas, en el número de animales que tienen capacidad de sostener las comunidades rurales y se espera que el cambio climático afecte el ganado en términos de especies (FAO, 2012).

Se dan dos implicaciones importantes, según Primavesi *et al.* (2004): una es el desgaste de energía en la dieta animal la cual se ve representada en los gases de efecto invernadero, que expulsa el sistema digestivo de un animal rumiante al digerir los componentes que se encuentran en su dieta. La otra implicación se refiere al cambio en los tejidos de los pastos debido al calentamiento global: se traduce en un tejido de menor digestibilidad, constituye una menor ganancia de peso y baja producción lechera, por lo que existe un contenido menor de energía metabolizada; esto representa una reducción de la producción y menores ganancias monetarias por animal para el productor (Garzón, 2011).

Como factor social, según Parry *et al.* (2007), una deducción del cambio climático es el hambre y la inseguridad alimentaria, la cual se ve perturbada por todos los sistemas de este fenómeno, involucra animales como a la población humana, si alguno experimentara efectos negativos, afectará directamente al otro. Es importante saber que existen opciones técnicas que generan formas de mitigar las emisiones producidas por este sector, por ejemplo, recuperación de carbono orgánico, secuestro de carbono

por medio de la agroforestería, mejora de dietas en los animales, administración del estiércol y manejo de los nutrientes. El uso de técnicas que permitan la producción de biogás como forma de reducir las emisiones provocadas por un mal manejo del estiércol, de esta forma se da al mismo tiempo un incremento de las ganancias económicas que proporciona beneficios ambientales (FAO, 2012).

El uso de los cultivos protegidos es importante debido a que son menos vulnerables a los cambios de clima, permitiendo producir cosechas fuera de temporada con ahorro considerable por el uso a menor escala de fertilizantes y agroquímicos (Juárez, 2011). El sistema de producción de F.V.H. las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuya eficiencia varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca. En ocasiones, “la producción de 1 kilo de F.V.H. requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie 20 forrajera, entre un 12% a 18% (Lomelí, 2000). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

3.2 Forraje Verde Hidropónico (FVH)

En definición, hidroponía proviene de dos palabras griegas "hidro" y 'pónica' que significa agua y trabajo respectivamente, necesita un corto período para crecer y desarrollarse en invernadero bajo un ambiente controlado (Girma & Gebremariam, 2018).

La tecnología hidropónica es la ciencia del cultivo de plantas en agua o soluciones ricas en nutrientes en lugar de tierra y puede usarse de manera eficiente para aliviar la presión de la tierra para cultivar forraje verde o alimento para los animales (Naik et al., 2015).

Otro concepto de forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología donde se produce biomasa vegetal que se obtiene a partir de la germinación y crecimiento de semillas de

cereales. El FVH es de alta digestibilidad, calidad nutricional y es apto para la alimentación animal (Juárez-López et al., 2013).

3.3 Importancia de los alimentos de FVH

La hidroponía evita los problemas mostrados en los métodos convencionales de forraje producción. Esto se logra mediante el uso de pequeños terrenos con un proceso de crecimiento vertical que permite la producción de un gran volumen de forraje hidropónico en una fracción del área necesaria para la producción de forraje convencional y, por lo tanto, aumenta la capacidad de almacenamiento del ganado. Se indica que se producen 600 kg de forraje de maíz por día en un área de 50 metros cuadrados (Girma & Gebremariam, 2018).

Sin embargo, para una producción de la misma cantidad de forraje, 1ha de tierra es requerido en el método convencional de producción. El agua necesaria para la producción de forraje hidropónico es menor debido a las actividades de reciclaje de agua. Por tanto, 1 kg de forraje hidropónico de maíz se produce en 7 días con 1,5 litro (si se reutiliza el agua) o 3 litros (si no se reutiliza el agua). El agua que no se reutiliza se puede utilizar para el jardín cercano a la unidad de producción (Girma & Gebremariam, 2018).

Para la producción de alrededor de 600 kg de forraje hidropónico, sólo una persona basta. Además, el forraje se puede producir sin preparación del suelo, remoción constante de malezas, cercados, pérdidas poscosecha (Girma & Gebremariam, 2018).

3.3.1 Requisito previo para el forraje hidropónico

- Debe haber semillas sanas y libres de cualquier tipo de contaminación
- El remojo de las semillas debe realizarse en condiciones normales. Agua hasta 24 horas

- Las semillas deben esparcirse en bandejas sostenidas por una estructura especialmente diseñada hecha de tubos o palos de bambú disponibles localmente.
- Utilice siempre la cantidad correcta de dosis de semilla dependiendo del cultivo particular
- Mantener la limpieza e higiene y ambiente dentro del invernadero.
- Inspeccione periódicamente las bandejas de plántulas en crecimiento bajo el invernadero para evitar pérdidas causadas por insectos y cualquier otra infección microbiana.(Sharma et al., 2020).

El tiempo que se requiere para obtener un alimento adecuado, va de siete a 15 días, tiempo reducido en relación al cultivo tradicional como es el caso del maíz; el cual requiere de 142 días en promedio (Elizondo y Boschini, 2002). El F.V.H. puede producirse en una amplia variedad de unidades hidropónicas, en donde se colocan hasta seis charolas, una sobre la otra; se deja un espacio de al menos 30 cm. a lo largo del año. El mismo espacio puede producir seis veces más, de acuerdo al número de pisos y de 30 a 36.5 veces de acuerdo al tiempo de producción. En 100 m² se pueden producir hasta 500 Kg. de F.V.H. diariamente.

El F.V.H. es un alimento succulento de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de adecuada aptitud comestible para los animales. Su valor nutritivo deriva de la germinación. El F.V.H. es rico en vitaminas, especialmente A y E, contiene carotenoides que varían de 250 a 350 mg por kg de materia seca, posee una elevada cantidad de hierro, calcio y fósforo, su digestibilidad es alta puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa.

3.3.2 Principales Ventajas de producción de F.V.H.

También hay más ventajas como:

- La producción de forraje. libre de antibióticos

- Libre de hormonas,
- Libre de herbicidas o pesticidas,
- Sin daños por insectos, lo que conlleva un bajo mantenimiento (Girma & Gebremariam, 2018)

3.3.3 Principales desventajas de producción de F.V.H.

- Desinformación y falta de capacitación.
- Se debe considerar la especie forrajera y sus variedades.
- Comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de agua, nutrientes.
- Condiciones de luz, temperatura, humedad relativa.
- Es una actividad continua y exigente en cuidados diariamente, por lo que la falta de conocimientos e información pueden representar desventajas para los productores.
- Costos de instalación. Algunos autores mencionan como desventaja el costo de instalación, sin embargo, se ha demostrado que las estructuras de invernaderos de bajo costo (tipo túneles), se pueden obtener excelentes resultados.
- Bajo contenido de materia seca. En general, el FVH tiene bajo contenido de materia seca, lo que se resuelve agregando diversos rastrojos o alimento concentrado para complementar la ración en la alimentación del ganado.

Como se puede apreciar, al comparar las ventajas con las desventajas imperan las ventajas, sobre todo por la posibilidad de producir forraje inocuo en corto tiempo, con menor cantidad de agua y en menor espacio.

La producción de F.V.H. podría representar una alternativa para complementar la alimentación del ganado y contrarrestar los efectos de cambio climático en los sectores agrícola y ganadero.

3.4 Nutrientes

Los fertilizantes juegan un papel importante en los cultivos, producción y también una mejor calidad de la cosecha (Amjadian *et al.*, 2021). Los fertilizantes balanceados mejoran a la planta y su desarrollo, también aumenta el rendimiento (Hitha *et al.*, 2021). Los micronutrientes son importantes como los macronutrientes (Jake *et al.*, 2022). Sin embargo, en comparación a los macronutrientes, son necesarios en cantidad pequeña. Las plantas y los suelos tienen cantidades muy pequeñas de micronutrientes (Chakraborty *et al.*, 2021), y juegan un papel clave en el crecimiento y desarrollo, mejora la fenología de los cultivos y también se involucran en procesos fisiológicos (Hassan *et al.*, 2019).

3.5 Importancia del Zn en los cultivos

En el caso de los micronutrientes, el Zinc es un importante micronutriente, juega un papel clave en las plantas (Natasha *et al.*, 2022). Es necesario para la biosíntesis de clorofila (Ali *et al.*, 2021). En general, tiene un papel importante en la activación de enzimas, síntesis de proteínas, reacciones de reactivación y oxidación y carbohidratos metabolismo (Ali *et al.*, 2021). La deficiencia de Zinc puede conducir a la disminución y destrucción de la fotosíntesis de ARN, disminución de la síntesis de proteínas, carbohidratos solución y, por lo tanto, afectar el rendimiento y la calidad del cultivo (Kadyampakeni y Chinyukwi, 2021). Su aplicación mejora la altura del cultivo de maíz cuando se aplica en la división dosis Foliar, mejora significativamente el tamaño de hoja de maíz (Raheela *et al.*, 2021).

Es un elemento indispensable para la síntesis del triptófano que es un componente de algunas proteínas y un compuesto necesario para la producción de hormonas de crecimiento (auxinas) como el ácido indolacético. Juega un papel clave en el metabolismo de los carbohidratos e imparte resistencia en las plantas contra las enfermedades (Prasad, 2007). El metabolismo de las proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos depende en gran medida del Zinc.

3.6 Deficiencias del Zn

Su deficiencia provoca una producción reducida de la hormona del crecimiento. En las plantas provoca acortamiento de los entrenudos y hojas pequeñas (Hafeez *et al.*, 2013), ARN inactivos y el almidón se acumula en las plantas como resultado de la deficiencia de zinc (Zargar *et al.*, 2015). El suministro adecuado de zinc es fundamental para lograr una mayor productividad de los cultivos.

3.7 Importancia del Zn en el F.V.H

La demanda de leche y otros productos lácteos incrementa en todo el mundo en la era de la globalización. Para evitar vicio en la tasa de crecimiento actual en este sector, hay una necesidad de aumentar la producción de leche y la productividad del forraje cultivos. Esto puede lograrse mediante forraje de mejor calidad en cantidad adecuada. Cultivos forrajeros que contribuyen al crecimiento. En la actualidad, la producción de forrajes secos está rezagada 23,4% y esta escasez fue más pronunciada en Jharkhand 67% seguido por Uttarakhand 55% y Odisha 44,8% (Roy *et al.*, 2019). La escasez de piensos y forrajes es uno de los principales desafíos del sector ganadero. Los cultivos de forraje de leguminosa son más nutritivos que los cereales.

El zinc es un oligoelemento vital en la nutrición animal y juega un papel importante en varias funciones biológicas. Yasothai (2014) enfatizo el papel del zinc en la capacidad reproductiva y la calidad del semen en el ganado lechero. Su deficiencia también provoca para queratosis en cerdos. Aunque la fortificación de forrajes es probable que la suplementación ofrezca una forma en algunos países para mitigar las deficiencias de Zn en humanos y animales, pero aparecen estrategias agrícolas alternativas (fertilización) ser más útil para mejorar la concentración de micronutrientes en cultivos forrajeros.

El vínculo directo entre los micronutrientes del suelo y micronutriente de forrajes, es posible que el efecto sobre el rendimiento de los productos animales se deba al zinc (Nube y Voortman, 2006). Dado que la calidad del forraje es una función de la composición genética y el medio ambiente, por lo tanto, mayor eficiencia de absorción y

uso de los nutrientes del suelo ayudará a reducir el uso de productos químicos en la agricultura. Con Respecto al aspecto fisiológico, la eficiencia nutricional es la capacidad del genotipo para absorber el nutriente del suelo, distribuirlo y usarlo internamente (De Oliveira *et al.*, 2012).

Cultivares que son eficientes en la absorción y el uso de zinc puede ser una modalidad para mejorar calidad. Por lo tanto, explotar el potencial genético de las variedades con alta eficiencia de zinc podría ser una forma ecológica de producir forraje de calidad en zonas problemáticas. (Carvalho *et al.*, 2012).

3.8 Importancia del Co en los animales

El cobalto es un básico micronutriente en mamíferos, incluidos los humanos como componente de cianocobalamina, vitamina B12, vitamina B1 y alanina, coenzimas necesarias para la síntesis de ADN y la división celular (Schmidt y Schlegel, 1989). En ambientes terrestres, el principal interés en el Co ha centrado en sus funciones esenciales en la fisiología de los animales rumiantes microorganismos fijadores de N² simbióticos de plantas, incluidos ambas bacterias *Rhizobium* (Reisenauer, 1960), que forman simbiosis asociaciones ópticas con raíces de leguminosas y bacterias fijadoras de N² de vida libre, tales como *Azotobacter spp.* (Iswaran y Rao, 1964). La deficiencia de cobalto en animales rumiantes provoca un trastorno llamado cobalto-Solway-pine, con síntomas que incluyen pérdida de apetito, emaciación, anemia, fragilidad de la piel y lagrimeo, así como disminución respuesta inmune, lesiones neuropatológicas y gastrointestinales problemas (KWessa *et al.*, 1989).

3.9 Cobalto en forraje verde hidropónico

La absorción de cobalto por las plantas se ha estudiado previamente. Algunos autores creen que la concentración total de Mn en el suelo ejerce un importante control sobre la absorción de Co de la planta (Li *et al.*, 2004), en especial cuando los suelos están fertilizados con Co o sujetos a encharcamiento (Hill *et al.*, 1953; Kubota *et al.*, 1963; Adams y Honeyset, 1964b; Lu *et al.*, 1982; Berrow *et al.*, 1983). El papel del Mn del

suelo en la disponibilidad de Co en los suelos es el acuerdo general en la literatura de que el encharcamiento prolonga aumento en la absorción de Co por las plantas (Hill *et al.*, 1953; Kubota *et al.*, 1963; Adams y Honeyset, 1964b; *et al.*, 1982; Berrow y *al.*, 1983). Una correlación negativa entre la concentración total de Fe en el suelo; también se observa en la absorción de iones y Co por la planta (McLaren *et al.*, 1987; Li *et al.*, 2004), pero solo fue estadísticamente significativo en los casos donde se agregó fertilizante de Co a los suelos. En el contenido de arcilla se informó que los suelos tiene una correlación positiva significativa relación con la absorción de Co por la planta (Wright y Lawton, 1954; *et al.*, 2004), pero resultó negativo en los suelos estudiados en McLaren *et al.* (1987). Una correlación positiva y significativa entre suelo absorción de carbono orgánico y Co por raigrás (*Lolium perenne* L.), pero no para el trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), se ha informado por McLaren *et al.* (1987). Una falta de correlación entre Co Wright informó sobre la absorción y el carbono orgánico en los suelos y Lawton (1954), y *et al.* (2004).

La investigación del contenido de Co de los cultivos forrajeros indica que los cultivos sembrados en suelos mal drenados contienen significativamente mayores concentraciones de Co en comparación con los cultivados en suelos bien drenados (Adams y Honeysett, 1964a; Berrow *et al.*, 1983). Varios autores han demostrado que la incubación de agua- suelos explotados da como resultado aumentos significativos en la disponibilidad de Co con el tiempo (Plekhanova y Saveleva, 1999; Hany Banin, 2000). Han y Banin (2000) especularon que la mayor disponibilidad de Co en suelos anegados se debió a la reducción de Fe, Mn en minerales de óxido. Por el contrario, Tagami y Uchida (1998) no observa ninguna diferencia significativa entre las proporciones de Co enriquecido recuperado de suelos sometidos a cualquiera de aerobios o condiciones anaeróbicas durante un período de 6 meses.

Geoquímicamente, el Co se comporta de manera similar al Ni y el comportamiento es íntimamente ligado al del sistema Fe-Mn; sin embargo, a diferencia de Ni, el Co existe naturalmente en dos estados de oxidación, Co (II) y Co (III) (Adriano, 1986; Kabata-Pendias y Pendias, 2001). Taylor y McKenzie (1966) demostraron que en muy diferentes tipos de suelos australianos. En promedio, el 79% del suelo total el cobalto

se asoció con los minerales Mn birnesita [(Na, Ca) Mn₇₀, 2.6H₂₀] y litioforita [(Al, Li) MnO₂(OH)]. La precipitación de Co mediada por la superficie puede ser responsable de alta adsorción superficial aparente a altas concentraciones de exposiciones. En ausencia de ligandos orgánicos, Co exhibe una alta afinidad por las superficies minerales, como lo indica la solución sólida coeficientes de partición (K_A), (McLaren et al., 1986; Fujikawa y Fukui, 1997; Barrow y Whelan, 1998).

Varios estudios documentan que los forrajes pueden ser deficientes, desequilibrados o excesivamente altos en (Co), (Cu) y/o (Mo) con respecto a las necesidades de los rumiantes (para referencias; Underwood y Suttle, 1999; MacPherson, 2000). Cada uno de estos elementos activa una serie de enzimas y coenzimas esenciales para el metabolismo energético, absorción de nutrientes, reproducción, desarrollo óseo, el crecimiento, la resistencia a las enfermedades y muchas otras funciones, no sólo en mamíferos sino también en microorganismos por otra parte, el exceso de oferta de estos elementos pueden causar envenenamiento, especialmente en el caso de ovejas que son intolerantes a altas ingestas de cobre. El suministro inadecuado puede afectar negativamente a la alimentación, utilización, producción y fertilidad en rumiantes (Underwood y Suttle, 1999). El oligoelemento concentrado en las plantas forrajeras se determina por factores específicos del sitio relacionados con el lecho rocoso, suelo y clima. Algunas especies de plantas cultivadas bajo condiciones iguales pueden variar en la concentración elemental porque difieren en la absorción inherente de la raíz y/o tasas de crecimiento. Según Tomás et al. (1952) y Minson (1990) las leguminosas templadas son más altas en Cu que las gramíneas, mientras que contienen menos de este elemento que algunas otras hierbas dicotiledóneas.

La concentración de tejido vegetal de Co y Mo también es hasta cierto punto dependiente de la especie. En general, es mayor en leguminosas que en gramíneas (MacPherson, 2000; cabeza blanca, 2000; Govasmark *et al.*, 2005). Aunque las diferencias entre gramíneas y leguminosas son inconsistentes, el Co mayormente siguen el orden: trébol rojo, trébol blanco perenne ryegrass italiano, rábano, dátilo, festuca de

pradera, timothy (Voss y MacPherson, 1977). En el norte de Escandinavia, timothy y la festuca de los prados son los más importantes cultivos forrajeros y ha habido preocupación por la concentración de Co así como la relación Cu: Mo en ensilaje y heno en varias regiones. Ocasionalmente, se ha informado deficiencia de Co y/o Cu en rebaños de ganado vacuno y ovino en las zonas costeras de Noruega. (Frøslie & Nordheim, 1983; Ulvund, 1995; Sivertsen & Plassen, 2004) y en Suecia (Anónimo, 2007). En contraste, el envenenamiento por Cu de las ovejas ha sido reportado en algunas áreas del interior (Frøslie & Nordheim, 1983; Frøslie et al., 1983).

El micronutriente Co es particularmente poco estudiado. (Facey *et al.* 2019). El significado biológico del cobalto se asocia a menudo con su capacidad para sustituir otros micronutrientes (Intwala *et al.* 2008); semejante como para zinc en el enzima Carbónico anhidrasa (Quigg, 2016). Aunque algunas cianobacterias marinas (por ejemplo, *Prochlorococcus*, *Trichodesmium* y *Synechococcus*.) parecen tener un requisito absoluto de Co que no puede ser reemplazado por sustitución de otros elementos (Sunda y Huntsman 1995, Saito *et al.* 2002, Rodríguez y Ho 2015).

Hay evidencia de que el Co puede influenciar en marina cianobacterias, en distribución y productividad (Saito et al. 2002, Panzeca et al. 2006, Koch et al. 2011, Huertas et al. 2014, Helliwell *et al.* 2016, Nef *et al.* 2019, Facey *et al.* 2021), así como la fijación de nitrógeno (Healey 1973, Rodríguez y Ho 2015) y fitoplancton comunidad estructura (Browning *et al.* 2017).

Similarmente, en sistemas de agua dulce la importancia del Co ha sido observado por Downs *et al.* (2008) quien notó un estímulo de la productividad primaria sobre la adición de Co durante un florecimiento del heterociste de agua dulce cianobacterias *Anabaena flos-aquae* en el lago Waihola, Nueva Zelanda.

Andrews (1966), nos menciona que el cobalto es absorbido en mayor concentración en el periodo de otoño invierno en plantas para forraje en especial en pastos y granos, sin embargo, las leguminosas presentan una mayor eficiencia en la absorción de este elemento.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Lugar experimental de estudio.

El estudio se realizó dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicada en Torreón, Coahuila, con las coordenadas de 26° 23" de latitud Norte y los 104° 47" de longitud Oeste.

El experimento se llevó a cabo por dos fases, una que fue en el laboratorio de Horticultura en donde la primera fase fue la propagación y germinación y la segunda se realizó en el laboratorio de Bromatología de la misma universidad en donde se realizó el análisis correspondiente.

4.2 Material genético.

Se utilizaron semillas de maíz (*Zea mays L.*) Híbrido TORNADO con alto grado de germinación 90% de lote M18ND406FK06, esta semilla está certificada con una pureza física del 99 %, materia inerte de máximo 1% y avalada por la misma empresa

4.3 Metodología y tratamientos.

Para poder realizar este experimento se buscó un lugar apropiado y libre de cualquier tipo de patógenos que pudiesen afectar el proceso de germinación y crecimiento de la misma, la opción más viable fue en el departamento de horticultura debido a que cuenta con aire acondicionado y cortinas para poder controlar el crecimiento del forraje.

Lo siguiente fue hacer el conteo de las semillas de maíz para poder colocarlos en cada charola, se hicieron 4 grupos que cada uno correspondía a un tratamiento de 10 charolas por 100 semillas cada una, para su organización y manejo posterior fueron utilizadas charolas desechables de unicel de 20 x 15 cm.

Cuadro 1. Aplicación de sulfatos Zn y Co a cada uno de los tratamientos.

	1^a Aplicación 22/agosto	2^a Aplicación	3^a Aplicación	4^a Aplicación	5^a Aplicación
TRATAMIENTO 1 (TESTIGO)	Aplicación de solo agua				
TRATAMIENTO 2	50ml agua/3ml Zn,50ml agua/3ml Co.	Aplicación de solo agua			
TRATAMIENTO 3	50ml agua/3ml Zn, 50ml agua/ 5ml Co.	Aplicación de solo agua			
TRATAMIENTO 4	50ml agua/3ml Zn, 50ml agua/7ml Co.	Aplicación de solo agua			

4.3.1 Crecimiento y cosecha.

Las plántulas obtenidas fueron regadas con agua hasta su cosecha a los 20 días de germinación.

Para evaluar el rendimiento de las diferentes densidades de siembra, el FVH de las 10 bandejas de cada tratamiento fue cosechado y se determinó su peso fresco esto ahora en el laboratorio de bromatología.

4.3.2 Calidad nutricional del FVH

La calidad nutricional del FVH fue determinada a partir de muestras de materia seca obtenidas en cada tratamiento y molidas, y que las partículas fueran lo suficiente pequeñas para pasar una criba de 1mm. Posteriormente se efectuaron análisis proximales y Van Soest.

Las determinaciones realizadas en el sistema proximal o Wendee fueron las siguientes: proteína cruda (PC), cenizas (CEN), determinación de nitrógeno total (PROTEINA) y extracto etéreo (GRASA), mientras en sistema de análisis Van Soest, se realizaron los siguientes análisis: fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDN).

4.3.3 Determinación de materia seca total

Para determinar materia seca del material vegetativo, se mezclaron tres charolas formando 3 grupos por cada tratamiento. Las mezclas se pesaron en fresco en una balanza analítica de la marca comercial "Explorer OHAUS" en bolsas de papel previamente tarado (peso constante). Se llevaron a la estufa a una temperatura de 65° C durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo, las bolsas se llevaron al desecador por una hora aproximadamente para dejar enfriar y evitar que absorbieran humedad del ambiente. Transcurrido ese tiempo se volvieron a pesar, para obtener el % de materia seca por diferencia de peso, utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Materia Seca} = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso total de la muestra verde}} \times 100$$

Peso total de la muestra verde

Una vez se obtuvieron los primeros datos se continua con la molienda de las muestras en el molino tipo wiley limpiando con la brocha las superficies del molino para que no queden remanentes entre una muestra y otra. Después se almacenaron para continuar con los análisis bromatológicos.

4.3.4 Determinación de cenizas 550°C x 4 h

Las cenizas fueron obtenidas mediante la calcinación de la materia orgánica, ya este es el material inorgánico de la muestra.

Para la determinación de cenizas, se utilizaron crisoles y pinzas metálicas para su manipulación. Una vez que las muestras fueron secadas y molidas se pesaron aproximadamente 2 gramos de muestra en un crisol seco y previamente tarado (peso constante), posteriormente los crisoles fueron colocados en una mufla a 550 °C para su combustión durante 4 horas con la finalidad de obtener unas cenizas blancas sin la presencia de partículas carbonosas. Transcurrido el tiempo, se debe enfriar la mufla gradualmente a 150° C para contrarrestar las altas temperaturas y que los crisoles puedan ser colocados a un desecador de vidrio por unas horas hasta que se enfríe completamente y finalmente fueron pesados para realizar los cálculos correspondientes mediante la siguiente formula:

$$\text{CENIZAS (\%)} = \frac{\text{Peso final del crisol} - \text{Peso inicial del crisol}}{\text{Gramos de la muestra}} * 100$$

4.3.5 Determinación de fibra detergente neutro. Método Van Soest.

Este análisis de fibras detergente neutra se encarga de dividir los componentes y contenidos celulares en fracciones tan pequeñas al grado de ser semejantes a la digestión total del animal, que en este caso al ser digeridas las fibras con una solución de pH neutro de Sulfato de Lauril a un pH de 7, las cuales degradan los lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, sustancias hidrosolubles, pectina, almidón, nitrógeno no proteico y proteína soluble.

Se pesan en la báscula analítica muestras de 0.500 g y se colocan a los vasos de Berzelius, después se agregan 100 ml de la solución detergente neutra (pH 7), para colocarlos de manera cuidadosa en el aparato digestor de fibra, se enciende el aparato

y justo cuando han pasado alrededor de 15 minutos se agregan 0.5 ml de la solución alfa amilasa con la finalidad de degradar los elementos orgánicos como lípidos, azúcares, y proteínas de las células vegetales durante la digestión. Se mantiene la digestión por 60 minutos. Se dejó enfriar y se procedió a filtrar la muestra en un papel filtro previamente tarado (peso constante) a través de un embudo de porcelana Buchner en un matraz quita zato con la ayuda con la ayuda de una bomba de vacío. Al finalizar se sellan las muestras con 20 ml de acetona y se trasladan a la estufa donde permanecerán durante 24 horas a 100° C. Transcurrido el tiempo se retiran de la estufa con ayuda de las pinzas metálicas y se colocan en el desecador de vidrio durante un tiempo aproximado de 1 hora, donde por último se pesarán los filtros para realizar los cálculos correspondientes de acuerdo con la siguiente formula:

$$\text{FDN (\%)} = \frac{\text{Peso final de la muestra y filtro} - \text{Peso inicial del filtro} \times 100}{\text{Gramos de la muestra}}$$

4.3.6 Determinación de fibra detergente ácido. Método Van Soest.

El análisis de fibra detergente ácida (FDA) se refiere a los constituyentes menos solubles de la pared celular, representados básicamente por celulosa y lignina, insolubles en detergente ácido.

Se pesan en báscula analítica muestras de 0.500 y se colocan en los vasos de Berzelius, después se agregan 100 ml de la solución detergente ácida (Acetato de bromuro de cetil trimetilamonio a 1N de ácido sulfúrico aun pH de 4) para colocarlos de manera cuidadosa en el aparato digestor de fibra, se enciende el aparato y se mantiene la digestión por 60 minutos. Se dejó enfriar y se procedió a filtrar la muestra en un papel filtro previamente tarado (peso constante) a través a través de un embudo de porcelana Buchner en un matraz quitazato con la ayuda de una bomba de vacío. Al finalizar se sellan las muestras con 20 ml de acetona y se trasladan a la estufa donde

permanecerán durante 24 horas a 100° C. Transcurrido el tiempo se retiran de la estufa con ayuda de las pinzas metálicas y se colocan en el desecador de vidrio durante un tiempo aproximado de una hora, donde por último se pesarán los filtros para realizar los cálculos correspondientes de acuerdo a la siguiente fórmula:

Fórmula para obtención de resultados de fibra detergente acida.

$$\text{FDA (\%)} = \frac{\text{Peso final de la muestra y papel} - \text{Peso inicial del papel} * 100}{\text{Gramos de la muestra}}$$

4.3.7 Determinación de extracto etéreo (equipo de extracción Goldfish)

El extracto etéreo, como se le conoce se utiliza para determinar la cantidad de grasa total que se encuentra proveniente de una muestra orgánica, está formada principalmente por lípidos y otras sustancias que no lo son, pero que son solubles en ciertos solventes orgánicos.

Para determinar el EE se pesan con la ayuda de pinzas metálicas (a peso constante) los vasos con borde esmerilado. Se colocan dos gramos de la muestra previamente secada y molida del FVH en un papel filtro, se debe doblar el papel de tal forma que no se salga nada de la muestra para ser introducidos dentro de un dedal de asbesto, este a su vez será introducido a un porta dedal de vidrio que serán insertados de manera uniforme en el aparato de Goldfish, mientras tanto al vaso de borde esmerilado se le vierten 40 ml de éter de petróleo y se sujeta herméticamente con la ayuda del empaque de un caucho al aparato para formar un vacío, quedando los porta dedales justo al centro del vaso. Se encienden las parrillas del aparato para calentar el éter y que recircule en el vaso por un tiempo aproximado de 4-5 horas, de esta manera el éter en contacto con la muestra extrae las sustancias grasosas.

Pasando el tiempo, se apaga el aparato y se deja evaporar el éter, para que la grasa se quede adherida a las paredes del vaso.

Se retiran los vasos con las pinzas y se llevan al desecador para dejar enfriar por 1 hora, finalmente serán pesados para realizar los cálculos correspondientes mediante la siguiente fórmula:

$$EE (\%) = \frac{\text{Peso final del vaso esmerilado} - \text{peso inicial del vaso esmerilado} * 100}{\text{Gramos de la muestra}}$$

4.3.8 Determinación de proteína cruda por el método de KJELTEC

Para el análisis de proteína bruta se pesa un gramo de muestra y se vierte el contenido de la materia orgánica en el tubo digestor micro-Kjeldahl y se le agregan 12 ml de Ácido Sulfúrico al 10% con ayuda de una pipeta. Después se le agregan 4 gramos de pastillas catalizadoras ($K_2SO_4 \cdot 5H_2O$) se mezcla cuidadosamente y se lleva al Micro Kjeldahl para la digestión gradual a 150°C hasta 420°C por un periodo total de una hora y 30 minutos, se dejaron enfriar por lo menos 30 minutos.

Una vez transcurrido el tiempo se llevan los tubos con la ayuda de las pinzas al destilador KJELTECTM 8100 para el proceso final de nitrógeno total. Se coloca el matraz de 250 ml con 50 ml de ácido bórico al 20% en la compuerta principal del destilador para recuperar el destilado, en donde por composición química los elementos orgánicos se desnaturalizan cambiando su tonalidad a color verde. Posteriormente el Nitrógeno amoniacal se determinó por titulación con ácido clorhídrico al 0.1 N Hasta el punto de equivalencia indicado por el cambio de color cuando se tornó a un color rosado.

Se debe tomar en cuenta que el peso molecular del nitrógeno dentro de los elementos químicos de la tabla periódica es de 14.007 para posteriormente realizar los cálculos exactos de Proteína Cruda con la siguiente formula:

El porcentaje de N en la muestra se determina según la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(V_{muestra} - V_{blanco})N_{ácido} \times 14.00 \times 100}{\text{mg de muestra}}$$

V muestra= volumen de HCl para titular la muestra (ml)

V blanco= volumen de HCl para titular el blanco (ml)

N= normalidad exacta HCl



Figura 1,2. Preparación de la soluciones Co y Zn.



Figura 3. Primera aplicación de Zinc y Cobalto, 22 de agosto de 2022)



Figura 4. 4to día, emergencia de la semilla de maíz.

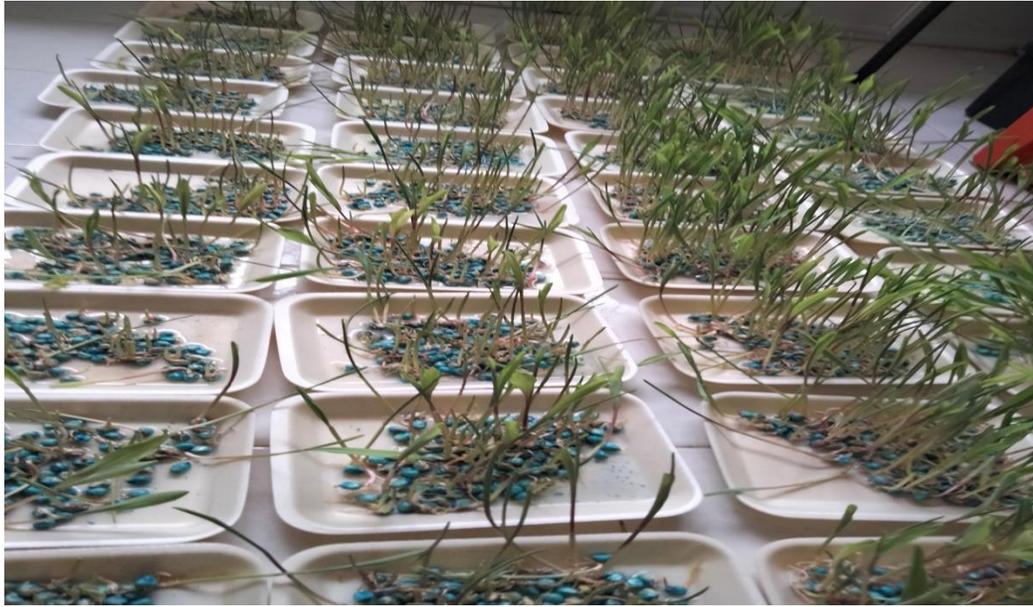


Figura 5. Plántula con 20 días de crecimiento.



Figura 6. Muestras deshidratadas



Figura 7. Muestras molidas y agrupadas por tratamiento.



Figura 8. Obtención de fibra detergente neutra y fibra detergente acida



Figura 9,10. Obtención de proteína cruda por el método de KJELTEC



Figura 11. Titulación de cada muestra



Figura 12. Obtención de cenizas



Figura 13. Obtención de grasa (E.E)



Figura 14 Obtención de grasa (E.E.)

5. RESULTADOS

Cuadro 2.- Análisis de varianza de la variable fibra neutra

Fuente	GL	SC ajustada	MC ajustada	Valor F	Valor P
Tratamientos	3	586.1	195.36	3.07	0.040
Error	36	2290.0	63.61		
Total	29	2876.1			

Los resultados del Cuadro 2 de la variable de fibra neutra analizada en este experimento mostraron un comportamiento alta mente significativa entre los tratamientos, en la Figura 15, el T2 y el T4 resultaron superiores al T1 en un 27%.

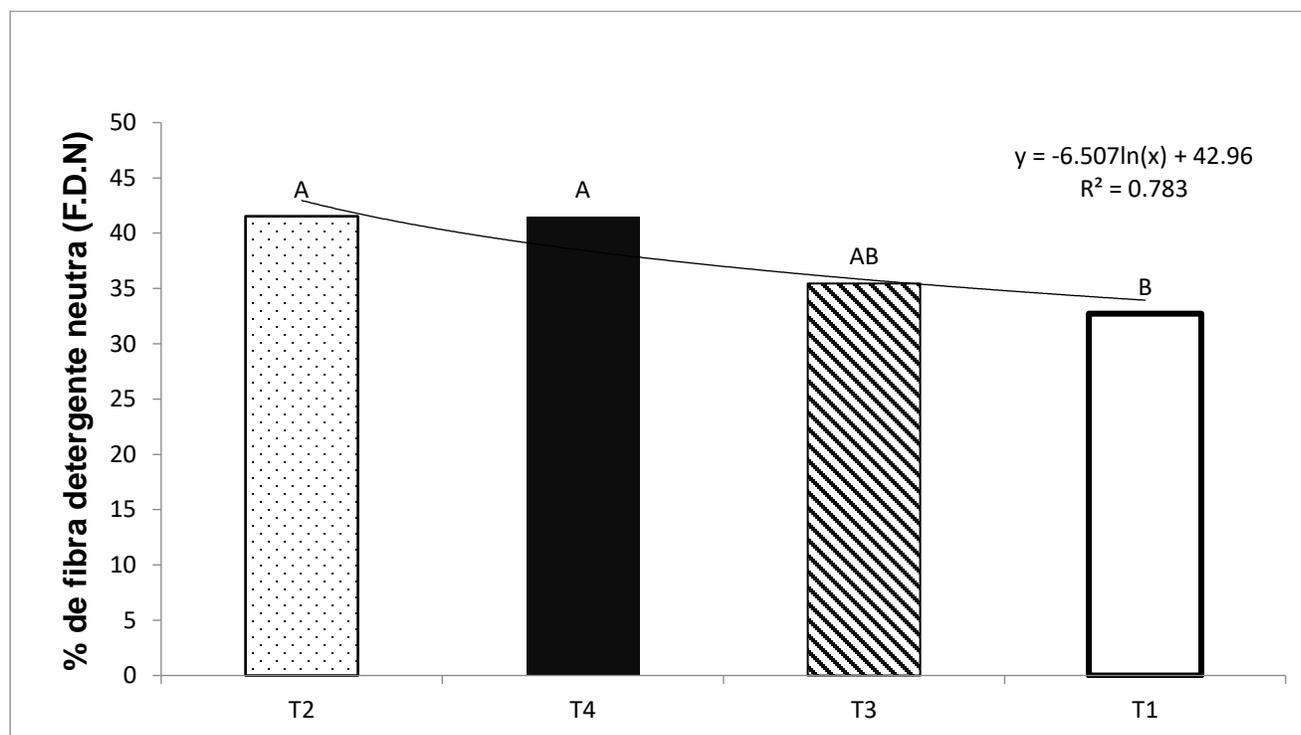


Figura 15.- Efecto del Zn y Co sobre la fibra detergente neutra (F.D.N) en F.V.H. de maíz (*Zea mays*).

Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable fibra acida

Fuente	GL	SC ajustada	MC ajustada	Valor F	Valor P
Tratamientos	3	1202.8	400.94	17.52	0.000
Error	36	824.0	22.89		
total	39	20.26.8			

El Cuadro 3 de la variable de fibra acida analizada en este proyecto muestra un comportamiento significativo entre los tratamientos, en la Figura 16, el T4 resulto superior en un 104.65 % al T1, seguido del T2 en un 30 % y por último el T3 en un 57.25 %.

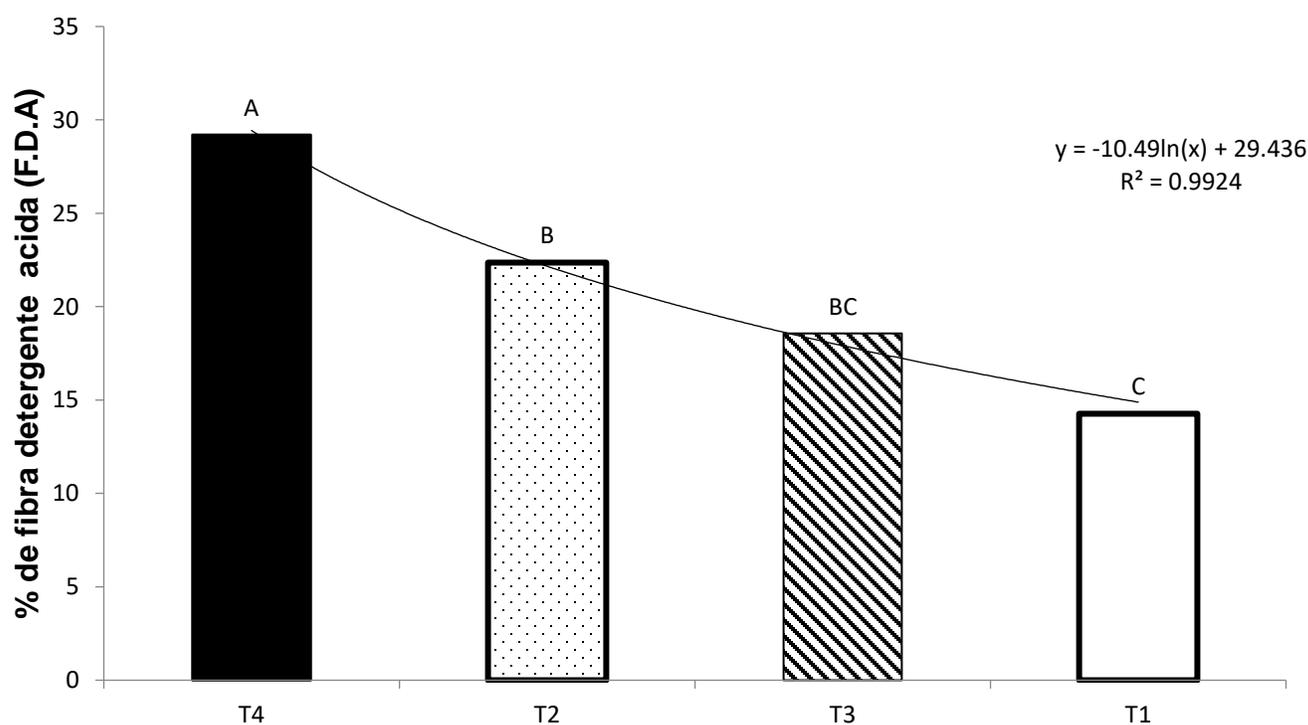


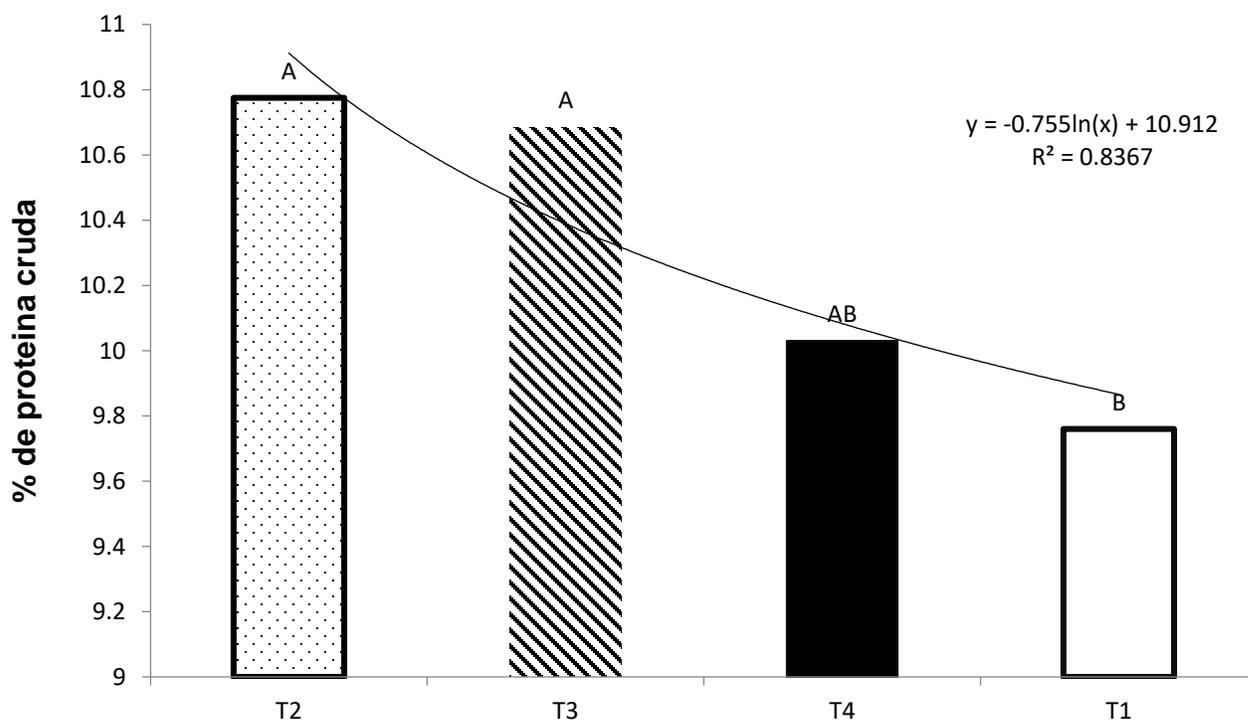
Figura 16. Efecto del Zn y Co sobre la fibra detergente acida (F.D.A.) en F.V.H de maíz (*Zea mays*)

Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable de proteína

Fuente	GL	SC ajustada	MC ajustada	Valor F	Valor P
Tratamientos	3	7.377	2.4591	3.00	0.043
Error	36	29.509	0.8197		
Total	39	36.886			

El Cuadro 4 de la variable de proteína comparada muestra un comportamiento altamente significativa entre los tratamientos.

En la Figura 17 el T2 se obtuvo 10.7 % similar al T3 con un .10.6 % de P.C. y por último el T4 y T1 en un 10.4 y 9.7% respectivamente.

Figura 17. Efecto del Zn y Co sobre la proteína cruda (PC) en FVH de maíz (*Zea mays*)

Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable de extracto etéreo.

Fuente	GL	SC ajustada	MC ajustada	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	27.09	9.031	0.91	0.446
Error	36	357.67	9.935		
Total	39	384.76			

En el Cuadro 5 de la variable de extracto etéreo se mostraron los resultados, hubo un comportamiento estadístico altamente significativo entre los tratamientos, en la Figura 18 el T4 resulto superior en un 12.28 % al T1, seguido del T3 en un 17.92 % y por último el T2 en un 30.82 % respectivamente.

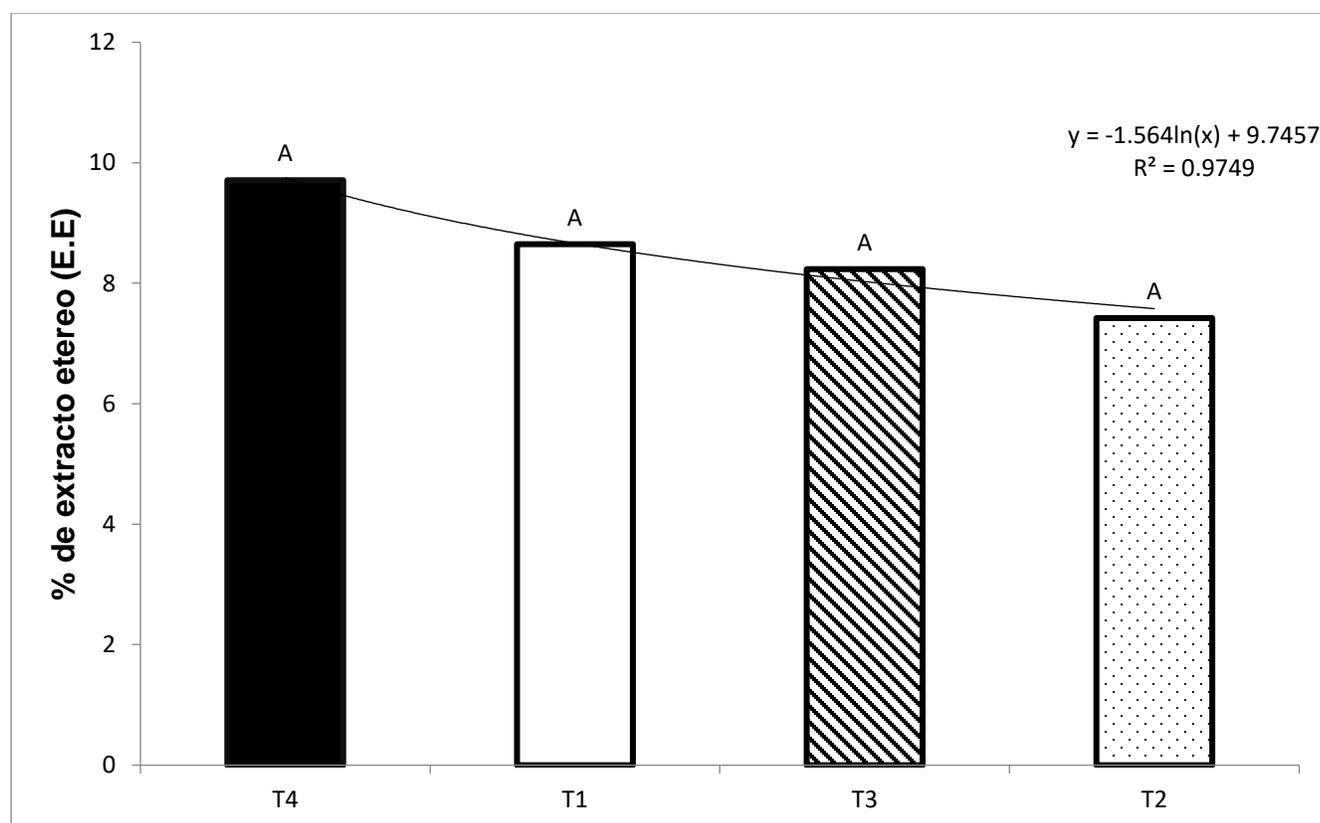


Figura 18. Efecto del Zn Y Co sobre el Extracto etéreo (grasa) en FVH de maíz (*Zea mays*).

Cuadro 6. Análisis de varianza de cantidad de ceniza.

Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	0.9493	0.31645	5.21	0.004
Error	36	2.1883	0.06078		
Total	39	3.1376			

El cuadro 6, muestra un valor estadístico altamente significativo, ya que los tratamientos influyeron en la variable cuantificada de ceniza, la figura 19 nos indica que el T2 es superior al T1 o blanco en un 16.19% y al T3 en un 1.12%. (el T2 fue superior al T1 y al T3 en un 16.19 y 1.12% respectivamente), de la misma manera se obtuvo que el promedio de todos los rangos en T2 es consistente.

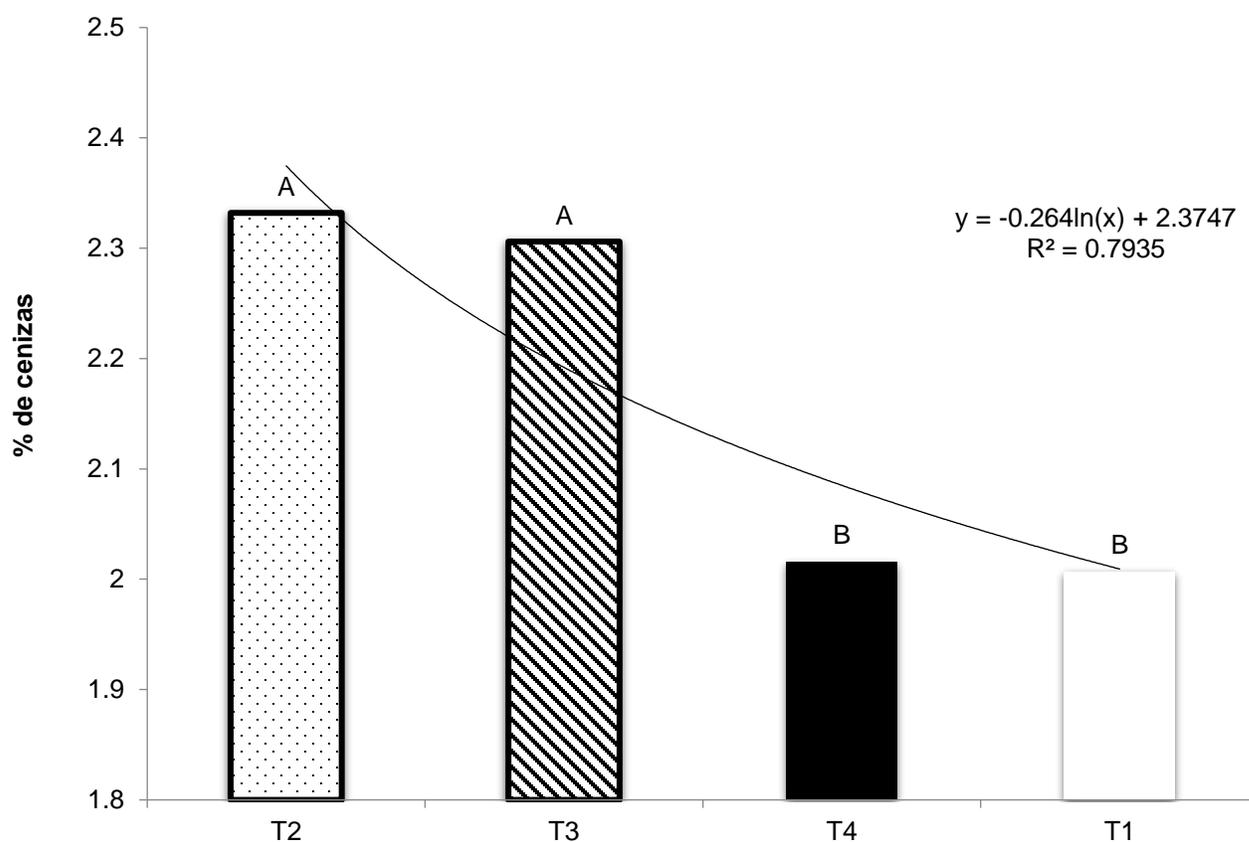


Figura 19.- Efectos del Zn y Co sobre la obtención de cenizas en F.V.H

6. DISCUSIÓN

El trabajo anterior concuerda con la siguiente cita donde nos menciona (López *et al.* 2012) que en los alimentos es importante conocer los contenidos de MS, proteína, fibra, digestibilidad y cenizas; ya que su conocimiento permite balancear las dietas de los animales. Al mismo tiempo es necesario determinar la presencia de los compuestos anti nutricionales en el alimento, ya que estos pueden afectar el consumo de MS del animal.

La aplicación de las soluciones de Sulfato de Cobalto y Sulfato de Zinc en diferentes concentraciones al FVH, mediante el riego, afectó de manera significativa ($p > 0.05$) la materia seca del forraje de maíz, Según Kjeldahl (1883), la proteína se mide de manera indirecta mediante la cuantificación del nitrógeno total multiplicado por un factor específico, en este caso es de 6,25 el resultado expresa la cantidad de proteína cruda que contiene el alimento. La proteína cruda obtenida en el experimento se puede apreciar que los resultados si mostraron diferencia significativa ($p > 0.05$) en todos los tratamientos, el T2 alcanzó un 10.7%, cifra superior a la encontrada por Vargas (2008), el cual encontró un 9.61% de PC en el forraje verde hidropónico de maíz a los 14 días de siembra. Candia (2014) menciona que el contenido de proteína cruda mínima que debe tener el FVH es de 7%, ya que un valor menor a este se tiene un efecto negativo en ganancia de crecimiento, peso, lactancia o reproducción de los animales. La FDA es el residuo que queda luego de someter a la FDN a una solución de detergente ácido (ácido sulfúrico y bromuro de acetil-trimetilamonio). En este proceso se extrae la hemicelulosa, de tal forma que la fibra remanente estará constituida solo por celulosa y lignina (Bassi, 2006).

La Fibra Detergente Ácida (FDA) refiere a los constituyentes menos solubles de la pared celular, representados principalmente por celulosa y lignina, insolubles en detergente ácido, es decir las fibras indigestibles de un forraje. En relación a esto se puede observar que durante el desarrollo del F.V.H. hay un aumento en la germinación de la semilla, lo que indica que el desarrollo de carbohidratos estructurales aumenta, la concentración de fibra cruda (FC), fibras Detergentes Ácidas (FDA) y ácido linoleico, y disminuye el extracto libre de nitrógeno (ELN) (Nonigopal, 2019). Respecto a la Fibra

Detergente Ácida (FDA) los nutrientes utilizados en este estudio (Zn y Co) pudieron haber influido en el FVH fortaleciendo las fibras de las plantas, como la celulosa y lignina que es la encargada de fraccionar en este análisis, por lo cual, se pudo ver reflejado en los tratamientos 4 y 2 en relación con el tratamiento 1 ($p>0.05$). Estos resultados obtenidos difieren en comparación con lo encontrado en un estudio realizado por Torres *et al.*, 2015, en su trabajo reporta una FDA con 30% de fibras totales, mientras que en este estudio el tratamiento control fue diferente ($p>0.05$; 14%), con respecto a los tratamientos 2 y 4 ($p>0.05$; 23 y 29% respectivamente) llegando a las cifras de Maldonado *et al.*, 2013, para disminuir el porcentaje de FDA a un 16.8%, con el tratamiento 3 que fue el que tenía mayor concentración de estos nutrientes, esto puede explicarse a que si bien el Zinc es un nutriente esencial que sirve como cofactor enzimático para la producción de semillas y ayuda al establecimiento de las membranas celulares y mantener estables a los ribosomas para que lleven a cabo su correcta funcionalidad con el ADN (Pérez, 2017), el Zinc resulta tóxico en grandes cantidades para las plantas y ocasiona un desbalance metabólico generalizado en las células; los síntomas visibles a niveles excesivos de Zinc en los tejidos y órganos de las plantas son: la disminución de frutos y semillas, un crecimiento atrofiado y el amarillamiento de las hojas (Amezcuza y Lara, 2007). La Fibra Detergente Neutra (FDN) más digerible será esta para los animales, no hay nada más novedoso para optimizar la digestibilidad del FDN, entre más madura un forraje decrece el contenido de energía y digestibilidad (Hoffman *et al.*, 2007), similar a los resultados obtenidos, donde se observa que la FDN es más elevada a la FDA al tratarse de un forraje joven la digestibilidad es mayor. Existen elementos que pueden estimular el crecimiento de las plantas, pero no están comprendidos dentro de los criterios de esencialidad. Algunos de ellos resultan esenciales para ciertas especies o bajo condiciones especiales. Usualmente estos elementos son definidos como elementos benéficos como: sodio, cloro, silicio, cobalto, vanadio, etc. (Pérez, 2017).

Los resultados de cenizas fueron diferentes ($p>0.05$) en los tratamientos T2 y T3 con respecto al T1, coincidiendo con lo que menciona Medina *et al.*, 2022, donde los

resultados de cenizas totales se expresan de manera negativa esto debido al aumento de los elementos que fueron aplicados a los forrajes hidropónicos con minerales no convencionales, debido a que durante la brotación aumenta el total de cenizas, esto puede estar asociado con la disminución de materia orgánica, (Dung *et al.*, 2010). Los métodos comúnmente usados para la extracción y cuantificación de grasas de los alimentos consisten en la extracción directa con uno o varios disolventes, utilizando un equipo de extracción (Murrieta, 2017). La germinación cataboliza el almidón en azúcar soluble durante el procesamiento bioquímico de las plantas. Con esto se puede explicar porque se tienen cambios significativos entre el tratamiento 1 y el resto de los tratamientos ($P > 0.05$) debido a los minerales aplicados ($ZnSO_4$ y $CoSO_4$) de manera directa influyeron metabolizando carbohidratos para así ser expresado en menor cantidad de grasa en el análisis del extracto etéreo.

7. CONCLUSIÓN

La investigación concluyo que la aplicación del sulfato de zinc (ZnSO_4) y cobalto (CoSO_4) influyen en la composición bromatológica del forraje verde hidropónico en la proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutra y fibra detergente acida en estos cuatro se obtuvo un resultado significativo, donde la proteína generada por el T2 indica que los compuestos influyen en esta variable por lo que es recomendable su uso en la producción de FVH de maíz.

8. RECOMENDACIONES

Los resultados expresados de proteína con la aplicación del tratamiento (3 ml zinc + 3 ml cobalto) son muy buenos para la nutrición de los animales por lo que es esencial para la fortificación de estos y su efecto puede ser positivo en ganancia de crecimiento, peso, lactancia o reproducción. Esta información generada se utilizara para recrear nuevamente un proyecto en el sur del Estado de Morelos para analizar las posibles diferencias y resultados. El experimento obtuvo resultados favorables por lo que recomiendo que tenga una continuación.

9. REFERENCIAS

- Adams, S.N., and J.L. Honeysett. (1964). Some effects of soil waterlogging on the cobalt and copper status of pasture plants grown in pots. *Aust. j.Agric. Res.* 15:357-367.
- Ali, S., S. Shah and M. Arif. (2021). Agronomic biofortification with zinc and iron for the improvement of wheat Phenology and yield. *Sarhad J. of Agric.*, 37(3): 901-914. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.3.901.914>.
- Amezcuca, R. J. C. y Lara, F. M. (2017). El Zinc en las plantas, *Ciencia*, 68 (3), 28-36.
- Amjadian, Elham, A. Zeinodini, and H. Dogan. (2021). Effect of fertilizer management systems on growth and balance of nutrients in wheat cultivation. *Cent. Asian J. Plant Sci. Innov.*, 1.2(2021): 56-69.
- Anonymous. (2007). Evero'd har problem med kopparbrist. *Husdjur*, 1, 14-16.
- Araya, M; Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1): 37-43.
- Arellano MR. (2009). Proceso de producción de forraje verde hidropónico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit, México. 30 p.
- Bassi, T. (2006). Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes. Cátedra de Manejo de Pasturas Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

- Berrow, M. L., J.C. Burridge, and J.W.S. Reith. (1983). Soil drainage conditions and related plant trace element contents. *J. Sci. Food Agric.* 34:53-54.
- Browning, T. J., Achterberg, E. P., Rapp, I., Engel, A., Bertrand, E. M., Tagliabue, A. & Moore, C. M. (2017). Nutrient colimitation at the boundary of an oceanic gyre. *Nature* 551:242–6.
- Candia, L. (2014). Evaluación de la calidad nutritiva de forraje verde de cebada *Hordeum Vulgare* Hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de *Cuy Caviaporcellus* a dos concentraciones, *Salud Tecnología*, 2, 55-62 pp.
- Carvalho, A.F.U., de Sousa, N.M., Farias, D.F., da Rocha-Bezerra, L.C.B., da Silva, R.M.P., Viana, M.P. and de Moraes, S.M. (2012). Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. *Journal of Food Composition and Analysis.* 26(1-2): 81-88.
- CINA (Centro de Investigación en Nutrición Animal). (2015). Laboratorio de Bromatología de Forrajes de la Universidad de Costa Rica. (En línea). Consultado el 18 de enero del 2023. Disponible en: <http://www.cina.ucr.ac.cr/index.php/2015-10-28-20-54-43/laboratorio-debromatologia>
- Chakraborty, M., D. Chakraborty, P. Mondal, and P.R. Paul. 2021. Micronutrient deficiency stress in soils of India: Tackling it to alleviate hidden hunger. In *soil science: Fundamentals to recent advances*, pp. 801-821. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0917-6_40
- De Oliveira A,É., dos Santos, F.E., de Oliveira, Q.G., Camacho, M.A. and Dresch, M.D. (2012). Nutritional efficiency of cowpea varieties in the absorption of phosphorus. *Agronomia colombiana.* 30(3): 419-424.

- Downs, T. M., Schallenberg, M. & Burns, C. W. (2008). Responses of lake phytoplankton to micronutrient enrichment: A study in two New Zealand lakes and an analysis of published data. *Aquat. Sci* 70:347–60.
- Dung, D., Godwin I. R. y Nolan, J. (2010). Nutrient Content and in sacco Degradation of Hydroponic Barley sprouts Grown using Nutrient Solution or Tap Water, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 2432-2436 pp.
- Elizondo J, Boschini C. (2002). Producción de Forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*, año/vol. 13, numero 00. Pp. 13-17.
- Facey, J. A., Rogers, T. A., Apte, S. C. & Mitrovic, S. M. (2021). Micronutrients as growth limiting factors in cyanobacterial blooms; a survey of freshwaters in South East Australia. *Aquat. Sci* 83:28.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2012). Cambio climático y la ganadería. <http://www.fao.org/climatechange/49380/es/>
- FAO-IMMG. (2001). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Grupo Intergubernamental sobre la Carne y los Productos Lácteos. Propuesta del proyecto: Mejora de la carne de vaca (Productividad, Calidad, Seguridad y Comercio) en América Central. FAO- Grupo Intergubernamental sobre la Carne y los Productos Lácteos, Roma.
- Frøslie, A., & Nordheim, G. (1983). Copper, molybdenum, zinc and sulphur in Norwegian forages and their possible role in chronic copper poisoning in sheep. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 33, 97-104.

- Fujikawa, Y., and M. Fukui. 1(997). Radionuclide sorption to rocks and minerals: Effects of pH and inorganic anions. Part 1. Sorption of cesium, cobalt, strontium, and manganese. *Radiochim. Acta* 76:153-162.
- Gallardo, M. (2010). Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 20 octubre. 2015. Disponible en: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/Tema%202.%20Material%20de%20lectura.%20Concentrados%20y%20subproductos.pdf>
- García, A.; Thiex, N.; Kalscheur, K. (2003). Interpretación del análisis del ensilaje de maíz. College of Agriculture & Biological Sciences de SDSU. South Dakota State University.
- García, V. J.A., Morales, A. C., Ramírez, G. M. E., Rendon, S. G. y Larque, S. M.U., (2001). Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para la selección de medias, *Agrociencia*, 35 (1), 1-9 pp.
- Garduño, F. (2011). Modelo de producción de forraje verde mediante hidroponía. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas. Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal. México.
- Garzón, A. (2011). Cambio climático: ¿Cómo afecta la producción ganadera? *Redvet. Revista Electrónica de Veterinaria* 12 (8): 1-8.
- Girma, F., & Gebremariam, B. (2018). Review on Hydroponic Feed Value to Livestock Production. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 7(4), 106–109. <https://doi.org/10.31254/jsir.2018.7405>.

- Govasmark, E., Steen, A., Bakken, A.K., Strøm, T., & Hansen, S. (2005). Copper, molybdenum and cobalt in herbage and ruminants from organic farms in Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A. Animal Science*, 55, 21-30.
- Harris, B. 1993. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage (en línea) Recuperado el 2 de marzo del 2023. Disponible en: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/value_of_high-fiber_alternative_feedstuffs.html
- Hafeez, B., Khanif, Y.M. and Saleem, M. (2013). Role of zinc in plant nutrition - A review. *American Journal of Experimental Agriculture*. 3(2): 374-391.
- Han, EX., and A. Banin. (2000). Long-term transformations of cadmium, cobalt, copper, nickel, zinc, vanadium, manganese, and iron in arid-zone soils under saturated condition. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31:943-957.
- Hassan, U., L. Mahmood, R. Tassaduq, C. Iqbal, A. Arshad, M. Abrar, M.M. Abrar, M.H. Rahman, M.A. Noor, A. Sher and S. Fahad. (2021). Linking plants functioning to adaptive responses under heat stress conditions: A mechanistic review. *J. Plant Growth Regul.*, pp. 1-18
- Healey, F. P. (1973). Inorganic nutrient uptake and deficiency in algae. *CRC Crit. Rev. Microbiol.* 3:69–113.
- Helliwell, K. E., Lawrence, A. D., Holzer, A., Kudahl, U. J., Sasso, S., Kr€autler, B., Scanlan, D. J., Warren, M. J. & Smith, A. G. 2016. Cyanobacteria and eukaryotic algae use different chemical variants of vitamin B12. *Curr. Biol.* 26:999–1008.

- Hill, A.C., S.J. Toth, and FE. Bear. (1953). Cobalt status of New Jersey soils and forage plants and factors affecting the cobalt content of plants. *Soil Sci.* 76:273-284.
- Hitha, S., V. Chandran and L. Mathew. (2021). Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. *Controlled release fertilizers for sustainable agriculture.* Acad. Press, 2021: 231-245. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00013-3>
- Hoffman, P. C., Lundberg, K. M., Bauman, L. M., Randy, D. y Contreras, G. F. E. (2007). El efecto de la madurez en la digestibilidad del FDN (Fibra Detergente Neutro), *Focus on Forage*, 5, 1-2 pp.
- Huertas, M. J., López-Maury, L., Giner-Lamia, J., Sánchez-Riego, A. M. & Florencio, F. J. (2014). Metals in cyanobacteria: analysis of the copper, nickel, cobalt and arsenic homeostasis mechanisms. *Life* 4:865–86.
- Iswaran, V., and W.V.B. Rao. (1964). Role of cobalt in nitrogen fixation by *Azobacter chroococcum*. *Nature* 203:549.
- Jake, C., I. Ortiz-Monasterio, D. Guereña, D.B. Lobell. (2022). Evaluating maize yield response to fertilizer and soil in Mexico using ground and satellite approaches. *Field Crops Res.*, 276: 1083.
- Juárez, L. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*. 3 (8).
- Juárez LP, Bugarín MR, Castro BR, Sánchez-Monteón A, Cruz-Crespo E, Juárez RCR, Alejo SG, Balois M R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio – septiembre.*

- Juárez-López, P., Morales-Rodríguez, H. J., Sandoval-Villa, M., Danés, A. A. G., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete, C. R., Aguirre-Ortega, J., Alejo-Santiago, G., & Ortiz-Catón, M. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. In *Revista Fuente nueva época Año* (Vol. 4, Issue 13).
- Kadyampakeni, D.M., and T. Chinyukwi. (2021). Are macronutrients and micronutrients therapeutic for restoring performance of trees affected by citrus greening? A discussion of current practices and future research opportunities. *J.Plant Nutr.*, 44(19): 2949-2969. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1927079>
- Kjeldahl, J. 1883. A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 22, 366-382
- Koch, F., Marcoval, M. A., Panzeca, C., Bruland, K. W., Sañudo-Wilhelmy, S. A. & Gobler, C. J. 2011. The effect of vitamin B12 on phytoplankton growth and community structure in the Gulf of Alaska. *Limnol. Oceanogr* 56:1023–34.
- Kubota, J., E.R. Lemon, and WH. Allaway. 1963. The effect of soil moisture content upon the uptake of molybdenum, copper, and cobalt by alsike clover. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27:679-683.
- Intwala, A., Patey, T. D., Polet, D. M. & Twiss, M. R. 2008. Nutritive substitution of zinc by cadmium and cobalt in phytoplankton isolated from the lower great lakes. *J. Great Lakes Res* 34:1–11.
- Iswaran, V., and W.V.B. Rao. 1964. Role of cobalt in nitrogen fixation by *Azorobacter chroococcum*. *Nature* 203:549.

Li, Z., R.G. McLaren, and A. K. Metherell. 2004. The availability of native and applied soil cobalt to ryegrass in relation to soil cobalt and manganese status and other soil properties. *N. Z. J. Agric. Res.* 47:33-43.

Lomelí, H. 2000. *Agricultura. México.*

López, B; Cisneros, M; Valdiviá, M; Sotto, V; Savón, L. 2012. Hidroforraje de *Leucaena leucocephala* para alimentar conejos. *Revista producción animal.* 24(1): 1-9.

MacPherson, A. (2000). Trace-mineral status of forages. In D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford, & H. M. Omed (eds.), *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition* (Wallingford, Oxon, UK: CABI Publishing), pp. 345-371.

Minson, D. J. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition* (London, UK: Academic Press Limited), 483 pp.

Medina, A. A., Gaytán, A. L., Camberos, U. N., Mendoza, P. S. I., Veliz, D. F. G. y Arellano R. G., 2022, Biofortificación con cobre en el forraje verde de trigo, *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8 (2), 1-10 pp.

Murrieta, L. K. G. (2017). *Manual de prácticas de la EE de: "Análisis de alimentos"*, Universidad Veracruzana, 1-54 pp.

McLaren, R.G., D.M. Lawson, and R.S. Swift. (1987). The availability to pasture plants of native and applied soil cobalt in relation to extractable soil cobalt and other soil properties. *J. Sci. Food Agric.* 39:101-112.

Naik, P., Swain, B., & Singh, N. (2015). *Review-Production and Utilisation of Hydroponics Fodder.* 32, 1–9.

- Natasha, N., M. Shahid, I. Bibi, J. Iqbal, S. Khalid, B. Murtaza, H.F. Bakhat, A.B. Farooq, M. Amjad, H.M. Hammad and N.K. Niazi. (2022). Zinc in soil plant human system: A data-analysis review. *Sci. Total Environ.*, 808: 152024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152024>
- Nef, C., Jung, S., Mairet, F., Kaas, R., Grizeau, D. & Garnier, M. (2019). How haptophytes microalgae mitigate vitamin B12 limitation. *Sci. Rep.* 9:8417.
- Nonigopal, S. (2019). Hydroponic fodder production: an alternative technology for sustainable livestock production in India, *Exploratory Animal and Medical Research*, 9 (2), 1-9 pp.
- Nube, M. and Voortman, R.L. (2006). Simultaneously Addressing Micronutrient Deficiencies in Soils, Crops, Animal and Human Nutrition: Opportunities for Higher Yields and Better Health. Staff Working Paper 06-02, Centre for World Food Studies, Amsterdam, The Netherlands.
- Oliveira de MG, Kardec JA, Ventura JEF, Simonal FP, Falcao KS. (2008). Productos de canteiros hidropónicos de soporte forrajero para alimentación de pequeños rumiantes en la agricultura familiar.
- Panzeca, C., Tovar-Sanchez, A., Agust, S., Reche, I., Duarte, C. M., Taylor, G. T. & Sañudo-Wilhelmy, S. A. (2006). B vitamins as regulators of phytoplankton dynamics. *Eos Trans.* 87:593–96.
- Parry, M; Canziani, O; Palutikof, J; Van der Linden, P; Hanson, C. *Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability.* Intergovernmental.
- Panel on Climate Change (IPCC). Universidad de Cambridge, Reino Unido. Consultado en línea el 15 de marzo del 2016. Disponible en:

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm

Plekhanova, I.O., and V.A. Savel'eva. (1999). The transformation of cobalt compounds in soils upon moistening. *Eurasian Soil Sci.* 32:514-520.

Raheela, R., M. Asif, I. Cakmak and L. Ozturk. (2021). Differences in uptake and translocation of foliar-applied Zn in maize and wheat. *Plant Soil*, 462(1): 235-244. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04867-3>

Quigg, A. (2016). Micronutrients. In Borowitzka, M. A., Beardall, J. & Raven, J. A. [Eds.] *The Physiology of Microalgae*. Springer International Publishing, Cham, pp 211–31.

Reisenauer, H.M. (1960). Cobalt in nitrogen fixation by a legume. *Nature* 186:375-376.

Rodriguez, I. B. & Ho, T. Y. (2015). Influence of Co and B12 on the growth and nitrogen fixation of *Trichodesmium*. *Front. Microbiol.* 6:1–9.

Rojas, M. (2009). Evaluación de los parámetros de producción y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de avena y trigo producidos de manera artesanal en el Zoológico de Buin, Chile. Trabajo de Grado para optar por el Título de Zootecnista. Universidad de la Salle. Bogotá. Colombia.

Saito, M. A., Moffett, J. W., Chisholm, S. W. & Waterbury, J. B. (2002). Cobalt limitation and uptake in *Prochlorococcus*. *Limnol. Oceanogr.* 47:1629–36.

Sánchez, J. (2000). Hipomagnesemia. Un Desbalance Metabólico Subestimado en La Producción de Ganado Lechero En Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical.* 6 (1): 75-95.

- Schmidt, T., and H.G. Schlegel. (1989). Nickel and cobalt resistance of various bacteria insolated from soil and highly polluted domestic and industrial wastes. *FEMS Microbiol. Ecol.* 62:315-328.
- Sharma, K., Gupta, G., Singh Malhi, G., Kaur, M., & Malhi, G. S. (2020). *Hydroponics Technology for Green Fodder Production under Resource Deficit Condition* (Vol. 1). <https://www.researchgate.net/publication/344388768>
- Sivertsen, T., & Plassen, C. (2004). Hepatic cobalt and copperlevels in lambs in Norway. *Acta Veteriariae Scandinavica*, 45, 69-77
- Sunda, W. G. & Huntsman, S. A. (1995). Cobalt and zinc interre-placement in marine phytoplankton: Biological and geo-chemical implications. *Limnol. Oceanogr.* 40:1404–17.
- Synnes, O. M., & Øpstad, S. (1995). Innholdet av mikro- og makronæringsstoff i grasmed utgangspunkt i gransking i deitre nordlegaste Vestlandsfylka. *Faginfo nr.*, 6, 101-111.
- Tagami, K., and S. Uchida. (1998). Aging effect on bioavailability of Mn, Co, Zn and Tc in Japanese agricultural soils under waterlogged conditions. *Geoderma* 84:3-13.
- Thomas, B., Thompson, A., Oyenuga, V. A., & Armstrong, R. H. (1952). The ash constituents of some herbage plants at different stages of maturity. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 20, 10-22.
- Ulvund, M. J. (1995). Koboltmangel hos sau. *Norsk Veterinærtids-skrift*, 107, 489-501.
- Underwood, E. J., & Suttle, N. F. (1999). *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3rd ed. (Wallingford, Oxon, UK: CABI Publish-ing), 614 pp.

Verde, G; Hernández, A; López, L. (2012). Cambio climático y ganadería bovina tropical. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana. 25 (3). (En línea) Consultado el 27 de noviembre del 2015. Disponible en <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num3/articulos/cambio-climático/>

Wright, J.R., and K. Lawton. 1954. Cobalt investigations on some Nova Scotia soils. Soil Sci. 77:95-105.

Zargar, S.M., Mahajan, R., Farhat, S., Nazir, M., Mir, R.A., Nazir, M. and Mallick, S.A. (2015). Understanding the role of iron and zinc in animals and crop plants from genomics perspective. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy. 9(2): 181-196.