



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE
LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: “ESTUDIO DE LA BIOFORTIFICACIÓN FOLIAR CON
DIFERENTES FUENTES DE ZINC EN RYE GRASS PERENNE
(*Lolium perenne*) VARIEDAD AMAZON”**

AUTOR: LICTO GUANO, SORAYA ELIZABETH

DIRECTOR: ING. LANDÁZURI ABARCA, PABLO ANIBAL

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2017



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*ESTUDIO DE LA BIOFORTIFICACIÓN FOLIAR CON DIFERENTES FUENTES DE ZINC EN RYE GRASS PERENNE (Lolium perenne) VARIEDAD AMAZON*” realizado por la señorita *LICTO GUANO SORAYA ELIZABETH*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita *LICTO GUANO SORAYA ELIZABETH* para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de Mayo del 2017

Ing. Pablo Landázuri

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **LICTO GUANO SORAYA ELIZABETH**, con cédula de identidad N° 1726243361, declaro que este trabajo de titulación "**ESTUDIO DE LA BIOFORTIFICACIÓN FOLLAR CON DIFERENTES FUENTES DE ZINC EN RYE GRASS PERENNE (*Lolium perenne*) VARIEDAD AMAZON**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 29 de Mayo del 2017

LICTO GUANO SORAYA ELIZABETH

C.C 1726243361



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, **LICTO GUANO SORAYA ELIZABETH**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“ESTUDIO DE LA BIOFORTIFICACIÓN FOLIAR CON DIFERENTES FUENTES DE ZINC EN RYE GRASS PERENNE (*Lolium perenne*) VARIEDAD AMAZON”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 29 de Mayo del 2017

LICTO GUANO SORAYA ELIZABETH

C.C 1726243361

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por darme sus bendiciones y fortaleza, a mis queridos padres Luis y Lucila por todo su esfuerzo, han sido y serán un soporte fundamental en mi vida, a mis hermanos Sylvia y Juan Carlos quienes me brindaron su apoyo incondicional, a mi abuelito Manuel por todos sus consejos y amor que me ha brindado, Al Ing. Pablito quien me apoyo incondicionalmente desde el día el que se implementó este proyecto.

Soraya Licto

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme en cada paso que he realizado y poder culminar una nueva meta en mi vida. A mis queridos padres Luis y Lucila y mis hermanos Sylvia y Juan Carlos que han sido siempre mi apoyo y pilar incondicional para alcanzar todos y cada uno de mis sueños y propósitos en mi vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, IASA I, y docentes por todos los años de formación académica y profesional en sus conocimientos impartidos para generar buenos profesionales. En especial a mi director de tesis Ing. Pablo Landázuri por todo su apoyo incondicional y paciencia absoluta en la composición de este proyecto. Al Ing. Julio Pazmiño por su asesoramiento en el proyecto y Al Lic. Marco Taco quien me ayudo en la parte de Laboratorio para poder analizar cada una de las muestras.

A mis queridos amigos quienes los conocí a lo largo de mi carrera profesional Alejandro, Dianita, Luis y Bety quienes han estado siempre presentes en mi vida con su alegría inagotable y complicidad infinita en nuestros estudios.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN (PUBLICACIÓN BIBLIOTECA VIRTUAL).....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESÚMEN	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Planteamiento del problema	3
1.3.1 Problema.....	4
1.3.2 Causas.....	4
1.3.3 Efectos	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Biofortificación	6
2.1.1 La biofortificación en los alimentos	6
2.1.2 Características de la biofortificación en los alimentos	6
2.2 Importancia del pasto en la alimentación bovina	6
2.2.1 RYE GRASS PERENNE (<i>Lolium perenne</i>)	7
2.2.2 Características de la variedad Amazon	8
2.2.2.1 Descripción.....	8
2.2.2.2 Uso	9
2.2.2.3 Siembra.....	9
2.2.2.4 Rendimiento	9
2.3 Importancia del Zinc	10
2.3.1 Deficiencias del Zinc en las plantas	10
2.3.2 Funciones del Zinc en las plantas.....	11
2.3.3 Absorción del zinc.....	11
2.3.4 Qué rol cumple el zinc en las planta	12
2.3.5 Zinc componente de la enzima deshidrogenasa	12
2.4 La clorofila	13
2.5 El ácido indol acético (AIA)	14
2.5.1 Funciones del ácido indol acético (AIA).....	14
2.6 Como actúa el Zinc en los animales.....	15
2.6.1 Funciones del Zinc en los animales.....	15
2.6.2 Deficiencias de zinc en los animales	16
2.7 Los fertilizantes	19
2.7.1 Importancia de los fertilizantes	19

2.7.2	Clasificación de los fertilizantes	20
2.8	Fuentes de Zinc	21
2.8.1	Sulfato de Zinc	21
2.8.2	Quelato de Zinc	22
2.8.3	Keylate de Zinc	23

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA		24
3.1	Ubicación del lugar de investigación	24
3.1.1	Ubicación Política	24
3.1.2	Ubicación Geográfica.....	24
3.1.3	Ubicación Ecológica	25
3.2.	Materiales	25
3.2.1	Materiales de campo.....	25
3.2.2	Materiales Biológicos.....	25
3.2.3	Materiales de Laboratorio	25
3.3	Métodos	26
3.3.1	Fase de campo	26
3.3.1.1	Análisis del suelo, Siembra, Preparación de los tratamientos.....	26
3.3.2	Fase de laboratorio	27
3.3.3	Factores en estudio	28
3.3.4	Tratamientos en estudio	28
3.3.5	Tipo de diseño experimental	28
3.3.6	Características de las Unidades Experimentales	29
3.3.7	Croquis del diseño	31
3.3.8	Esquema del análisis de varianza	31

3.3.9	Análisis funcional.....	31
3.3.10	Variables medidas	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 38

4.1	Efecto de los niveles de fertilización sobre la altura de planta	38
4.2	Efecto de los niveles de fertilización sobre el número de macollos.....	38
4.3	Efecto de los niveles de fertilización sobre el vigor del rebrote.	39
4.4	Calidad nutritiva del pasto rye Grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) variedad Amazon.....	40
4.5	Análisis foliar	45
4.6	Efecto de los niveles de aplicaciones foliares sobre la concentración de la clorofila.....	49
4.7	Efecto de los niveles de aplicaciones foliares sobre la concentración de Ácido Indol acético.	51
4.8	Efecto de los niveles de fertilización sobre la formación de las raíces obtenidas en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>).....	53
4.9	Efecto de los niveles de las aplicaciones foliares sobre la relación de macro y micronutrientes	55

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 57

5.1	Conclusiones	57
5.2	Recomendaciones	58
5.3	Bibliografía.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Análisis del suelo	27
Tabla 2	Características de los factores evaluados en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) variedad Amazon.....	28
Tabla 3	Aplicación foliar de las diferentes fuentes de Zinc con 3 dosis y en 3 tiempos evaluados a los 40 días para una mejor acumulación de zinc. Hacienda el Prado IASA I, 2017	30
Tabla 4	Análisis de varianza para determinar la mejor dosis de los fertilizantes de acumulación de Zinc en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>	31
Tabla 5	Escala de vigor del rebrote	32
Tabla 6	Análisis foliar del Zinc en el pasto.....	37
Tabla 7	Promedio \pm error estándar de la altura y número de macollos y vigor del rebrote en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) Variedad Amazon bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017	40
Tabla 8	Promedio \pm error estándar de los análisis bromatológicos del pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) Variedad Amazon bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017	44
Tabla 9	Promedio \pm error estándar de los macronutrientes y micronutriente disponibles en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) Variedad Amazon, bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017	48
Tabla 10	Promedio \pm error estándar de la clorofila total disponibles en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) Variedad Amazon, bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017	51
Tabla 11	Promedio \pm error estándar del Ácido Indol Acético (AIA) disponibles en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) variedad Amazon, bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017	53

Tabla 12	Promedio \pm error estándar de las raíces, ancho, largo y raíces secundarias obtenidas en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) Variedad Amazon, bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación con el programa imagenJ, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017	55
Tabla 13	Correlación de Pearson para la interacción de macro y micronutrientes en el pasto rye grass perenne (<i>Lolium perenne</i>) variedad Amazon Hacienda el Prado, Ecuador, 2017	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Desarrollo del pasto rye grass perenne	9
Figura 2	Deficiencia de Zinc en el pasto rye grass perenne	11
Figura 3	Ruta del AIA	13
Figura 4	La clorofila	14
Figura 5	Caída de pelo en forma de círculos en ganado bovino	17
Figura 6	Despigmentación en el contorno del ojo de un cordero	17
Figura 7	Dermatitis manifestada en una oveja deficiente	18
Figura 8	Crecimiento retardado en cordero alimentado con dieta deficiente en Zinc (izquierda) contrastando con un cordero alimentado con una dieta alta en zinc (derecha).	19
Figura 9	Fotografía del lugar de la investigación.....	24
Figura 10	Obtención de la clorofila.....	34
Figura 11	Obtención de AIA después de la medición.....	35
Figura 12	Medición de las raíces programa ImageJ.....	36
Figura 13	Conteo de las raíces en el programa ImageJ.....	36
Figura 14	Análisis bromatológico con las mejores dosis vs el Testigo	43
Figura 15	Concentración de Clorofila A, B, y Total.....	50
Figura 16	Concentración de AIA en las raíces.....	52

RESÚMEN

La investigación se realizó en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, ubicada en la hacienda el Prado provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, Parroquia San Fernando, con una altitud de 2748 m.s.n.m, y una temperatura de 13.96 ° C, donde se evaluó la biofortificación foliar con diferentes fuentes de Zinc en rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon con el fin de obtener una mayor bioacumulación de Zinc en el pasto, debido a que en el suelo este micronutriente se encuentra en déficit por ende el pasto lo carece. Se realizó bajo el invernadero en un área de 180 m² dividida en 3 parcelas de 60 m² se aplicó 9 tratamientos para cada parcela que se dividía de acuerdo al tiempo de aplicación y un testigo en total generando así 28 tratamientos. Se aplicó diseño completamente al azar parcelas divididas de 3X3X3 con 4 repeticiones. Se realizó un corte de igualación de 6 cm en el pasto y 10 días después se comenzó aplicar los tratamientos a los 10, 20 y 30 días, las evaluaciones se realizaron a los 40 días. Los resultados obtenidos indicaron que con el tratamiento T24 (E.D.T.A zinc, dosis de 20 ppm aplicado a los 30 días) con 62,60 mg.kg⁻¹, se obtuvo una mayor bioacumulación de Zinc el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon y se pueden encontrar que mientras mayor cantidad de Zn se encuentra en el pasto se incrementa la cantidad de AIA en las raíces.

PALABRAS CLAVES

- **APLICACIÓN FOLIAR**
- **MACRONUTRIENTES**
- **MICRONUTRIENTES**
- **ÁCIDO INDOL ACÉTICO**
- **CLOROFILA**

ABSTRACT

The research was made in the career Agricultural Engineering IASA I, located at the farm El Prado, province of Pichincha, canton Rumiñahui, parish San Fernando, at 2,748 over sea level, and an average temperature of 13.96 °C. It was assessed the study of the foliar bio-strengthening through different zinc sources in ryegrass perenne (*Lolium perenne*), Amazon variety, in order to obtain a greater bio accumulation of Zinc in the pasture, as the presence of such micronutrient in the soil is low, therefore, the pasture lacks it. The study was carried out in a 180 m² greenhouse, divided into three parcels of 60 m². 9 treatments were applied for every parcel, also divided in accordance to the time in which every treatment was applied, and one extra control group, which resulted in 28 treatments. It was applied a fully random design of the parcels measuring 3x3x3, with 4 repetition. The pasture was trimmed at 6 cms and 10 days later the treatments were applied, then after 20 and 30 days. The results showed that with the treatment T24 (Zinc E.D.T.A, doses of 20 ppm applied in the 30 days) with 62.60 mg/kg-1, it was obtained a bio accumulation of Zinc in the pasture rye Grass perenne (*Lolium perenne*), Amazon variety, and that if the is more Zinc in the pasture, the amount of AIA in the roots increases.

KEY WORDS:

- FOLIAR APPLICATION
- MACRO-NUTRIENTS
- MICRO-NUTRIENTS
- INDOLEACETIC ACID
- CHLOROPHYLL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La deficiencia de micronutrientes en los cultivos alimentarios han sido reportados en todo el mundo (Fageria, Morales, Ferreira, & Knupp, 2011). Una de las alternativas viables es la biofortificación que es un proceso mediante el cual se obtienen alimentos vegetales enriquecidos con vitaminas y micronutrientes biodisponibles y de vital importancia en la dieta alimenticia de los seres humanos y animales (Sharma, Pooman, & Amarjeet, 2016).

Cabe mencionar que en la biofortificación es un proceso agrícola que aumenta la absorción y acumulación de nutrientes minerales traza (Fe, I, Cu, Zn, Mn, Co, Cr, Se, Mo, H, Sn, Si y V) en los cultivos básicos mediante el Fito mejoramiento, la ingeniería genética (Ying, 2012). Es de vital importancia tener en cuenta la importancia del Zinc en los diferentes cultivos pues la organización Mundial de la Salud reveló que un tercio de la población mundial está en riesgo de deficiencia de Zn (Rouached, 2013).

Hay diversos trabajos realizados en biofortificación en diversas partes del mundo entre los casos más exitosos es el golden rice el cual provee de vitamina A y previene la ceguera irreversible y más de dos millones de muertes al año, particularmente madres gestantes y niños (Gearing, 2015). Este éxito ha contribuido a que muchos países realicen programas de biofortificación como en camote en Sud África (Laurie, Van den Berg, Tjale, Mulandana, & Mtileni, 2009).

Otros trabajos se han enfocado en la absorción de Zinc y Hierro principalmente realizados en Brasil el cual se enfoca en los granos de maíz (Messias, Galli, Silva, Schimer, & Rombaldi, 2015).

Varios estudios han demostrado que en el maíz es necesario el Fe y Zn, lo cual promueven la producción de vitamina A (Faostate, 2009). Un claro ejemplo en Ecuador es la investigación realizada en biofortificación de seis accesiones promisorias y la variedad INIA-450 de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) mediante la aplicación de quelatos de Fe y Zn, donde probaron seis accesiones promisorias de chocho y un cultivar mejorado, el ensayo se realizó en condiciones de invernadero. Las variables evaluadas fueron; porcentaje de clorofila mediante un medidor de

clorofila y estrés en las plantas mediante un fluorómetro, las dosis utilizadas fueron de (272 - 545ppm) de Fe y (240 a 480) ppm de zinc cuando las plantas se entraron a floración. La mayor acumulación de contenido de Fe se encontró en hojas y no hubo acumulación de Zinc (Galvez, 2009).

Tomando en cuenta que el Zinc no se asimila completamente en la planta se evaluará diferentes tipos de fuentes de Zinc como fertilizantes, es por eso que mediante este estudio podremos analizar las dosis y los días que el Zinc se acumula en el rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon para una mejor asimilación de este micro elementó.

1.2 Justificación

El presente estudio pretende realizar un procedimiento de biofortificación foliar con diferentes fuentes de Zinc en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.

Cabe mencionar que la biofortificación ha nacido por el hecho de que en Ecuador enfrenta serios problemas relacionados con la nutrición y alimentación, los cuales son más severos en la población infantil menor a 5 años (Herrera, Carpio, & Chávez, 1999). La deficiencia de Zinc, se consideran que provoca retardo del desarrollo físico, psicomotor y al aumento de la morbilidad y enfermedades infecciosas durante la infancia. Estas manifestaciones se hacen más marcadas si su déficit se asocia a deficiencia de Hierro (Piñeiro, 2010), es por ello que con la presente investigación se evaluó el efecto de cada una de las fuentes de Zinc vía foliar y a su vez se medió la cantidad de ácido indol acético del pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon y el respectivo valor nutricional de la mejor dosis con la mayor acumulación de Zinc.

Consecuentemente los estudios han demostrado que los alimentos de origen vegetal contienen generalmente agua, hidratos de carbono y fibra, tienen poca grasa, excepto los aceites y carecen de colesterol en cambio los de origen animal, contienen minerales aunque en ciertas ocasiones la presencia de Fe y Zn disminuyen considerablemente (Carbajal, 2002), por lo cual la biofortificación permite a los agricultores generar cultivos para reducir la deficiencia de micronutrientes (Welch & Graham, 1999).

El rye grass perenne (*Lolium perenne*) es un pasto que requiere de 700 mm de agua para su desarrollo y lo más importante es que su área de adaptación es muy diversa pues es altamente tolerante a diferentes condiciones, se caracteriza por no ser un cultivo exigente (Picasso, 2011).

Una forma en la que se pretende realizar en la investigación es una fertilización foliar que permitirá suplementar o completar los nutrientes de un cultivo que no pueden ser adquiridos del suelo. Por ello optimiza la capacidad productiva de los cultivos agrícolas y aumenta la eficiencia de aprovechamiento de un nutriente (Trinidad & Aguilar, 1999).

Finalmente se debe mencionar que el Zinc está directamente relacionado con la producción normal de la clorofila y actúa principalmente como activador enzimático.

1.3 Planteamiento del problema

La biofortificación es una herramienta agrícola poco desarrollada en nuestro país, pues es de gran importancia debido a que nos permite contrarrestar la deficiencia de micronutrientes, como el caso de Zinc que se encuentra en pequeñas cantidades en los cultivos, los mismos que son del consumo humano y animal el cual puede contrarrestar varios problemas. En los humanos su déficit provoca retardo del desarrollo físico, psicomotor y al aumento de la morbilidad y enfermedades infecciosas durante la infancia. Estas manifestaciones se hacen más marcadas si su déficit se asocia a deficiencia de Hierro (Piñeiro, 2010).

En los animales los signos clínicos de la deficiencia de Zn, prácticamente los mismos en todas las especies, son: disminución en el consumo de alimentos, retardo o cesación de crecimiento, piel engrosada, escamosa y agrietada, pérdida de pelo y lana, fallas reproductivas en machos y hembras, anomalías esqueléticas, dificultosa reparación de heridas (Underwood & Somers, 1969).

Según (Rios, 2013) La biofortificación nos permite no solo suplir el hambre sino que sean capaces de suplir las necesidades nutricionales humanas y animales tras el consumo de estos productos.

1.3.1 Problema

La falta de conocimiento del tipo de formulación de Zinc, el tiempo y dosis óptima de absorción para una biofortificación adecuada del pasto con este micro elemento.

1.3.2 Causas

Los agricultores en general no realizan análisis de suelo a sus tierras y esto conlleva a que no sepan la cantidad de micronutrientes presentes por lo que sus cultivos disminuyen su rendimiento, producción y aporte nutricional en la alimentación de las poblaciones.

1.3.3 Efectos

Mediante estudios se ha determinado que la población infantil adolece de problemas por la deficiencia de zinc pues afecta principalmente a mujeres en edad fértil y niños, en 1996 se estimó una prevalencia de 31.1% de inadecuación dietética de zinc a nivel mundial. Otro reporte de la UNICEF reporta una prevalencia de deficiencia de zinc del 30% en niños menores de 5 años provocando retraso en el crecimiento lineal, al igual que efectos adversos en el desarrollo neuro-conductual y desarrollo psicomotor (Grandy, Weisstaub, & López, 2010) esto se debe a las bajas concentraciones de zinc en los alimentos principalmente en la leche, pues los porcentajes de zinc en la leche es sumamente bajo con 1mg/240ml de leche y los niños entre 3-10 años necesitan de 3-8 mg/día es por ello que el estudio trata de encontrar una fuente de Zinc en el pasto para que la vaca al momento de consumirla pueda asimilar y la cantidad de Zinc presente en el pasto sea transferido a la leche.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Estudiar la biofortificación en el pasto Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon con fuentes de Zinc para incrementar su contenido foliar.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de tres fuentes de Zinc vía foliar con tres dosis aplicados a los 10-20 y 30 días en el crecimiento del pasto Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*) para determinar la mejor fuente, dosis y días en la biocumulación de Zinc en el pasto con su respectivo valor nutricional.
- Medir ácido indol acético y clorofila como bio indicador de acumulación de Zinc en el pasto Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.
- Elaborar un boletín técnico de biofortificación para dar a conocer los resultados obtenidos.

1.5 Hipótesis

- **Ho:** La asimilación del Zinc en el pasto Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon se incrementa al aplicar las dosis de cada una de las fuentes de Zinc determinadas.
- **Hi:** La asimilación del Zinc en el pasto Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon no se incrementa al aplicar las dosis de cada una de las fuentes de Zinc determinadas.

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Biofortificación

Es el proceso de incrementar la concentración de elementos esenciales en la parte comestible de los productos cosechados mediante la intervención agronómica (While & Broadley, 2005).

2.1.1 La biofortificación en los alimentos

La Biofortificación es una estrategia relativamente nueva y sostenible que permite mejorar las características nutritivas de los alimentos desde el momento de la producción, mediante el uso de diversas técnicas de Fito mejoramiento, mediante el aprovechamiento de la variabilidad natural existente en las especies cultivadas, en cuanto al contenido de nutrientes para elevar el nivel de los mismos mediante procesos de selección convencional (Nestel, Bouis, & Meenakshi, 2006).

Actualmente, la biofortificación es una de las alternativas planteadas para combatir las deficiencias de micronutrientes a nivel mundial (Bouis, 1996).

2.1.2 Características de la biofortificación en los alimentos

Según (Pachón, 2006) Las mejores características agronómicas, mayor rendimiento de grano y/o raíces, mayor tolerancia a estreses bióticos y abióticos, no son transgénicos (GM), mayor valor nutricional, mejoran el estado nutricional y una estrategia sostenible basada en alimentos.

2.2 Importancia del pasto en la alimentación bovina

La importancia de los pastos es cada día más notoria, a principios del siglo XVIII la superficie de pastos en los bosques y las praderas no aumentan directamente al incrementarse el número de cabezas de ganado. La agricultura basada en la producción de pastos, ha llegado a ser la ciencia de la agricultura forrajera, ya que comprende

varios campos de acción como en las ciencias del suelo, en la agronomía y en la zootecnia. Su integración en un programa agrícola satisface numerosos objetivos. Entre estos cubren el terreno para protegerlo de los factores climáticos incluidos en la rotación de cosechas, enriquecen el suelo y aumentan los rendimientos de las cosechas que le siguen, en forma de pastizales y praderas además de proporcionar alimento de alta calidad a bajo costo, en forma de forraje (Hernandez, Tapia, & Buller, 1956).

2.2.1. RYE GRASS PERENNE (*Lolium perenne*)

2.2.1.1 Nombre común: Rye grass perenne

Nombre Ingles: Rye grass

Nombre científico: *Lolium perenne* L

2.2.1.2 Origen

Zona templada del Asia y del Norte de África. Fue el primer pasto cultivado para forraje. En Inglaterra se lo menciona a principios del siglo XVII.

2.2.1.3 Descripción morfológica

El Rye grass cumple ciertas características pues forma matas densas abundantes macollos y follaje, por lo cual su altura varia de 30-60 cm. A medida que crece se puede observar que presenta hojas cortas, lampiñas (que no presentan vellosidades) y rígidas plegadas en la yema, el envés es de color verde oscuro muy brillante. Presentan espigas delgadas y relativamente rígidas. Sus sistema radicular es muy denso, pero superficialmente (León, 2013).

2.2.1.4 Adaptación

Este tipo de pasto requiere un clima templado húmedo, no soporta la sequía, pues llega altitudes de 2500-3600 m.s.n.m, se requiere de suelos ricos en nitrógeno; suelos francos o arcillosos que tengan la suficiente humedad y fertilidad, son los más aconsejados (León, 2013).

2.2.1.5 Uso

Es imprescindible en todos los potreros de la región interandina. Dura en buena producción de 5-6 años en ciertas ocasiones puede llegar a los 12 años. Es apta para dar densidad a otras gramíneas de desarrollo lento, como festuca alta, sirve como amortiguador en el desarrollo de las malezas (León, 2013).

2.2.1.6 Rendimiento

El Pastoreo se lo realiza a los 21-25-28-30-35 días, según la estación climática. En condiciones naturales $80 \text{ t.mv}^{-1}.\text{ha.}^{-1}\text{año}^{-1}$, correspondiendo a $10-12 \text{ t/corte}^{-1}$. Con fertilización, riego adicional y buenas prácticas de manejo, es posible doblar la producción y la capacidad de sostenimiento (León, 2013).

2.2.1.7 Valor nutritivo

Según (Paladines, 2002) Obtuvo datos de gran importancia entre ellos las variedades diploides 15-17.5% de proteína, tetraploides 25% de proteína; 36% de ENN; 80% de digestibilidad. Las hojas pueden tener $3-3.4 \text{ Mcal/Kg}^{-1}/\text{MS}$ de EM^{-1} .

2.2.2. Características de la variedad Amazon

2.2.2.1 Descripción

Esta variedad se caracteriza porque se desarrolla en alturas de 2000 a 3200 m.s.n.m. Con una densidad de siembra de 100 a 150 libras por hectárea y la duración de la pradera va hasta los 7 años dependiendo de la fertilización de mantenimiento (Alaska, 2015).

2.2.2.2 Uso

Generalmente se utiliza en pastoreo solo o mezclado con otras gramíneas y leguminosas, también se puede suministrar al ganado, como forraje verde, picado, heno o ensilaje, aunque su principal uso es en pastoreo directo.

2.2.2.3 Siembra

Según (Alaska, 2015) Para establecer una buena pradera de pasto Amazon, se recomienda hacerlo preferentemente en terreno, preferentemente libre de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), y que provenga de un cultivo limpio, no siendo esta una condición indispensable, dado el alto vigor inicial de este pasto, si se quiere sembrar con leguminosas, se puede utilizar trébol blanco o rojo en las siguientes proporciones de 50 a 60 kilogramos de Amazon, y 5 kilogramos de trébol por hectárea (Alaska, 2015).

2.2.2.4 Rendimiento

De 300 a 400 toneladas de forraje verde al año por hectárea, mayor contenido de materia seca y minerales. Capacidad de carga de 6 a 8 UBAs por hectárea. Se recomienda fertilizar después de cada tres cortes o pastoreos, tiene un forraje de alta calidad de un color verde digestible con contenidos altos de azúcares y proteínas. Resiste a la roya y tiene una buena palatabilidad. Los cortes ideales van de los 30 a 35 días (Alaska, 2015).



Figura 1 Desarrollo del pasto rye grass perenne

2.3 Importancia del Zinc

El Zinc es un mineral esencial indispensable en nuestro organismo. Se puede encontrar en cada uno de los diferentes alimentos consumidos. En nuestro organismo se puede encontrar de 2 a 3 g de Zinc, a su vez varios estudios han demostrado que el 85% del total de Zinc presente en nuestro organismo se deposita en los músculos, huesos, testículos, cabellos, uñas y tejidos pigmentados de los ojos. Se elimina principalmente en las heces a través de secreciones biliares, pancreáticas e intestinales (Licata, 2013). La mayoría del Zinc se absorbe en el intestino delgado siendo el yeyuno el lugar de mayor velocidad en el transporte del mismo. El Zinc forma parte de 100 enzimas, las cuales están ligadas al retinol, al metabolismo de proteínas y glúcidos, como así también a la síntesis de insulina, ARN, y ADN (Licata, 2013).

El Zinc cumple una serie de roles esenciales para el sistema inmunitario. Es necesario, por ejemplo, para mantener la estructura de la timulina, un octapéptido con acción hormonal producido por el timo. La actividad de la timulina sérica decae en la deficiencia de Zn en humanos y animales (Prasad, y otros, 1988).

2.3.1 Deficiencias del Zinc en las plantas

La deficiencia de Zinc en las plantas causan efecto drástico sobre la actividad enzimática, desarrollo de los cloroplastos, contenido de proteínas y ácidos nucleídos, a su vez la dependencia de algunas enzimas aisladas de la adición de Zinc, hacen pensar que las mismas enzimas dependientes de Zinc en otros organismos, dependerán de Zinc en las plantas superiores (Hernández, 2002).

El zinc es un nutriente que al carecer en el suelo o el planta causa bajos rendimientos y calidad nutricional (Cakmak, 2008).



Figura 2 Deficiencia de Zinc en el pasto rye grass perenne

Fuente: (FAO, 1997)

2.3.2 Funciones del Zinc en las plantas

El zinc es un micronutriente esencial en las plantas este se encuentra disponible en pequeñas cantidades cumple un papel importante en los diferentes procesos de crecimientos y puede afectar la elongación de las plantas, actúa en la síntesis de las auxinas por ende del triptófano por lo que intervienen en varios procesos enzimáticos por lo que aumentan la eficiencia del fósforo (Valagro, 2006).

2.3.3 Absorción del zinc

La absorción de Zinc puede ser inhibida por la presencia de otros metales pesados debido a su mayor facilidad de quelatación con los ácidos orgánicos de las plantas, por ejemplo: manganeso, Hierro y cobre. Por otro lado, altos contenidos de Zinc, pueden inhibir la absorción y uso del Hierro en las plantas, vale mencionar que el zinc es un elemento que funciona principalmente como catión divalente en metaloenzimas, algunas de las cuales ligan las enzimas y sus correspondientes sustratos, mientras que en otros casos, el Zn forma complejos tetrahídricos con el N y el O, y particularmente ligados de S en una variedad de compuestos orgánicos (Asher, 1991).

Se encuentra en minerales ferromagnésicos (magnetita, biotita) puede ser liberado por intemperización, Es absorbido como catión divalente, Zn^{2+} , tanto por vía radicular

como por vía foliar. Puede ser absorbido en forma de quelato y su disponibilidad para la planta, como la del resto de micronutrientes, es mayor a pH ácidos (Asher, 1991).

2.3.4 Qué rol cumple el zinc en las planta

El Zinc es de vital importancia pues la movilidad del Zn dentro de la planta es muy pequeña, de forma que se encuentra concentrado en gran parte en la raíz, mientras que en los frutos su contenido es siempre bajo, vale mencionar que es estabilizador de la molécula de clorofila. Y su constituyente más de 80 sistemas enzimáticos: Deshidrogenasas como alcohol, lactato, malato y glutamato deshidrogenasa; Superóxido dismutasa y Anhidrasa carbónica (CA) (Martín, 2009).

Esta última cataliza la disolución de CO₂ como paso previo a su asimilación:



Según (Martín, 2009) También participa en la activación enzimática de Trifosfato-deshidrogenasa, enzima esencial en la glicolisis, así como en los procesos de respiración y fermentación, y Aldolasas: encargadas del desdoblamiento del éster difosfórico de la fructosa cabe mencionar que interviene en la síntesis y conservación de auxinas, hormonas vegetales involucradas en el crecimiento, implicado en la defensa contra radicales superóxidos y finalmente es un regulador de la expresión genética al participar en la síntesis de las proteínas.

2.3.5 Zinc componente de la enzima deshidrogenasa

El componente esencial de la enzima deshidrogenasa glutámica, que cataliza el paso de ácido α -iminocetoglutarico a ácido glutámico, en el proceso inicial de la aminacionreductora de la síntesis aminoacidica.

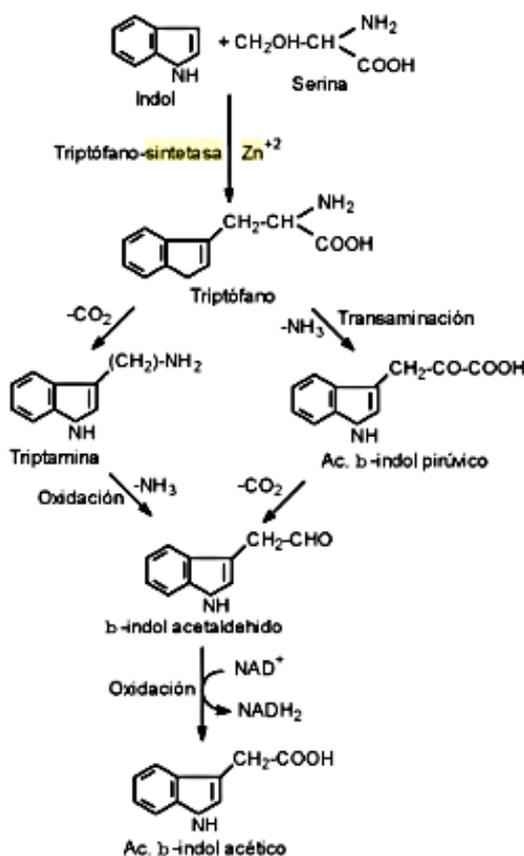


Figura 22.1. Posible ruta metabólica para la síntesis del ácido β -indol acético (S.A. Gordon, 1961).

Figura 3 Ruta del AIA

Fuente: (Gordon, 1951)

2.4 La clorofila

Los sistemas vivos absorben la energía lumínica mediante el uso de pigmentos. Los organismos fotosintéticos tienen distintos tipos de pigmentos: la clorofila, que se encuentra en los sacos tilacoides, los carotenoides y las ficobilinas. Existen diferentes tipos de clorofila: la clorofila a, que colecta energía luminosa y está involucrada en la transformación de energía lumínica en química; la clorofila b, presente en las plantas y las algas verdes, y la clorofila c de las algas marrones (Curtis, 2007).

La clorofila a se encuentra presente en todas las plantas fotosintéticas. La clorofila b está presente en la mayoría de las plantas verdes, en las algas verde-azules en su lugar hay ficocianina, en las algas pardas fucoxantina (Bidwell, 1990).

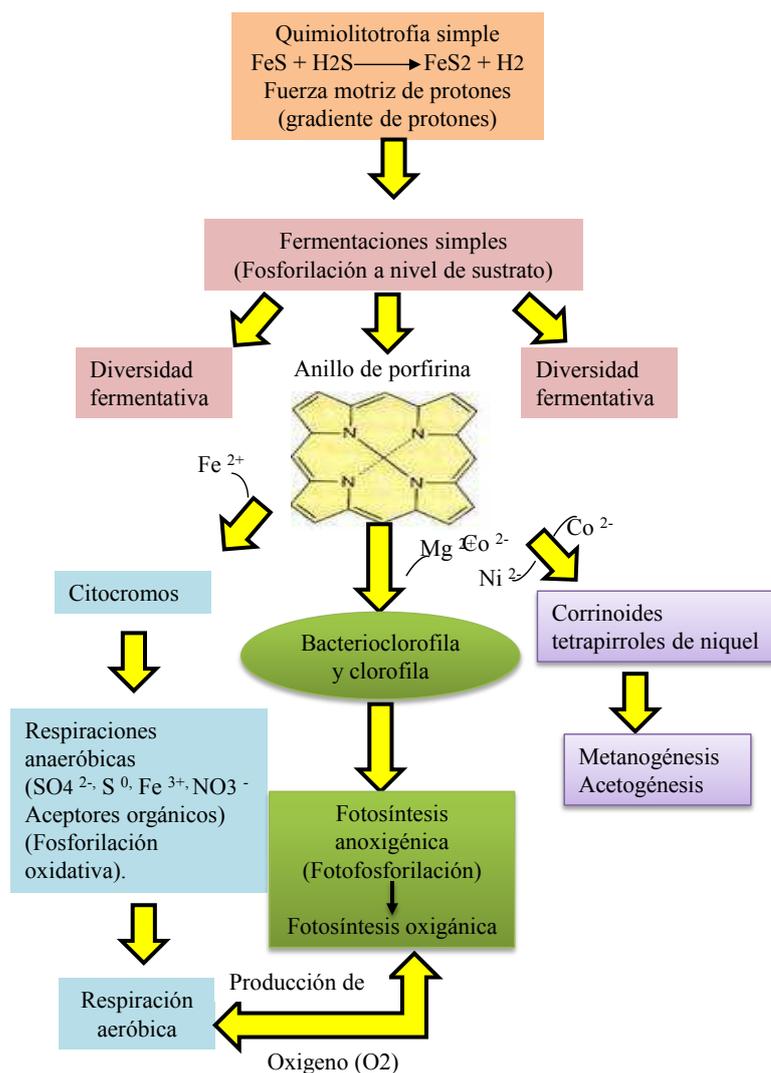


Figura 4 La clorofila

Fuente: (Curtis, 2007)

2.5 El ácido indol acético (AIA)

Es un regulador de crecimiento del tipo Auxinas, es una de las auxinas de mayor actividad, permite el crecimiento del tallo principal y reduce el crecimiento de ramas laterales (Andrade, 2012).

2.5.1 Funciones del ácido indol acético (AIA)

- Inhibir el desarrollo de las yemas axilares, dando origen a un fenómeno que se conoce como dominancia apical.

- Promueve el fototropismo positivo.
- Promueve el desarrollo de raíces laterales y adventicias.
- Estimula el desarrollo de los frutos.

2.6 Como actúa el Zinc en los animales

Según (Mills, 1978) sostiene que, en rumiantes, los valores de Zn plasmático por debajo de 0,6 ug/ml pueden considerarse deficientes, entre 0,6 y 0,8 como marginales y entre 0,8 y 1,2 ug/ml como normales, pero que estas mediciones deberían combinarse con la determinación del Zn en forrajes.

Las vacas lecheras soportan niveles mayores aún, de 1.000 ppm, sin disminuir su producción (Miller & Cragle, 1965). Altos niveles de Zn en la dieta pueden interferir con la absorción y el metabolismo de algunos minerales, como el Cu y el Fe, y agravar una deficiencia marginal de los mismos (McDowell, 1992).

Según (NRC, 2005) menciona que la cantidad de Zn es de 500 ppm para bovinos, 300 ppm para ovinos y 1.000 ppm para cerdos y aves. Niveles de 700 o 900 ppm han reducido la ganancia de peso en terneros (Ott, Smith, Stob, & Beeson, 1964) y producido una acumulación de Zn en algunos órganos, como hígado y páncreas (Jenkins & Hiridoglou, 1991).

2.6.1 Funciones del Zinc en los animales

El zinc es importante para los animales, pues su función primaria está relacionada con las enzimas estas pueden formar parte de la molécula o actuar como un activador de las diferentes cantidades esenciales del zinc debido a que están ligadas con las estructuras del ADN, ARN y ribosomas de Zinc. (McDowell, 2003) Vale señalar que es importante la utilización de los aminoácidos en la síntesis de proteínas que son afectadas bajo una deficiencia de zinc. (Arthington & McDowell, 2005)

Estudios han demostrado que el Zinc tiene diferentes interacciones significantes con las hormonas, pues cumplen un papel en la producción, el almacenamiento y la secreción de hormonas individuales, así como también en la efectividad de los sitios receptores y la respuesta de órganos terminales, se puede encontrar efectos muy notables sobre la deficiencia de Zn en la producción y secreción de hormonas están los

relacionados con la testosterona, la insulina y los corticosteroides adrenales, vale señalar que la espermatogénesis y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho y todas las fases del proceso reproductivo en la hembra desde el estro hasta el parto y la lactancia pueden ser adversamente afectados por la deficiencia de Zn (Arthington & McDowell, 2005).

Para que los animales puedan cumplir con las funciones entre las que interviene el Zinc es importante saber los diferentes requerimientos de Zinc para que cada una de las especies lo puedan consumir dentro de su dieta diaria, vale señalar que el Zn varía de los criterios usados para evaluarlos: para los rumiantes varía de 20-40 ppm, (Miller & Cragle, 1965) los corderos 7 ppm para mantener un buen crecimiento, pero 15 ppm para mantener los niveles normales de zinc en la sangre, el máximo tolerable para bovinos y ovinos es de 500 y 300 ppm respectivamente

Según (Underwood & Somers, 1969) concluyeron que el consumo de zinc es de 17 ppm para el crecimiento de corderos machos, pero inadecuado para el desarrollo y función testicular.

2.6.2 Deficiencias de zinc en los animales

Las deficiencias de Zinc en el ganado se puede encontrar en el pastoreo es por ello que el primer caso se presentó en Guyana debido a los niveles bajos de Zinc en los suelos, plantas por ende tejidos de los animales, se han encontrado casos en las regiones tropicales del mundo, vale señalar que los síntomas iniciales de la deficiencia de Zn viene acompañados de reducciones en el consumo de alimento, tasa de crecimiento, y eficiencia alimenticia, seguidos por problemas de la piel dentro de los síntomas visuales de una deficiencia severa de Zinc se puede observar la piel seca, escamosa y rajada en la cabeza, cuello, estómago, escroto y las piernas. En los machos jóvenes intactos frecuentemente muestran lesiones de la piel primero. Otros signos clínicos se pueden observar con la inflamación de la nariz y boca, endurecimiento de las articulaciones, pérdida de pelo y aspereza del mismo (Arthington & McDowell, 2005)

Sin embargo en los ovinos se puede observar que la lana comienza a desprenderse, por lo que se vuelve frágil y se pierde su ondulación. El animal podría terminar mudando toda la lana y no crecerle más hasta suministrarle el Zn adicional en la dieta,

y sólo entonces podrá verse un crecimiento inmediato de la lana Zn (Arthington & McDowell, 2005).



Figura 5 Caída de pelo en forma de círculos en ganado bovino

Fuente: (Arthington & McDowell, 2005)

Vale señalar que existen signos clínicos independientemente de la especie entre estos signo se pueden encontrar la espermatogénesis, el crecimiento testicular y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho y todas las fases de los procesos productivos en la hembra desde el estro al parto a su vez la lactancia que se ven afectados adversamente por la deficiencia de Zinc (McDowell, 2003).



Figura 6 Depigmentación en el contorno del ojo de un cordero

Fuente: (Arthington & McDowell, 2005)

Se puede observar la paraqueratosis de la piel es tal vez el signo clínico más importante de los rumiantes severamente deficientes en Zinc. En los terneros se pueden encontrar en el escroto, la cabeza, y el área alrededor de las fosas nasales, el cuello y las piernas con mayor frecuencia muestran paraqueratosis. En las vacas lactantes, los pezones pueden presentar considerable paraqueratosis Zinc (Arthington & McDowell, 2005). Vale señalar que en la piel, los cambios por la paraqueratosis han sido observados en las papilas ruminales y en la mucosa del esófago. Los terneros deficientes en Zn exhiben encurvamiento de las patas traseras y endurecimiento de las articulaciones, que pueden corregirse con un adecuado suministro de Zinc (Arthington & McDowell, 2005)



Figura 7 Dermatitis manifestada en una oveja deficiente

Fuente: (Arthington & McDowell, 2005)

Existen diferentes métodos para evaluar el estado de deficiencia de Zinc en los que se pueden encontrar trastornos clínicos y patológicos. Sin embargo, el diagnóstico de la deficiencia en sus etapas iniciales o en las incidencias leves presenta dificultades, a pesar de los considerables esfuerzos para encontrar criterios sensitivos. El contenido de Zinc en el plasma es el índice más ampliamente usado para la evaluación del estado del Zinc en los humanos y los animales. Para lograr determinar la probabilidad de las deficiencias en grandes poblaciones de rumiantes, se considera que una combinación de concentración de Zn en el plasma (0.6 a 0.8 ppm) y en el forraje (<40 ppm) sería un buen indicador del estado del Zn (Arthington & McDowell, 2005).

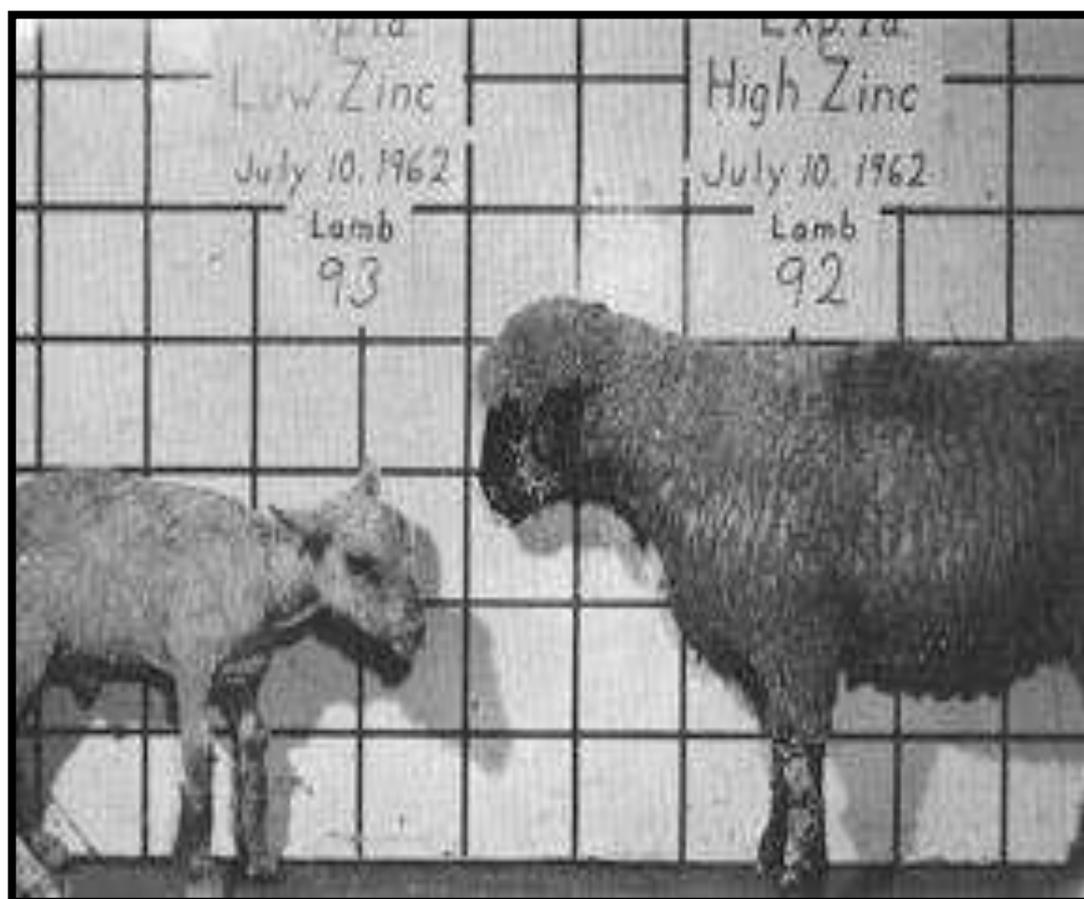


Figura 8 Crecimiento retardado en cordero alimentado con dieta deficiente en Zinc (izquierda) contrastando con un cordero alimentado con una dieta alta en zinc (derecha).

Fuente: (Arthington & McDowell, 2005)

2.7 Los fertilizantes

2.7.1 Importancia de los fertilizantes

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo principalmente, el abastecimiento de nutrientes que se encuentran en gran cantidad en el suelo generan que los cultivos crezcan de mejor manera y por ende presenten un mayor rendimiento. No obstante, si un solo nutriente fuera escaso en el cultivo, el crecimiento de la planta no será el óptimo y el rendimiento de los cultivos serán reducidos. Es por esto que el uso de los fertilizantes son necesarios para proveer a los diferentes tipos de cultivos con nutrientes del suelo que les faltan, pues con el uso de

fertilizantes se espera mejores rendimientos y en ciertas circunstancias pueden duplicarse o triplicarse (FAO, 1997).

2.7.2 Clasificación de los fertilizantes

2.7.2.1 Por su aplicación

Existen los Fertilizantes de suelo, los cuales se aplican directamente al suelo una vez realizado el análisis físico-químico. Fertilizantes foliares, se los aplica al follaje y son un complemento para los fertilizantes de suelo (Merchán, Valverde, Novoa, & Pumisacho, 2009).

2.7.2.2 Fertilización foliar

Estos fertilizantes son de gran importancia porque permite corregir temporalmente deficiencias de azufre, zinc, manganeso y boro. Causa la recuperación de la planta afectada por condiciones bióticas y abióticas adversas. La eficiencia de su aplicación está en función de la edad del cultivo, área foliar, época y movilidad del nutriente en la planta (Pumisacho & Shenvood, 2002).

Según (Meléndez & Molina, 2002) mencionan que existe categorización de los fertilizantes pues los de fertilización correctiva nos permite suministrar elementos para superar deficiencias observadas a simple vista, estos se realizan en un momento determinado de la fenología de las plantas y su efecto es de corta duración cuando las causas de la deficiencia no son corregidas, a diferencia de la fertilización preventiva que generalmente se puede determinar cuando el nutriente es deficiente en el suelo y que a través de esta forma de aplicación se resuelve el problema, pero en ciertas ocasiones cuando en la mayoría de los casos es poco factible suplir a las plantas con todos sus requerimientos nutritivos utilizando exclusivamente la vía foliar, debido a la imposibilidad de aplicar dosis altas de macronutrientes pues este tipo de fertilización se la denomina como sustitutiva.

Vale mencionar que la fertilización complementaria nos permite realizar aplicaciones de una fracción del abono al suelo y otra al follaje, generalmente se utiliza para suplir micro nutrimentos y es uno de los métodos más utilizados en una gran

cantidad de cultivos, tal es el caso de la fertilización complementaria en estado reproductivo pues se establece en los cultivos anuales en los cuales durante la floración y llenado de las semillas, la fuerza metabólica ocasionada por ellos, reduce la actividad radicular lo suficiente como para limitar la absorción de iones requeridos por la planta.

Finalmente se debe tener en cuenta que la fertilización estimulante está constituida por formulaciones que se realizan con NPK, en las cuales los elementos son incluidos en bajas dosis, pero en proporciones fisiológicamente equilibradas, las cuales inducen un efecto estimulatorio sobre la absorción radicular, sin embargo existen fertilizantes denominado por su procedencia donde se puede encontrar fertilizantes inorgánicos que son compuestos químicos-sintéticos o minerales. Abonos orgánicos, son aquellos que provienen de la transformación de residuos vegetales o animales (Merchán, Valverde, Novoa, & Pumisacho, 2009).

2.8 Fuentes de Zinc

2.8.1 Sulfato de Zinc

Según (Fermagri, 2015) indican que el Sulfato de Zinc es un fertilizante muy utilizado en la agricultura. Cumple un rol curativo en las plantaciones dañadas por las bajas concentraciones de zinc, a su vez previene deficiencias de este elemento, en las plantas el Zinc es necesario en los procesos enzimáticos, debido a que estimula la formación de los reguladores más importantes del crecimiento y desarrollo de tejidos nuevos. Las dosis apropiadas del producto, se determinan según el requerimiento de cada especie y de acuerdo a los diferentes tipos de suelos.

2.8.1.1 Precauciones con el sulfato de Zinc

El sulfato de zinc puede ser tóxico para diferentes organismos, como entre ellos los invertebrados acuáticos, peces y plantas. Además, puede llegar a irritar los ojos, la piel y los pulmones; es por ello que es importante aplicar una buena cantidad de agua en los ojos por no menos de 15 minutos. Si el sulfato de zinc está al aire, debe evitarse dicho lugar, buscando tomar aire puro. Incluso, en caso de ingestión accidental de

sulfato de zinc, es recomendable tomar 4 tazas de leche o agua e inmediatamente acudir al médico (Online, 2016).

2.8.1.2 Beneficios del Sulfato de Zinc

Es importante en la síntesis de proteínas y el metabolismo de los hidratos de carbono; también podemos resaltar que más de 300 enzimas en el cuerpo humano, necesitan de zinc para su correcto funcionamiento. El zinc también es fundamental en el sistema inmunológico, la reproducción, digestión, crecimiento celular, el gusto, olfato, memoria y la curación (Online, 2016).

2.8.2 Quelato de Zinc

El zinc es un micronutriente esencial en la activación enzimática y en la síntesis y conservación de hormonas de crecimiento vegetal (auxinas). Participa en la síntesis de proteínas y aumenta la fotosíntesis.

El E.D.T.A o llamado quelato de Zinc está especialmente formulado para prevenir y corregir estados carenciales de zinc. Con la aplicación del quelato se evita la pérdida de dominancia apical, la clorosis internervial y la reducción del tamaño de las hojas, entrenudos y planta en general (Agrinova, 2016).

2.8.2.1 Compatibilidad

E.D.T.A de Zinc es compatible con la mayor parte de los fertilizantes y productos fitosanitarios normalmente utilizados. Es importante tener en cuenta que no se debe mezclar con aceites, azufres, productos de reacción alcalina y soluciones madre muy ácidas ($\text{pH} < 4$).

Mantener fuera del alcance de los niños, Mantener lejos de alimentos, bebidas y piensos (Agrinova, 2016).

2.8.3 Keylate de Zinc

El producto posee un doble quelatamiento lo que facilita la concentración de ión metálico debido a su alto valor de constante estabilidad, permitiendo una óptima disponibilidad y mayor contenido actual del ión metálico quelatado bajo rango de pH de la solución (Agronpaxi, 2016).

2.8.3.1 Ventajas del Keylate de Zinc

Son de alta solubilidad en agua y no forma precipitados ni se sienta en el fondo del recipiente.

El agente quelatante es un agente búfer que proporciona una óptima disponibilidad de los micronutrientes sin importar el pH del suelo, dado a química del quelatamiento empleada no posee sodio, elemento presente en los quelatamientos con E.D.T.A liberándose de esta manera a los cultivos del efecto de estrés generado por este elemento (Agronpaxi, 2016).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Ubicación Política

El presente estudio se realizó en la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Parroquia San Fernando en la Hacienda El Prado, IASA I (Carrera de Ingeniería Agropecuaria).

3.1.2 Ubicación Geográfica

Según (Arce, 2009)

- Piso Altitudinal : $0^{\circ}23'11.16''S$
- Región latitudinal: $78^{\circ}25'1.56''O$
- Altitud promedio: 2748 m.s.n.m



Figura 9 Fotografía del lugar de la investigación

Fuente: (Google Maps, 2017)

3.1.3 Ubicación Ecológica

Según (Arce, 2009)

- Piso altitudinal: Montano bajo
- Región latitudinal: Templada
- Zona de vida : Bosque Húmedo
- Altitud: 2748 m.s.n.m
- Temperatura promedio : 13.96°C
- Precipitación: 1332,73 mm

3.2. Materiales

3.2.1 Materiales de campo

Suelo completamente homogéneo, carretilla, pala, azadón , fundas de papel, papel adhesivo, regla, cinta métrica, cajas para colocación del suelo, macetas de plástico de 3Lt, fertilizantes (Quelato de Zinc, Sulfato de Zinc y Keylate de Zinc) y spray para la aplicación foliar a las unidades experimentales.

3.2.2 Materiales Biológicos

Semilla de rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.

3.2.3 Materiales de Laboratorio

Materia fresca del pasto, Fundas de papel, Papel filtro, Embudo, Estufa, Agua destilada y des ionizada, crisoles, mufla, balones de 50 y 100 ml, Ácido Clorhídrico, Acetona, Ácido Sulfúrico, Ácido clorhídrico, Oxido de lantano, Cloruro férrico, Hidróxido de Sodio, Etanol, Vasos de precipitación, Equipo de absorción atómica, , pipetas, pera, probetas de 50ml y 100ml,, Vasos de precipitación, Jeringuillas, Erlenmeyer de 50ml, papel aluminio, Balanza, micro pipetas, espectrofotómetro, Equipo de digestión Kjeldahl, núcleos der ebullición, tabletas de catalizador Kjeldahl,, papel parafina, Ácido bórico, Espectrofotómetro.

3.3 Métodos

3.3.1 Fase de campo

La fase de campo se llevó a cabo en la Hacienda El Prado "IASA I" donde se realizó la siembra del pasto Rye grass perene (*Lolium perenne*) variedad Amazon en macetas bajo invernadero, posteriormente se tomaron los datos para la investigación realizada.

3.3.1.1 Análisis del suelo, Siembra, Preparación y aplicación de los productos por tratamientos

Se tomó la muestra de suelo del potrero que se encuentra ubicado atrás del invernadero de fruticultura, las muestras fueron recolectadas a manera de Zic Zac y se la homogenizo completamente hasta completar 1Kg de suelo, se llevó agrocalidad de Tumbaco para realizar el análisis de suelo considerando el paquete Nro.2 que es el más completo el cual analizaron PH, Materia Orgánica, Nitrógeno. Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc, para la siembra se tomó suelo completamente homogéneo y se procedió a llevarlo en carretillas al invernadero para colocarlo en macetas de capacidad de 3 litros, se procedió a llevarlo a capacidad de campo una vez colocado el suelo en cada una de las macetas se sembró 15 semillas del pastos Rye Grass perene (*Lolium perenne*) variedad Amazon a una profundidad de 1cm evitando que no quede muy profundo para evitar que la semilla se dañe o se demore en germinar.

A los 30 días se realizó el corte de igualación a una altura de 6cm debido al stress que presento el pasto bajo el invernadero por el verano a partir del corte de igualación se comenzó a contar los días para la aplicación de cada uno de las fuentes de Zinc a los 10, 20 y 30 días vale señalar que la fase de campo se realizó a los 40 días después de la aplicación de los tratamientos, para la aplicación de los tratamientos de realizo cálculos con el porcentaje de Zinc que tenía cada uno de los productos como el Sulfato de Zinc, E.D.T.A de Zinc y Keylate de Zinc todas las mediciones se realizaron en el laboratorio con la utilización de micro pipetas para una mejor exactitud, inmediatamente se llevó los productos preparados para ser aplicados en el invernadero vía foliar en cada una de las macetas completamente etiquetadas, vale señalar que las

macetas fueron llevadas a diferentes lugares de aplicación dependiendo de la fuente de zinc para evitar que el spray les afecte a los tratamientos.

Tabla 1
Análisis del suelo en potrero para la determinación de macro y micronutrientes

Código de muestra de laboratorio	Identificación de campo de la muestra	Parámetro analizado	Métodos	Unidad	Resultado
SFA-161947	IASA I	Ph	Potenciométrico	...	6,28
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	7,23
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,36
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	106,7
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	1,5
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	13,7
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	3,57
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	960,1
		Magnesio	Absorción Atómica	ppm	31,92
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	7
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	8,4

Analizado por: Daniel Bedoya,
Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:

Interpretación de resultados- Región Sierra

Parámetro	MO (%)	N(%)	P(ppm)	K (cmol/kg)	Ca Mg				
					(cmol/kg)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Cu(ppm) Zn(ppm)	
Bajo	< 1.0	0-0.15	0 - 10.0	< 0.2	< 1.0	< 0.33	20.0	0 - 5.00	1.00-3.0
Medio	1.0-2.0	0.16-0.13	11.0 - 20.0	0.2 - 0.38	3.0	0.34 - 21.0	6.0 - 15.0	1.1 - 4.0	3.1 - 6.0
Alto	>2.0	>0.31	>21.0	> 0,4	>3.0	> 0.66	> 41.0	> 16.0	> 4.1 > 6.1

Interpretación de resultados Región Costa y Sierra

Ph	Ácido			Ligeramente ácido			Prácticamente Neutro			Ligeramente Alcalino		
	5.5	5.6 - 6.4	6.5 - 7.5	7.6 - 8.0	8.1							
Ph	5.5	5.6 - 6.4	6.5 - 7.5	7.6 - 8.0	8.1							

Fuente: (Agrocalidad, 2016)

3.3.2 Fase de laboratorio

Estuvo comprendida desde la preparación de las dosis para la aplicación de cada tratamientos, el secado del pasto, análisis bromatológico , medición del Ácido Indol

Acético, Medición de la clorofila, Medición de los macronutrientes y micronutrientes pastos rye grass perene (*Lolium perenne*) variedad Amazon.

3.3.3 Factores en estudio

Los factores que se probaron fueron: Fuentes con Zinc, y diferentes dosis aplicarse en tres tiempos de evaluación.

Tabla 2
Características de los factores evaluados en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon

FACTORES	FUENTES	Dosis (ppm)	Tiempo (días)
A	ZnSO4	14	10
		17	20
		20	30
B	E.D.TA Zn	14	10
		17	20
		20	30
C	Keylate Zn	14	10
		17	20
		20	30

3.3.4 Tratamientos en estudio

De los factores evaluados se realizó una interacción las tres diferentes fuentes de Zinc que son el Keylate de Zinc, E.D.T.A de Zinc y Sulfato de Zinc con las tres dosis una baja con 14 ppm, media con 17 ppm y alta con 20ppm aplicados a los 10,20 y 30 días después del corte de igualación obteniendo así 27 tratamientos más un testigo dando un total de 28 tratamientos, los mismos que se repitieron 4 veces (Tabla 3).

3.3.5 Tipo de diseño experimental

El diseño empleado fue un DCA en parcelas divididas de 3X3X3 con 4 repeticiones

3.3.6 Características de las Unidades Experimentales

Las unidades experimentales fueron cada una de las macetas que tiene una capacidad de 2 litros las mismas que fueron incorporadas suelo completamente homogéneo con semillas de rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon y que se encontraran separada a 0.10 m entre maceta y maceta y a 0.60 m entre parcelas correspondientes a cada uno de los tratamientos.

Tabla 3

Aplicación foliar de las diferentes fuentes de Zinc con 3 dosis y en 3 tiempos para ser evaluados a los 40 días para una mejor acumulación de zinc. Hacienda el Prado IASA I, 2017

Tratamiento	Características
T1	Keylate de Zinc, 14 ppm, 10 días
T2	Keylate de Zinc, 17 ppm, 10 días
T3	Keylate de Zinc, 20 ppm, 10 días
T4	E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 10 días
T5	E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 10 días
T6	E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 10 días
T7	Sulfato de Zinc, 14 ppm, 10 días
T8	Sulfato de Zinc, 17 ppm, 10 días
T9	Sulfato de Zinc, 20 ppm, 10 días
T10	Keylate de Zinc, 14 ppm, 20 días
T11	Keylate de Zinc, 17 ppm, 20 días
T12	Keylate de Zinc, 20 ppm, 20 días
T13	E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 20 días
T14	E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 20 días
T15	E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 20 días
T16	Sulfato de Zinc, 14 ppm, 20 días
T17	Sulfato de Zinc, 17 ppm, 20 días
T18	Sulfato de Zinc, 20 ppm, 20 días
T19	Keylate de Zinc, 14 ppm, 30 días
T20	Keylate de Zinc, 17 ppm, 30 días
T21	Keylate de Zinc, 20 ppm, 30 días
T22	E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 30 días
T23	E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 30 días
T24	E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 30 días
T25	Sulfato de Zinc, 14 ppm, 30 días
T26	Sulfato de Zinc, 17 ppm, 30 días
T27	Sulfato de Zinc, 20 ppm, 30 días
T28	Testigo

3.3.7 Croquis del diseño

El diagrama del ensayo se presenta en el Anexo 1.

3.3.8 Esquema del análisis de varianza

Tabla 4

Análisis de varianza para determinar la mejor dosis de los fertilizantes de acumulación de Zinc en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*)

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	107
Fertilizantes	2
Error de los fertilizantes	9
Dosis	2
Fertilizantes x Dosis	4
Error de la variedad	12
Tiempo	2
Fertilizantes x Tiempo	4
Tiempo x Dosis	4
Fertilizantes x Tiempo x Dosis	8
Error	47

3.3.9 Análisis funcional

Se realizó en base a una diferencia mínima significativa (DMS), prueba de Duncan, prueba de DGC a un nivel de significancia del (0,05 %), contrastes para analizar si el testigo difiere de los tratamientos y Prueba de comparación de medias.

3.3.10 Variables medidas

3.3.10.1 Vigor del rebrote del pasto

Esta variable se determinó en forma visual observando las características como el grosor del tallo y el número de macollos de cada planta, estos se evaluaron después del corte de igualación en cada uno de los tratamientos y se empleó la escala establecida por (Cárdenas & Granda, 2011) tabla 7.

Tabla 5
Escala del vigor del rebrote

VALOR	SIGNIFICADO
9-10	Muy bueno
7-8	Bueno
5-6	Regular
0-4	Deficiente

Fuente: (Cárdenas & Granda, 2011)

3.3.10.2 Altura de la planta

La altura de la planta se tomó una vez por semana después de aplicado los tratamientos para ver la diferencia que se presentó entre cada uno de los tratamientos y días de aplicación de cada uno de los productos.

3.3.10.3 Materia Fresca

Se recolectó de cada tratamiento el material vegetal y se pesó en la balanza para determinar la cantidad de masa que produjo cada uno de los tratamientos en los diferentes días de aplicación de los productos vale señalar que el análisis se realizó a los 40 días una vez realizado el corte se colocó al pasto en fundas de papel e inmediatamente se llevó al laboratorio para ser pesados en la balanza cada una de las muestras recolectadas por tratamientos por lo que se evitó que el pasto pierda peso.

3.3.10.4 Materia Seca

La materia seca o extracto seco es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio, estas se realizó a los 40 días después de aplicado cada uno de los tratamientos y el material vegetal se dejó por 24 horas en la mufla a una temperatura de 100°C y posterior a ellos se pesó el material seco.

$$\% \text{de materia seca} = 100 - [(\text{peso inicial} - \text{peso en seco}) / \text{peso inicial}] \times 100$$

Fuente: (Alta, 2012)

3.3.10.5 Concentración de la clorofila en mg/g de peso fresco en el pasto

Para la medición de la clorofila se realizó el método de (Harborne, 1973) con la ayuda del fotómetro del cual se tomó la muestra de pasto Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*), se pesó 0,25g de muestra de tejido vegetal y se procedió a macerar finamente, se colocó las muestras en tubos de ensayo cubiertos para evitar la degradación de la clorofila y se añadió 2,5ml de acetona al 80%, se dejó reposar por un periodo de 24 horas en oscuridad a temperatura de -4°C, una vez sacado las muestras de refrigeración se preparó el embudo para recibir la muestra con un papel filtro previamente humedecida con acetona al 80%, y se transfirió la muestra a un mortero para molerse totalmente, posterior a ellos se filtró el extracto obtenido de la muestra, para aforar a 6.25ml con acetona al 80% y de esta solución se tomó la muestra para leer su absorbancia a 645 y 663 nm en el espectrofotómetro.

La cantidad se obtiene por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Clorofila a (C)} = \frac{[(12.7 * A_{663}) - (2.59 * A_{645})] (V)}{(1000 * P)}$$

$$\text{Clorofila b (C)} = \frac{[(22.9 * A_{645}) - (4.70 * A_{663})] (V)}{(1000 * P)}$$

$$\text{Clorofila total (C)} = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b}$$

Comprobación:

$$\text{Clorofila total (C)} = (8.20 * A_{663}) + (20.2 * A_{645}) * V / 1000 * P$$



Figura 10 Obtención de la clorofila

3.3.10.6 Concentración del Ácido Indol Acético en ug/ml de las raíces del pasto

Antes de la medición del Ácido Indol Acético se procedió a realizar una curva de calibración con AIA puros, para lo cual se prepara el reactivo de Salkowski con 0.5M de FeCl_3 , 49ml de agua y 49 ml de ácido perclórico y se procedió a realizar diluciones con 0, 5, 10,20, 50 y 100 ug/ml y se transfirió finalmente 2ml del reactivo de Salkowski es necesario tener en cuenta que el AIA no es soluble en agua, pero si en acetona o alcohol etílico.

Para la medición del AIA se realizó con la ayuda del espectrofotómetro a 645nm del cual se tomó la muestra de la raíz del pasto Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*), se pesó 1g de la raíz y se procedió a macerar finamente, se colocó las muestras en tubos de ensayo cubiertos para evitar la degradación del AIA y se añadió la acetona al 80%, se dejó reposar por 24 horas a temperatura de -4°C , una vez sacado las muestras de refrigeración se preparó el embudo para recibir la muestra con un papel filtro previamente humedecida con acetona al 80%, y se transfirió la muestra a un mortero para molerse totalmente, posterior a ellos se filtró el extracto obtenido de la muestra, para aforar a 6.25ml con acetona al 80% y de esta solución se tomó la muestra para leer su absorbancia a 645 y 663 nm en el espectrofotómetro.



Figura 11 Obtención de AIA después de la medición

3.3.10.7 Número de macollos

Se observó cuando el pasto presentó de 2-3 hojas desde el eje principal pues este generó su propio sistema de raíces adventicias porque llega a comportarse como una planta individual.

3.3.10.8 Número de raíces secundarias

Para analizar el número de raíces secundarias por cada uno de los tratamientos se sacó cuidadosamente las raíces de las macetas, se lavó y se las llevó en un recipiente transparente con agua para tomarle fotos claras y visibles. Para lo cual se ocupó el programa ImageJ para contar de mejor manera las raíces y vale mencionar que también se midió el número de raíces viejas, nuevas, largo, ancho de las raíces y la cantidad de raíces secundarias que se han formado.



Figura 12 Medición de las raíces programa ImageJ



Figura 13 Conteo de las raíces en el programa ImageJ

3.3.10.9 Valor nutricional

Una vez recolectada las muestras del material fresco de cada uno de los tratamientos, estas fueron llevadas al laboratorio de suelos del IASA I y se determinó mediante análisis proximal: Humedad, cenizas, proteína, fibra y Grasa.

3.3.10.10 Diagnóstico Foliar en el Pasto para ver la acumulación de Zinc

A los 40 días de realizado el corte se procedió a cortar el pasto Rye Grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon para determinar la cantidad de Zinc que se acumuló, a su vez se midió Hierro, Cobre, Magnesio, Calcio y Potasio para determinar variación en los macro y micronutrientes.

El pasto se cortó a una altura de 6cm y se procedió a ponerles en bolsas de papel y se llevó a pesar inmediatamente al laboratorio, una vez pesada se lavó con jabón neutro para eliminar todo tipo de impurezas tales como polvo de la tierra y se dejó en la estufa a 100°C por 24 horas.

Una vez seco el material vegetal se procede a moler cada uno de los tratamientos los mismos que serán analizados en el equipo de absorción atómica respectivamente realizando cada uno de las diluciones para cada macro y micronutriente.

Tabla 6
Análisis foliar del Zinc en el pasto

REPORTE DE ANÁLISIS FOLIARES			
Nro muestra	Identificación	mg/kg (ppm)	Interpretación
	1 Testigo		12 B
	2 Testigo		12 B
	3 Testigo		12 B
Rango Hill Laboratories			Interpretación
Suficiente : 14-20 mg/kg			B= Bajo

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de los niveles de fertilización sobre la altura de planta

La altura fue evaluada a partir del corte de igualación cada 8 días después de la aplicación de cada uno de los tratamientos aplicados a los 10, 20 y 30 días, se pudo determinar que existió diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos ($F_{27,81} = 4,95$, $p < 0,0001$); el T23 (E.D.T.A. Zinc, dosis de 17 ppm, 30 días de aplicación) (Tabla 7), presentó la mayor altura del pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon con 29,40 cm, mientras que el testigo T28 obtuvo una altura de 23,19 cm por tener un menor crecimiento. El Zinc cumple un efecto importante en el crecimiento de la planta, se encuentra concentrado en gran parte en la raíz por lo que su movilidad en la misma es muy pequeña (Martín, 2009). Sin embargo es de vital importancia tener en cuenta que el E.D.T.A de zinc favorece a la síntesis del crecimiento vegetal (auxinas) (Agrinova, 2016) vale señalar que el Quelato de Zinc es fácilmente tomado por la planta y por lo tanto actúa en forma rápida y eficiente para mejorar la altura de los pastos al momento de ser consumido por los animales. (Pineda, 1996).

4.2 Efecto de los niveles de fertilización sobre el número de macollos

En lo que respecta al número de macollos se los contó cada 8 días después del corte de igualación de cada uno de los tratamientos aplicados a los 10, 20 y 30 días, se puede determinar que existieron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos ($F_{27,81} = 2,32$, $p = 0,0020$); el T19 (Keylate Zinc, dosis 14 ppm, 30 días de aplicación) (Tabla 7), presentó una mayor cantidad de macollos con un promedio de 4,23, mientras que el testigo T28 registró un menor valor con 2,60 macollos por planta en el pasto. Las fuentes de Zinc permiten que las plantas regulen las concentraciones hormonales, mejorando la síntesis de proteínas y estimula el sistema radicular en plantas jóvenes, en gramíneas el zinc mejora el macollamiento y desarrollo de hijuelos (Nederagro, 2017).

4.3 Efecto de los niveles de fertilización sobre el vigor del rebrote.

Para el vigor del rebrote fue medida con una escala por (Cárdenas & Granda, 2011) con una valorización de 1 a 10. Esta variable no presentó diferencias significativas, ($F_{27,81} = 2,32, p=0,0020$) (Tabla 7), sin embargo el desarrollo obtenido en todos los tratamientos se encuentran en rango de 8-9 considerados de muy buenos y excelentes. La fertilización con diferentes fuentes de Zinc, dosis y días de aplicación, no interfirieron en el vigor del rebrote, vale señalar que el rye grass y la festuca tienen tallos largos y acumulan cantidades altas de Carbonos no estructurales en la base de los tallos (Mendoza, 1980). A su vez el número de defoliaciones frecuentes son más importantes para obtener un pasto de un alto valor nutritivo, vale recalcar que la altura del rebrote es importante para un mejor pastoreo pues generan una dinámica en la remoción de los puntos de crecimiento que ocurren durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reservas (Ramírez, y otros, 2009).

Tabla 7
Promedio \pm error estándar de la altura y número de macollos y vigor del rebrote en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) Variedad Amazon bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017

Descripción PDT *	Tratamientos	Altura (cm)	Número de macollos	Vigor del rebrote
Keylate 17 10	T1	27,35 \pm 0,77 bcde	3,30 \pm 0,08 bcdef	8,00 \pm 0,00 bcdef
Keylate 14 10	T2	27,02 \pm 0,83 de	3,70 \pm 0,10 abcd	7,5 \pm 0,65 abcd
Keylate 20 10	T3	27,12 \pm 0,82 cde	2,90 \pm 0,06 def	8,00 \pm 0,91 def
E.D.T.A 14 10	T4	26,76 \pm 0,75 e	3,15 \pm 0,06 bcdef	6,75 \pm 0,25 bcdef
E.D.T.A 17 10	T5	27,73 \pm 0,84 abcde	4,05 \pm 0,07 ab	7,5 \pm 0,65 ab
E.D.T.A 20 10	T6	27,34 \pm 0,81 bcde	3,44 \pm 0,05 abcdef	7,25 \pm 0,48 abcdef
Sulfato 14 10	T7	28,02 \pm 0,86 abcde	3,55 \pm 0,07 abcde	6,75 \pm 0,48 abcde
Sulfato 17 10	T8	28,09 \pm 0,89 abcde	3,36 \pm 0,09 abcdef	7,75 \pm 0,48 abcdef
Sulfato 20 10	T9	27,50 \pm 0,78 bcde	3,39 \pm 0,05 abcdef	8,75 \pm 0,25 abcdef
Keylate 14 10	T10	28,77 \pm 0,81 abcd	3,69 \pm 0,07 abcd	7,75 \pm 0,25 abcd
Keylate 17 20	T11	28,68 \pm 0,81 abc	3,45 \pm 0,07 abcdef	7,25 \pm 0,48 abcdef
Keylate 20 20	T12	28,13 \pm 0,75 abcde	3,65 \pm 0,07 abcde	7,00 \pm 0,41 abcde
E.D.T.A 14 20	T13	29,37 \pm 0,87 a	3,45 \pm 0,06 abcdef	6,50 \pm 0,5 abcdef
E.D.T.A 17 20	T14	28,40 \pm 0,78 abcde	3,53 \pm 0,06 abcde	7,25 \pm 0,48 abcde
E.D.T.A 20 20	T15	28,91 \pm 0,84 abc	3,61 \pm 0,08 abcde	7,75 \pm 0,25 abcde
Sulfato 14 20	T16	28,73 \pm 0,81 abcd	3,05 \pm 0,05 cdef	7,75 \pm 0,63 cdef
Sulfato 17 20	T17	28,87 \pm 0,84 abc	3,02 \pm 0,04 cdef	7,00 \pm 0,41 cdef
Sulfato 20 20	T18	28,76 \pm 0,82 abcd	2,74 \pm 0,05 ef	8,00 \pm 0,41 ef
Keylate 14 30	T19	27,95 \pm 0,77 abcde	4,23 \pm 0,31 a	9,00 \pm 0,41 a
Keylate 17 30	T20	28,99 \pm 0,87 ab	3,80 \pm 0,09 abc	8,25 \pm 0,63 abc
Keylate 20 30	T21	28,12 \pm 0,75 abcde	4,00 \pm 0,42 ab	9,5 \pm 0,5 ab
E.D.T.A 14 30	T22	28,50 \pm 0,80 abcde	3,64 \pm 0,11 abcde	6,25 \pm 0,48 abcde
E.D.T.A 17 30	T23	29,40 \pm 0,90 a	3,04 \pm 0,09 cdef	8,75 \pm 0,48 cdef
E.D.T.A 20 30	T24	28,54 \pm 0,82 abcde	2,98 \pm 0,09 cdef	8,5 \pm 0,65 cdef
Sulfato 14 30	T25	28,06 \pm 0,76 abcde	3,40 \pm 0,09 abcdef	9,25 \pm 0,48 abcdef
Sulfato 17 30	T26	27,91 \pm 0,75 abcde	3,07 \pm 0,07 cdef	9,00 \pm 0,71 cdef
Sulfato 20 30	T27	28,14 \pm 0,79 abcde	3,01 \pm 0,07 cdef	9,25 \pm 0,48 cdef
Testigo	T28	23,19 \pm 0,23 f	2,60 \pm 0,00 f	5,00 \pm 0,00 f

*PDT [(Producto: fuentes de Zinc ;Dosis(ppm);Tiempo(Dias)]

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

4.4 Calidad nutritiva del pasto rye Grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon

De acuerdo con la variable valor nutricional expresadas en porcentaje se encontraron diferencias significativas en la humedad ($F_{8,81} = 8,00$, $p < 0,0001$), la materia seca ($F_{8,81} = 8,02$, $p < 0,0001$), ceniza ($F_{8,81} = 51,05$, $p < 0,0001$), grasa ($F_{8,81} = 80,75$, $p < 0,0001$), fibra ($F_{8,81} = 1284$, $p < 0,0001$) y proteína ($F_{8,81} = 188,12$, $p < 0,0001$) entre cada uno de los tratamientos.

Para la variable humedad se encontraron diferencias significativas obteniendo el tratamiento con mayor porcentaje de humedad al T4 (E.D.T.A Zinc, dosis 14 ppm, 10 días) obteniendo 94,16% de humedad a su vez se puede obtener el tratamiento con el porcentaje más bajo de Humedad T14 (E.D.T.A Zinc, dosis 17 ppm , 20 días) obteniendo un 81,83% (Tabla 8) , se encuentra diferencias a los datos presentados por (Velásquez, 2009) quien mencionó que el porcentaje del testigo es de 50,64% y con el tratamiento más significativo con un porcentaje de 61,99% esto se debe a las diferentes condiciones en las que se desarrolla el pasto, sin embargo (Eptein, 1972) menciona que entre el 80-90% los pastos están construidas por agua es decir C,H y O por lo que todos los elementos minerales que se encuentran en las plantas solamente constituyen el 1.5% del peso fresco de la planta, mientras mayor cantidad de agua se presenta en el pasto su valor nutritivo disminuye para el animal al momento de consumirlo.

Con respecto al porcentaje de materia seca encontraron diferencias significativas obteniendo con un mayor porcentaje con el tratamiento T14 (E.D.T.A Zinc, dosis 17 ppm, 20 días de aplicación) con 18,19% y el menor porcentaje de materia seca es el T4 (E.D.T.A Zinc, dosis 14 ppm ,10 días de aplicación) con 5,85% (Tabla 8). Según (León, 2003) indica que un pasto de buena calidad va entre los rangos de 18-24% de materia seca, pero con cada corte realizado a pasto esta cantidad de materia seca disminuye por lo que se debe a los intervalos inadecuados al momento del pastoreo, vale señalar que la materia seca esta constituido por paredes celulares, compuestos principalmente por celulosa (Yara, 2015), la materia seca es de gran importancia en el animal al momento de consumirlo pues a medida que el animal crece va necesitando mayor cantidad de materia seca.

Con respecto a la porcentaje de ceniza se encontraron diferencias significativas obteniendo con un mayor porcentaje con el tratamiento T5 (E.D.T.A Zinc, dosis 17 ppm, 10 días de aplicación) con 29,89 % y el menor porcentaje de materia seca es el Testigo T28 con 3,68 % (Tabla 8), los resultados se encuentran sobre las recomendaciones de (León, 2003) que indica que la mayoría de los forrajes van en

rangos de 5-10% esto se debe a la cantidad de Nitrógeno y Azufre que se encuentran presentes y que se volatilizan durante los diferentes procesos de calcinación. Sin embargo (Guacapiña, 2014) reporta valores entre 10,53%-26,91% presentes en rye grass perenne (*Lolium perenne*).

Para la variable porcentaje de proteína se encontraron diferencias significativas obteniendo un porcentaje más alto con el Tratamiento T2 (Keylate Zinc, dosis 17 ppm, 10 días de aplicación) con 32,76 % y el menor porcentaje de proteína es el tratamiento T7 (sulfato Zinc, dosis 14 ppm, 10 días de aplicación) con 11,54% (Tabla 8), pese a que los resultados obtenidos en el ensayo son más altos a los presentados por (Guacapiña, 2014) ya que los valores en rye Grass perenne (*Lolium perenne*) van de 12,67%-17,2%, se puede considerar que el porcentaje de proteína para un pasto de alta calidad va dentro de los rangos de 18-25% (León, 2003). El porcentaje de proteína decrece al aumentar la edad del pasto, generalmente el corte incrementa el porcentaje de proteína debido a que remueve el tejido maduro y es remplazado por tejidos nuevos (Guerrero, 1993)

Con respecto al porcentaje de grasa se encontraron diferencias significativas obteniendo un porcentaje más alto con el Tratamiento tratamientos T3 (Keylate Zinc, dosis 20 ppm, 10 días de aplicación) obteniendo un 19,52% y el más bajo con el tratamiento T5 (Producto E.D.T.A de Zinc con una dosis de 17 ppm a los 10 días de aplicación) obteniendo un 8,05% (Tabla 8). Los resultados obtenidos son más altos a los presentados por (Guacapiña, 2014) quien señala valores para *Lolium perenne* de 1,55-3,21%, vale señalar que según el (IFA, 2002) indica que el contenido de lípidos de las hojas varía de 3-10%, a su vez es refutado por (Bernal & Espinosa, 2003) quienes mencionan que el contenido de lípidos declinan por la edad, pues los lípidos tiene diferentes componentes, pero la mayor parte encuentran compuestos por galactolipidos y fosfolipidos, la mayor parte se encuentra en los cloroplastos.

Con respecto al porcentaje de fibra se encontraron diferencias significativas obteniendo un porcentaje más alto con el Tratamiento T1 (Keylate Zinc, dosis 14 ppm, 10 días de aplicación) obteniendo un 55,76% y el más bajo el T6 (E.D.T.A Zinc, dosis

20 ppm , 10 días de aplicación) obteniendo un 14,55% (Tabla 8), los resultados obtenidos en el ensayo se encuentran relacionados a las investigaciones de (Guacapiña, 2014) quien señala valores de fibra en rye grass perenne (*Lolium perenne*) de 18,17-25,35%, vale recalcar que (Cardona, y otros, 2002) indican que el porcentaje de fibra varía desde un 28,6% ya que esta representa el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina que constituyen el esqueleto de las plantas y puede comprender entre 40-80% de la materia seca. La fibra es considerada la parte no digestible de los alimentos, es decir, que mientras mayor sea su concentración, menor será su valor alimenticio, sin embargo la fibra es importante en el proceso de digestión, de su presencia depende la salud del animal y la eficiencia de la fermentación de los nutrientes digeridos (León, 2003).

En la siguiente figura 14 se puede observar el valor nutricional de los mejores tratamientos T18 y T28 versus el T28 (Testigo) en el que se obtuvieron una mayor acumulación de Zinc en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon en el que se puede observar que el porcentaje de la proteína aumenta considerablemente a diferencia del testigo.

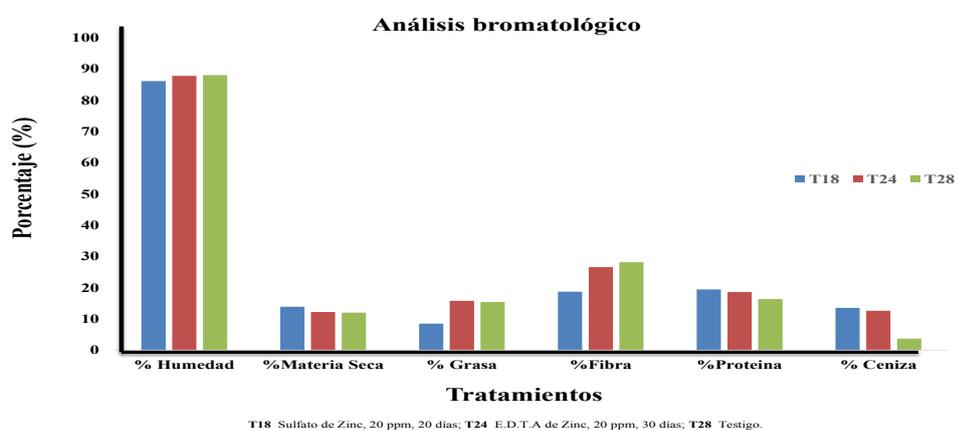


Figura 14 Análisis bromatológico con las mejores dosis vs el Testigo

Tabla 8
Promedio ± error estándar de los análisis bromatológicos del pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*)
Variedad Amazon bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017

Descripción	PDT *	Tratamientos	% Humedad	%Materia Seca	% Grasa	%Fibra	%Proteína	% Ceniza
Keylate 17 10		T1	90,14 ± 0,88 gh	9,87 ± 0,88 bc	15,39 ± 0,01 d	55,76 ± 0,46 s	18,28 ± 0,09 ij	15,03 ± 0,10 def
Keylate 14 10		T2	91,17 ± 0,96 h	8,84 ± 0,96 b	19,30 ± 0,24 j	54,00 ± 0,10 q	32,76 ± 0,39 o	15,20 ± 0,01 def
Keylate 20 10		T3	89,37 ± 0,54 fgh	10,63 ± 0,54 bcd	19,52 ± 0,11 j	20,02 ± 0,12 de	17,01 ± 0,50 efg	16,01 ± 0,27 f
E.D.T.A 14 10		T4	94,16 ± 0,48 i	5,84 ± 0,48 a	14,46 ± 0,18 c	20,50 ± 0,12 ef	11,23 ± 0,34 a	7,77 ± 1,19 b
E.D.T.A 17 10		T5	88,26 ± 0,51 cdefg	11,74 ± 0,51 cdefg	8,05 ± 0,36 a	17,15 ± 0,32 b	16,50 ± 0,21 e	29,89 ± 0,19 h
E.D.T.A 20 10		T6	87,89 ± 1,15 cdefg	12,11 ± 1,15 cdefg	15,42 ± 0,22 d	14,55 ± 0,23 a	17,71 ± 0,13 hi	15,09 ± 0,35 def
Sulfato 14 10		T7	89,72 ± 0,09 fgh	10,28 ± 0,09 bcd	17,47 ± 0,17 fgh	21,19 ± 0,24 g	11,54 ± 0,22 a	15,12 ± 0,10 def
Sulfato 17 10		T8	91,36 ± 0,27 h	8,64 ± 0,27 b	15,53 ± 0,07 d	27,84 ± 0,19 l	15,56 ± 0,18 c	14,72 ± 0,12 cdef
Sulfato 20 10		T9	89,21 ± 1,03 efg	10,79 ± 1,03 bcde	15,20 ± 0,36 d	22,46 ± 0,16 h	12,41 ± 0,17 b	15,13 ± 0,10 def
Keylate 14 10		T10	88,34 ± 0,90 cdefg	11,66 ± 0,90 cdefg	13,53 ± 0,20 b	22,41 ± 0,24 g	18,70 ± 0,10 j	13,37 ± 0,01 cde
Keylate 17 20		T11	88,39 ± 0,70 cdefg	11,61 ± 0,70 cdefg	17,63 ± 0,21 gh	21,42 ± 0,24 g	29,69 ± 0,28 n	13,89 ± 0,02 cdef
Keylate 20 20		T12	86,17 ± 1,56 bcd	13,83 ± 1,56 fgh	15,32 ± 0,22 d	20,98 ± 0,26 fg	18,34 ± 0,02 ij	13,33 ± 0,04 cde
E.D.T.A 14 20		T13	88,97 ± 0,44 defgh	11,03 ± 0,44 bcdef	17,17 ± 0,26 efg	23,46 ± 0,16 i	16,42 ± 0,20 de	15,50 ± 0,02 def
E.D.T.A 17 20		T14	81,83 ± 0,64 a	18,19 ± 0,63 i	16,76 ± 0,06 e	28,50 ± 0,20 lm	17,20 ± 0,16 fgh	14,82 ± 0,08 cdef
E.D.T.A 20 20		T15	87,70 ± 0,59 cdefg	12,31 ± 0,59 cdefg	13,51 ± 0,13 b	19,62 ± 0,09 d	17,47 ± 0,22 fgh	14,49 ± 0,05 cdef
Sulfato 14 20		T16	89,61 ± 0,60 fgh	10,39 ± 0,60 bcd	14,52 ± 0,18 c	26,67 ± 0,16 k	19,45 ± 0,08 k	13,08 ± 0,02 cd
Sulfato 17 20		T17	88,11 ± 0,38 cdefg	11,89 ± 0,38 cdefg	18,43 ± 0,04 i	37,48 ± 0,22 q	20,84 ± 0,33 l	13,42 ± 0,03 cde
Sulfato 20 20		T18	86,12 ± 0,44 bc	13,88 ± 0,44 gh	8,45 ± 0,16 a	18,68 ± 0,04 c	19,41 ± 0,06 k	13,50 ± 0,11 cde
Keylate 14 30		T19	86,44 ± 0,48 bcde	13,56 ± 0,48 efg	14,34 ± 0,44 c	28,38 ± 0,26 lm	15,79 ± 0,09 cd	13,51 ± 0,13 cde
Keylate 17 30		T20	86,91 ± 1,02 bcdef	13,09 ± 1,02 defgh	20,33 ± 0,18 k	25,57 ± 0,16 j	19,59 ± 0,09 k	12,51 ± 0,17 c
Keylate 20 30		T21	86,44 ± 2,22 bcde	13,56 ± 2,22 efg	19,64 ± 0,02 j	25,59 ± 0,23 j	16,31 ± 0,04 de	13,26 ± 0,23 cd
E.D.T.A 14 30		T22	89,26 ± 0,57 efg	10,74 ± 0,57 bcde	16,65 ± 0,08 e	31,68 ± 0,16 n	17,49 ± 0,13 fgh	13,26 ± 0,23 cd
E.D.T.A 17 30		T23	89,52 ± 0,44 fgh	10,49 ± 0,44 bcd	16,59 ± 0,10 e	28,60 ± 0,08 m	26,66 ± 0,19 m	15,76 ± 2,50 ef
E.D.T.A 20 30		T24	87,80 ± 0,35 cdefg	12,20 ± 0,35 cdefg	15,75 ± 0,06 d	26,54 ± 0,20	18,55 ± 0,21 j	12,59 ± 0,25 c
Sulfato 14 30		T25	84,66 ± 2,22 b	15,34 ± 1,03 h	16,93 ± 0,46 ef	33,34 ± 0,22 o	16,87 ± 0,36 ef	9,40 ± 0,07 b
Sulfato 17 30		T26	86,08 ± 0,72 bc	13,92 ± 0,72 gh	15,53 ± 0,23 d	35,35 ± 0,30 p	16,49 ± 0,20 gh	13,74 ± 0,07 cdef
Sulfato 20 30		T27	85,68 ± 0,76 bc	14,32 ± 0,76 gh	17,85 ± 0,04 hi	27,84 ± 0,07 l	16,49 ± 0,20 e	14,40 ± 0,06 cdef
Testigo		T28	88,03 ± 0,12 cdefg	11,97 ± 0,12 cdefg	15,40 ± 0,22 d	28,13 ± 0,38 l	16,33 ± 0,13 de	3,68 ± 0,24 a

*PDT [(Producto: fuentes de Zinc ;Dosis(ppm);Tiempo(Días)]

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

4.5 Análisis foliar

Para las variables análisis foliar expresada en porcentaje y en mg.kg^{-1} respectivamente, se encontraron diferencias significativas para el Zn ($F_{8,81} = 1886,10$, $p < 0,0001$), Cu ($F_{8,81} = 1637,03$ $p < 0,0001$), Fe ($F_{8,81} = 2632,50$ $p < 0,0001$), Mg ($F_{8,81} = 133,74$ $p < 0,0001$), Ca ($F_{8,81} = 25,04$ $p < 0,0001$), K ($F_{8,81} = 299,82$ $p < 0,0001$), P ($F_{8,81} = 28,49$, $p < 0,0001$) y N ($F_{8,81} = 22,62$, $p < 0,0001$).

Para el Zinc se encontraron los valores más altos con el Tratamiento T24 (E.D.TA Zinc, dosis 20 ppm, 30 días de aplicación) con $62,60 \text{ mg.kg}^{-1}$ y el valor más bajo fue T28 (Testigo) con 12 mg.kg^{-1} (tabla 9). Vale señalar que las concentraciones foliares de Zinc obtenidas se encuentran dentro del rango de recomendación de (Bernal & Espinosa, 2003) quienes señalan que en pastos, se considera un contenido bajo de Zn en la materia seca inferior a 26 ppm, mientras que alto cuando es superior a 70 ppm. El follaje influyó en la concentración foliar de Zn resultado que podría relacionarse con la interacción Zn-Fe, existe la hipótesis que la adición de Zn incrementa el crecimiento y esto conduce a una disminución en la concentración de Fe en las plantas (Ronen, 2008). El Zn es inmóvil dentro de la planta y se absorbe como Zn^{2+} (Bernal & Espinosa, 2003). El Zinc se encuentran dentro de los rangos tolerables del Zinc, las vacas lecheras soportan niveles mayores aun de 1000 ppm, sin disminuir su producción (Miller & Cragle, 1965).

Con respecto al Hierro se encontraron valores más altos con el tratamientos T14 (E.D.T.A Zinc, dosis 17 ppm, 20 días de aplicación) con 236,88%, mientras que el valor más bajo fue T9 (Sulfato Zinc, dosis de 20 ppm, 10 días de aplicación) con 53,80% los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por (Bernal & Espinosa, 2003) quienes indican para el forraje concentraciones superiores a 360 ppm en la materia seca se consideran altas y bajas cuando son inferiores a 70 ppm. A su vez (Ronen, 2008) indica que las plantas absorben y mantener al Fe en una forma soluble y móvil disminuye conforme aumenta la concentración de P en el tejido.

En el Cobre se encontraron los valores más alto con el tratamiento T8 (Sulfato Zinc ,dosis 17 ppm , 20 días de aplicación) con $4,77 \text{ mg.kg}^{-1}$; T18 (Sulfato Zinc ,dosis 20 ppm,20 días de aplicación) con $4,59 \text{ mg.kg}^{-1}$ y T1 (Keylate Zinc ,dosis 17 ppm ,10 días de aplicación) con $2,31 \text{ mg.kg}^{-1}$ mientras que el valor más bajo fueron con los demás tratamiento obteniendo con 0 mg.kg^{-1} , se puede señalar que los resultados obtenidos están por debajo del rango de (Bernal & Espinosa, 2003) quienes indican que un forraje es deficiente en Cu cuando las concentraciones en la materia seca son inferiores a 10 ppm y alto cuando esta cantidad es superior a 31 ppm , debido a que el Cu es inmóvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como ion Cu^{2+} , presenta antagonismo con Fe, Zn y Mn. Es importante tener en cuenta que el Zn induce a la deficiencia de Cu en algunos cultivos (Ronen, 2008).

En el Nitrógeno se encontraron los valores más altos con el tratamiento T2 (Keylate Zinc, dosis 17 ppm, 10 días de aplicación) presentó una mayor concentración de materia seca de 5,25%, mientras que el Testigo T28 presentó un porcentaje de 1,41%. Vale señalar que cada uno de los tratamientos se encuentran dentro de las recomendaciones de (Bernal & Espinosa, 2003) en el que se pueden encontrar concentraciones de N en la materia seca que varía de 1-5%. Según (Yara, 2015) menciona que el Nitrógeno es el nutriente principal para el Pasto y se utiliza para estimular altas tasas de crecimiento y es básico para obtener altos rendimientos.

Con respecto al Fósforo se encontraron los valores más altos con tratamientos T27 (Sulfato Zinc, dosis 20 ppm, 30 días de aplicación) con 0,83 % y una menor concentración con el Tratamiento T12 (Keylate Zinc, dosis 20 ppm , 20 días de aplicación) con 0,05% se encontró que existen altas y bajas concentraciones foliares según (Bernal & Espinosa, 2003) quienes señalan que los rangos de concentraciones de P en la materia seca de las plantas varía entre 0,1%- 0,5% considerando cuando el contenido es inferior al 0,21% y superior al 0,44%, por lo que el forraje es una fuente muy importante para los animales. Cabe mencionar que las aplicaciones de fósforo pueden intervenir en la producción de pasturas, pues estas se manifiestan por un periodo mínimo de 2-3 años del cual se pueden recuperar entre un 50-60% del fósforo aplicado luego de 4 años (Berardo & Reussi, 2009).

Para el Potasio se encontraron valores más altos con el tratamiento T12 (Keylate Zinc, dosis 20 ppm, 20 días de aplicación) con 19,95% y el valor más bajo fue el T9 (Sulfato de Zinc, dosis 20 ppm, 10 días de aplicación) (Tabla 9), los resultados señalan que las concentraciones foliares de K se encuentran dentro del rango señalado por (Bernal & Espinosa, 2003) quienes señalan que el rango de concentración de K en la materia seca de las plantas varía entre 0.2 al 5%. Para la mayoría de los forrajes, se considera que una planta es deficiente cuando el contenido es inferior al 1.96 % y alto cuando es superior al 3.08 %.

Con respecto al Calcio se encontraron los valores más alto con el tratamiento T27 (Sulfato Zinc, dosis 20 ppm a 30 días de aplicación) con 7,03 %, y el valor más bajo fue T9 (Sulfato Zinc, dosis 20 ppm, 10 días de aplicación) con 0.29% vale señalar que según (Bernal & Espinosa, 2003) indican que el calcio se acumula principalmente en las hojas formando laminas en la pared celular por ser un elemento poco móvil dentro de la planta se debe considerar que un forraje es deficiente en Ca cuando presenta una concentración menor al 0.24% y es alto cuando es superior al 0.77%.

Para el Magnesio se encontraron valores más altos con el tratamiento T27 (Sulfato Zinc, dosis 20 ppm, 30 días de aplicación) con 10,37% y como menor concentración de Mg el T7 (Sulfato Zinc con una dosis de 14 ppm a los 10 días de aplicación) con 0,29% por lo que (Bernal & Espinosa, 2003) indican que en pasturas se consideran que son valores deficientes cuando el contenido de Mg es menor del 0.26% de la materia seca y alto cuando la concentración es mayor que 0.42%. Según (Jones, Wolf, & Mills, 1991) indica que las concentraciones de Mg dentro de la planta genera una competencia entre los dos cationes en la absorción de las raíces de las planta.

Tabla 9

Promedio ± error estándar de los macronutrientes y micronutriente disponibles en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) Variedad Amazon, bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017

Descripción PDT*	Tratamiento s	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (%)	Ca (%)	K (%)	P (%)	%N
Keylate 17 10	T1	19,70 ± 0,20 n	2,31 ± 0,17 b	93,21 ± 1,02 i	0,53 ± 0,14 g	0,33 ± 0,06 g	1,15 ± 0,08 h	0,31 ± 0,0045 g	2,94 ± 0,01 de
Keylate 14 10	T2	16,14 ± 0,10 p	0,00 ± 0,00 a	63,75 ± 1,70 k	0,50 ± 0,10 g	0,45 ± 0,15 g	1,15 ± 0,05 h	0,31 ± 0,0024 g	5,25 ± 0,05 i
Keylate 20 10	T3	39,72 ± 0,26 h	0,00 ± 0,00 a	130,71 ± 0,46 f	0,77 ± 0,07 g	0,71 ± 0,03 g	1,76 ± 0,04 h	0,45 ± 0,01 f	2,65 ± 0,10 cd
E.DT.A 14 10	T4	49,33 ± 0,26 d	0,00 ± 0,00 a	172,93 ± 3,10 c	0,53 ± 0,02 g	0,64 ± 0,05 g	1,57 ± 0,04 h	0,32 ± 0,0048 g	1,71 ± 0,12 a
E.DT.A 17 10	T5	40,23 ± 0,34 g	0,00 ± 0,00 a	174,58 ± 5,02 c	0,67 ± 0,03 g	0,66 ± 0,01 g	1,43 ± 0,03 h	0,37 ± 0,0039 g	2,61 ± 0,08 cd
E.D.T.A 20 10	T6	40,81 ± 0,28 g	0,00 ± 0,00 a	129,31 ± 0,36 f	0,61 ± 0,01 g	0,57 ± 0,01 g	1,71 ± 0,01 h	0,32 ± 0,0031 g	2,80 ± 0,05 cde
Sulfato 14 10	T7	28,10 ± 0,16 m	0,00 ± 0,00 a	206,31 ± 0,21 b	0,29 ± 0,0027 g	0,39 ± 0,04 g	0,90 ± 0,02 g	0,55 ± 0,0027 f	1,67 ± 0,22 a
Sulfato 17 10	T8	51,25 ± 0,34 c	4,77 ± 0,28 c	99,20 ± 0,44 h	0,32 ± 0,02 g	0,44 ± 0,02 g	0,92 ± 0,01 h	0,44 ± 0,0025 f	2,68 ± 0,12 cd
Sulfato 20 10	T9	45,00 ± 0,40 f	0,00 ± 0,00 a	53,80 ± 0,31 k	0,38 ± 0,02 g	0,28 ± 0,02 g	0,88 ± 0,03 g	0,25 ± 0,0047 g	2,21 ± 0,17 b
Keylate 14 10	T10	17,83 ± 0,21 o	0,00 ± 0,00 a	77,10 ± 0,62 j	2,36 ± 0,36	2,70 ± 0,06 f	8,09 ± 0,33 g	0,12 ± 0,01 h	2,80 ± 0,10 cde
Keylate 17 20	T11	33,87 ± 0,40 k	0,00 ± 0,00 a	174,81 ± 0,42 c	2,68 ± 0,11 f	4,51 ± 0,22 d	8,24 ± 0,11 g	0,26 ± 0,01 g	4,59 ± 0,14 h
Keylate 20 20	T12	37,63 ± 0,24 i	0,00 ± 0,00 a	214,46 ± 1,57 b	5,13 ± 0,22 d	6,10 ± 0,34 b	19,95 ± 0,34 a	0,05 ± 0,01 i	2,84 ± 0,06 cde
E.DT.A 14 20	T13	33,30 ± 0,34 k	0,00 ± 0,00 a	131,10 ± 0,22 f	3,53 ± 0,12 e	3,26 ± 0,06 e	9,13 ± 0,27 f	0,04 ± 0,0032 i	2,53 ± 0,06 bc
E.DT.A 17 20	T14	39,51 ± 0,20 h	0,00 ± 0,00 a	236,88 ± 7,94 a	7,11 ± 0,08 c	5,34 ± 0,23 c	17,82 ± 0,61 c	0,04 ± 0,01 i	2,79 ± 0,04 cde
E.D.T.A 20 20	T15	44,57 ± 0,25 f	0,00 ± 0,00 a	179,54 ± 13,13 c	3,29 ± 0,18 e	5,31 ± 0,35 c	10,16 ± 0,13 e	0,18 ± 0,0049 h	2,71 ± 0,02 cde
Sulfato 14 20	T16	35,24 ± 0,29 j	0,00 ± 0,00 a	140,27 ± 0,21 e	2,71 ± 0,08 f	5,02 ± 0,24 c	9,11 ± 0,13 f	0,62 ± 0,03 e	3,08 ± 0,04 ef
Sulfato 17 20	T17	29,03 ± 0,25 l	0,00 ± 0,00 a	154,45 ± 0,27 d	3,39 ± 0,20 e	5,49 ± 0,14 c	9,54 ± 0,05 f	0,69 ± 0,02 e	3,46 ± 0,13 g
Sulfato 20 20	T18	53,42 ± 0,41 b	4,59 ± 0,16 c	90,54 ± 0,13 i	3,71 ± 0,09 e	4,60 ± 0,14 d	10,11 ± 0,28 e	0,45 ± 0,02 f	3,48 ± 0,18 g
Keylate 14 30	T19	49,39 ± 0,13 d	0,00 ± 0,00 a	51,07 ± 0,31 k	3,42 ± 0,11 e	3,37 ± 0,03 e	9,32 ± 0,34 f	0,47 ± 0,04 f	2,47 ± 0,07 bc
Keylate 17 30	T20	17,66 ± 0,22 o	0,00 ± 0,00 a	63,75 ± 1,70 k	5,21 ± 0,25 d	3,47 ± 0,15 e	9,22 ± 0,22 f	0,16 ± 0,08 d	3,37 ± 0,15 fg
Keylate 20 30	T21	17,17 ± 0,54 o	0,00 ± 0,00 a	104,17 ± 0,73 h	3,60 ± 0,06 e	5,34 ± 0,27 c	7,73 ± 0,45 f	0,18 ± 0,005 d	2,46 ± 0,11 bc
E.DT.A 14 30	T22	49,38 ± 0,30 d	0,00 ± 0,00 a	107,52 ± 0,28 h	8,46 ± 0,13 b	6,99 ± 0,17 a	15,33 ± 0,29 d	0,28 ± 0,03 g	2,68 ± 0,03 cd
E.DT.A 17 30	T23	45,21 ± 0,18 f	0,00 ± 0,00 a	110,06 ± 0,30 h	3,68 ± 0,12 e	3,65 ± 0,21 e	9,27 ± 0,27 f	0,62 ± 0,02 e	4,58 ± 0,17 h
E.D.T.A 20 30	T24	62,60 ± 0,29 a	0,00 ± 0,00 a	142,20 ± 2,33 e	10,20 ± 0,32 a	6,26 ± 0,25 b	19,09 ± 0,25 b	0,34 ± 0,02 g	2,79 ± 0,14 cde
Sulfato 14 30	T25	44,89 ± 0,27 f	0,00 ± 0,00 a	103,06 ± 0,72 h	10,20 ± 0,29 a	5,24 ± 0,17 c	15,37 ± 0,22 d	0,27 ± 0,11 c	2,66 ± 0,06 cd
Sulfato 17 30	T26	19,76 ± 0,22 n	0,00 ± 0,00 a	124,18 ± 0,31 f	5,36 ± 0,22 d	5,52 ± 0,21 c	8,14 ± 0,23 g	0,45 ± 0,04 b	2,71 ± 0,09 cde
Sulfato 20 30	T27	46,50 ± 0,31 e	0,00 ± 0,00 a	116,85 ± 0,34 g	10,37 ± 0,25 a	7,03 ± 0,12 a	18,59 ± 0,25 b	0,83 ± 0,05 a	2,76 ± 0,06 cde

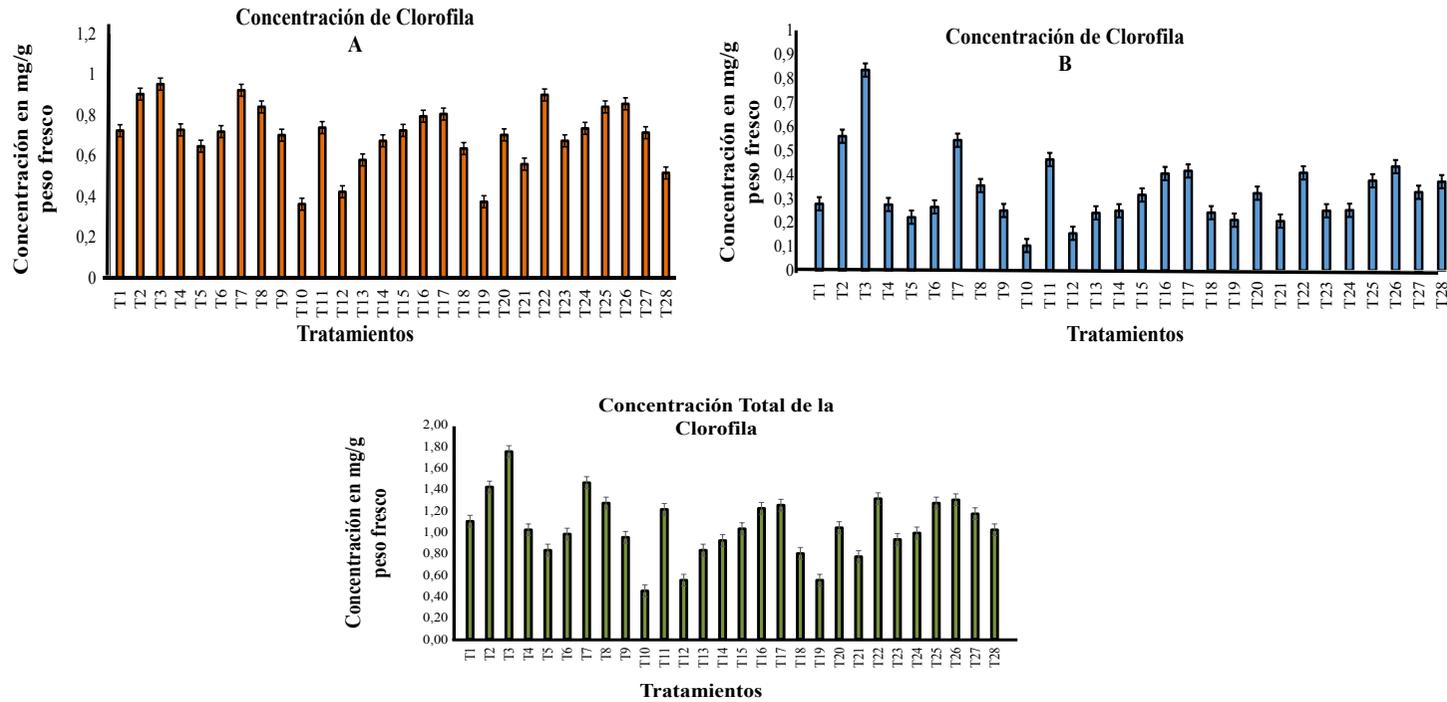
*PDT [(Producto: fuentes de Zinc ;Dosis (ppm);Tiempo(Dias)]

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

4.6 Efecto de los niveles de aplicaciones foliares sobre la concentración de clorofila

Para la clorofila se encontraron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos aplicando pruebas Duncan ($F_{8,81} = 33,43$ $p < 0,0001$) donde existen interacciones significativas entre el producto, tiempo y dosis de aplicación en el cual se pueden observar que el tratamiento con mayor concentración es el T3 (Keylate Zinc, dosis 20 ppm, 10 días de aplicación) con $1,75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ y con menor concentración el T10 (Keylate Zinc, dosis 14 ppm, 20 días de aplicación) con $0,45 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (Tabla 10), Según (Singh, 2007) La aplicación de Zn aumenta la clorofila, el rendimiento y la eficiencia en el uso de fertilizantes.

En la figura 15 se puede observar que independientemente de cada tratamiento existe una mayor acumulación de clorofila A, pues esta se encuentra presente en todos los organismos fotosintéticos como plantas, proclorobacterias y cianobacterias, mientras que la concentración de clorofila B se encuentra en mayor cantidad en las algas por lo que su concentración es menor, debido a que los pigmentos accesorios absorben energía que la clorofila es incapaz de absorber. La clorofila absorbe las longitudes de ondas violeta, azul, anaranjado-rojizo, rojo y pocas radiaciones de las longitudes de onda intermedias (verde-amarillo-anaranjado) (Hernández, 2014).



T1 Keylate de Zinc, 17 ppm, 10 días; **T2** Keylate de Zinc, 14 ppm, 10 días; **T3** Keylate de Zinc, 20 ppm, 10 días; **T4** E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 10 días; **T5** E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 10 días; **T6** E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 10 días; **T7** Sulfato de Zinc, 14 ppm, 10 días; **T9** Sulfato de Zinc, 20 ppm, 10 días; **T10** Keylate de Zinc, 14 ppm, 20 días; **T11** Keylate de Zinc, 17 ppm, 20 días; **T12** Keylate de Zinc, 20 ppm, 20 días; **T13** E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 20 días; **T14** E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 20 días; **T15** E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 20 días; **T16** Sulfato de Zinc, 14 ppm, 20 días; **T17** Sulfato de Zinc, 17 ppm, 20 días; **T18** Sulfato de Zinc, 20 ppm, 20 días; **T19** Keylate de Zinc, 14 ppm, 30 días; **T20** Keylate de Zinc, 17 ppm, 30 días; **T21** Keylate de Zinc, 20 ppm, 30 días; **T22** E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 30 días; **T23** E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 30 días; **T24** E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 30 días; **T25** Sulfato de Zinc, 14 ppm, 30 días; **T26** Sulfato de Zinc, 17 ppm, 30 días; **T27** Sulfato de Zinc, 20 ppm, 30 días; **T28** Testigo.

Figura 15 Concentración de Clorofila A, B, y Total

Tabla 10
Promedio \pm error estándar de la clorofila total disponibles
en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) Variedad
Amazon, bajo 3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de
aplicación, Hacienda el Prado, Ecuador, 2017

Descripción PDT*	Tratamientos	Clorofila (mg/g peso fresco)
Keylate 17 10	T1	1,10 \pm 0,06 gh
Keylate 14 10	T2	1,42 \pm 0,06 k
Keylate 20 10	T3	1,75 \pm 0,03 l
E.D.T.A 14 10	T4	1,02 \pm 0,0033 defg
E.D.T.A 17 10	T5	0,83 \pm 0,02 c
E.D.T.A 20 10	T6	0,98 \pm 0,01 def
Sulfato 14 10	T7	1,46 \pm 0,03 k
Sulfato 17 10	T8	1,27 \pm 0,04 j
Sulfato 20 10	T9	0,95 \pm 0,02 def
Keylate 14 10	T10	0,45 \pm 0,01 a
Keylate 17 20	T11	1,21 \pm 0,05 ij
Keylate 20 20	T12	0,55 \pm 0,02 b
E.D.T.A 14 20	T13	0,83 \pm 0,0044 c
E.D.T.A 17 20	T14	0,92 \pm 0,01 d
E.D.T.A 20 20	T15	1,03 \pm 0,01 fg
Sulfato 14 20	T16	1,22 \pm 0,02 ij
Sulfato 17 20	T17	1,25 \pm 0,02 ij
Sulfato 20 20	T18	0,80 \pm 0,05 c
Keylate 14 30	T19	0,55 \pm 0,03 b
Keylate 17 30	T20	1,04 \pm 0,0031 fg
Keylate 20 30	T21	0,77 \pm 0,01 c
E.D.T.A 14 30	T22	1,31 \pm 0,02 j
E.D.T.A 17 30	T23	0,93 \pm 0,0034 de
E.D.T.A 20 30	T24	0,99 \pm 0,0027 def
Sulfato 14 30	T25	1,27 \pm 0,03 j
Sulfato 17 30	T26	1,30 \pm 0,04 j
Sulfato 20 30	T27	1,17 \pm 0,08 hi
Testigo	T28	1,02 \pm 0,0013 efg

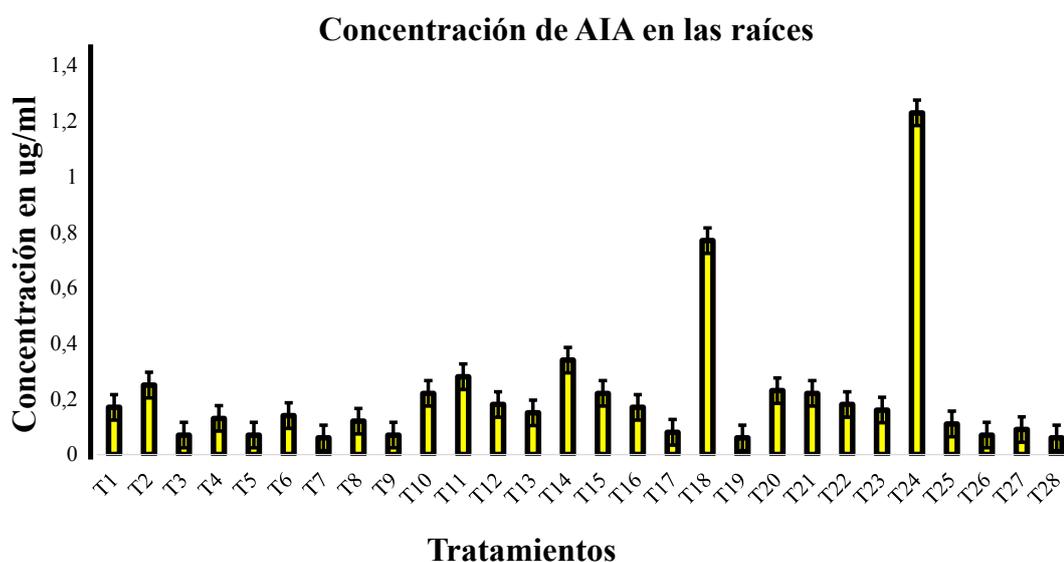
*PDT [(Producto: fuentes de Zinc ;Dosis(ppm);Tiempo(Días)]

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

4.7 Efecto de los niveles de aplicaciones foliares sobre la concentración de Ácido Indol acético.

Para el Ácido Indo Acético se encontraron diferencias significativas entra cada uno de los tratamientos aplicando pruebas Duncan ($F_{8,81} = 116,93$ $p < 0,0001$). donde existen interacciones significativas entre el producto, tiempo y dosis de aplicación en el cual se pueden observar que el tratamiento con mayor concentración es el T24 (E.D.T.A Zinc, dosis 20 ppm,30 días de aplicación) con $1,23 \text{ ug.ml}^{-1}$ y con menor concentración el T7 (Sulfato Zinc, dosis 14 ppm , 10 días de aplicación) y T19

(Keylate Zinc, dosis 14 ppm, 30 días de aplicación) con $0,06 \text{ ug.ml}^{-1}$ (Tabla 11), según (Bernal & Espinosa, 2003) el Zinc cumple un papel importante en los procesos de crecimiento y afecta la elongación de la planta, cabe señalar que es necesario para la síntesis de auxinas y de triptófano por lo que intervienen en varios sistemas enzimáticos y aumenta la eficiencia de la utilización del fósforo en el suelo.



T1 Keylate de Zinc, 17 ppm, 10 días; **T2** Keylate de Zinc, 14 ppm, 10 días; **T3** Keylate de Zinc, 20 ppm, 10 días; **T4** E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 10 días; **T5** E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 10 días; **T6** E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 10 días; **T7** Sulfato de Zinc, 14 ppm, 10 días; **T9** Sulfato de Zinc, 20 ppm, 10 días; **T10** Keylate de Zinc, 14 ppm, 20 días; **T11** Keylate de Zinc, 17 ppm, 20 días; **T12** Keylate de Zinc, 20 ppm, 20 días; **T13** E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 20 días; **T14** E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 20 días; **T15** E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 20 días; **T16** Sulfato de Zinc, 14 ppm, 20 días; **T17** Sulfato de Zinc, 17 ppm, 20 días; **T18** Sulfato de Zinc, 20 ppm, 20 días; **T19** Keylate de Zinc, 14 ppm, 30 días; **T20** Keylate de Zinc, 17 ppm, 30 días; **T21** Keylate de Zinc, 20 ppm, 30 días; **T22** E.D.T.A de Zinc, 14 ppm, 30 días; **T23** E.D.T.A de Zinc, 17 ppm, 30 días; **T24** E.D.T.A de Zinc, 20 ppm, 30 días; **T25** Sulfato de Zinc, 14 ppm, 30 días; **T26** Sulfato de Zinc, 17 ppm, 30 días; **T27** Sulfato de Zinc, 20 ppm, 30 días; **T28** Testigo.

Figura 16 Concentración de AIA en las raíces

En la figura 16 se puede observar la concentración de AIA en las raíces, vale señalar que las concentraciones de AIA estimulan la deposición en la pared celular de microfibrillas orientadas transversalmente provocando la elongación, pero pueden restringir el crecimiento lateral, a su vez si las concentraciones son altas de AIA inducen una mayor producción de AIA de etileno y estimulan a deposición de microfibrillas por lo que producen un crecimiento radical considerable y un engrosamiento del tallo (Lorent, Santamaria, & Cardona, 1992).

Tabla 11
Promedio \pm error estándar del Ácido Indol Acético
(AIA) disponibles en el pasto rye grass perenne
(*Lolium perenne*) Variedad Amazon, bajo 3 Fuentes
de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación, Hacienda
el Prado, Ecuador, 2017

Descripción PDT*	Tratamientos	Concentración de AIA en ug/ml
Keylate 17 10	T1	0,17 \pm 0,01 efg
Keylate 14 10	T2	0,25 \pm 0,0017 hi
Keylate 20 10	T3	0,07 \pm 0,0019 ab
E.DT.A14 10	T4	0,13 \pm 0,0031 abcde
E.DT.A 1710	T5	0,07 \pm 0,0012 ab
E.D.T.A 20 10	T6	0,14 \pm 0,01 bcde
Sulfato 14 10	T7	0,06 \pm 0,0065 ab
Sulfato 17 10	T8	0,12 \pm 0,0021 abcde
Sulfato 20 10	T9	0,07 \pm 0,0024 abc
Keylate 14 10	T10	0,22 \pm 0,0038 fghi
Keylate 17 20	T11	0,28 \pm 0,0025 ij
Keylate 20 20	T12	0,18 \pm 0,01 efg
E.DT.A14 20	T13	0,15 \pm 0,0044 cdef
E.DT.A 17 20	T14	0,34 \pm 0,01 j
E.D.T.A 20 20	T15	0,22 \pm 0,0032 fghi
Sulfato 14 20	T16	0,17 \pm 0,0025 defg
Sulfato 17 20	T17	0,08 \pm 0,01 abc
Sulfato 20 20	T18	0,77 \pm 0,02 k
Keylate 14 30	T19	0,06 \pm 0,02 ab
Keylate 17 30	T20	0,23 \pm 0,11 ghi
Keylate 20 30	T21	0,22 \pm 0,01 fghi
E.DT.A 14 30	T22	0,18 \pm 0,0022 efg
E.DT.A 17 30	T23	0,16 \pm 0,01 defg
E.D.T.A 20 30	T24	1,23 \pm 0,04 l
Sulfato 14 30	T25	0,11 \pm 0,02 abcde
Sulfato 17 30	T26	0,07 \pm 0,0085 ab
Sulfato 20 30	T27	0,09 \pm 0,0046 abcd
Testigo	T28	0,06 \pm 0,0022 a

*PDT [(Producto: fuentes de Zinc ;Dosis(ppm);Tiempo(Días)]

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

4.8 Efecto de los niveles de fertilización sobre la formación de las raíces obtenidas en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*).

No se encontraron efectos de los elementos ni de sus interacciones para el número de raíces ($F_{27,2371} = 1,45$ $p = < 0,0612$), en cambio para Ancho de las raíces ($F_{27,2371} = 2,43$ $p = < 0,0001$), largo de las raíces ($F_{27,2371} = 13,02$, $p = < 0,0001$) y número de raíces secundarias ($F_{27,2303} = 4,85$, $p = < 0,0001$) existe diferencias significativas.

Para el número de las raíces viejas se pueden encontrar un mayor número de raíces con el tratamiento T16 (sulfato Zinc, dosis 14 ppm, 20 días de aplicación) con 2,90 raíces y un menor número con el T28 (Testigo) con 2,26 raíces. Para el ancho de las raíces viejas encontrar un mayor número de raíces con el tratamiento T6 (E.D.T.A Zinc, dosis 20 ppm 10 días de aplicación) con 0,06mm y un menor número con el T28 (Testigo) con 0,04mm. Para el largo de las raíces viejas se encontraron un mayor número de raíces con el tratamiento T9 (sulfato Zinc, dosis 20 ppm, 10 días de aplicación) con 11,28 mm y un menor número con el T28 (Testigo) con 5,63mm. Para el número de las raíces secundarias se encontraron un mayor número de raíces con el tratamiento T19 (Keylate Zinc, dosis 14 ppm a los 30 días de aplicación) con 18,46 raíces y un menor número con el T28 (Testigo) con 6,58 raíces (Tabla 12). Según (Rost, 1998) indica que la auxina cuando se obtiene en cantidades muy pequeñas estimula el crecimiento de las raíces. Sin embargo, en altas cantidades, inhibe el crecimiento de las raíces primarias, aunque puede promover la formación de nuevas raíces secundarias. Estimulando el desarrollo de las raíces adventicias y por esta razón se emplean comercialmente para estimular la formación de raíces.

Tabla 12
Promedio \pm error estándar de las raíces, ancho, largo y raíces secundarias
obtenidas en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) Variedad Amazon, bajo
3 Fuentes de Zinc, 3 dosis y 3 tiempos de aplicación con el programa imagen j,
Hacienda el Prado, Ecuador, 2017

Descripción PDT*	Tratamien tos	Número de raíces viejas	Ancho de las raíces (mm)	Largo de raíces viejas (mm)	Número de raíces secundarias
Keylate 17 10	T1	2,84 \pm 0,15	0,07 \pm 0,01 bcde	9,85 \pm 0,39 efghij	13,27 \pm 0,83 cd
Keylate 14 10	T2	2,55 \pm 0,15	0,06 \pm 0,01 bcd	10,56 \pm 0,30 ijklm	10,76 \pm 0,36 bc
Keylate 20 10	T3	2,57 \pm 0,14	0,07 \pm 0,0041 bcd	9,57 \pm 0,24 cdefgh	10,43 \pm 0,36 b
E.DT.A 14 10	T4	2,55 \pm 0,15	0,06 \pm 0,0041 bcde	8,81 \pm 0,27 bcd	17,27 \pm 1,01 ef
E.DT.A 17 10	T5	2,60 \pm 0,14	0,07 \pm 0,0041 bcde	9,03 \pm 0,25 bcde	17,02 \pm 1,14 ef
E.D.T.A 20 10	T6	2,57 \pm 0,15	0,06 \pm 0,0021 b	9,77 \pm 0,25 defghi	15,83 \pm 1,01 def
Sulfato 14 10	T7	2,87 \pm 0,15	0,07 \pm 0,0021 bcde	10,55 \pm 0,26 hijklm	17,98 \pm 0,99 f
Sulfato 17 10	T8	2,62 \pm 0,14	0,07 \pm 0,0029 bcde	10,32 \pm 0,21 ghijkl	18,04 \pm 1,05 f
Sulfato 20 10	T9	2,77 \pm 0,15	0,08 \pm 0,01 cde	11,28 \pm 0,26 m	16,92 \pm 0,96 ef
Keylate 14 10	T10	2,69 \pm 0,15	0,06 \pm 0,0029 b	11,08 \pm 0,26 lm	16,52 \pm 1,00 ef
Keylate 17 20	T11	2,81 \pm 0,14	0,07 \pm 0,0024 bcde	10,58 \pm 0,22 ijklm	17,96 \pm 1,01 f
Keylate 20 20	T12	2,72 \pm 0,14	0,06 \pm 0,0025 bc	9,63 \pm 0,18 cdefghi	17,01 \pm 1,08 ef
E.DT.A 14 20	T13	2,96 \pm 0,15	0,07 \pm 0,0028 bcde	8,33 \pm 0,23 b	15,64 \pm 0,95 def
E.DT.A 17 20	T14	2,81 \pm 0,14	0,06 \pm 0,0027 bcd	8,99 \pm 0,26 bcde	17,86 \pm 0,99 f
E.D.T.A 20 20	T15	2,42 \pm 0,13	0,07 \pm 0,0033 bcde	8,74 \pm 0,28 bc	18,35 \pm 1,21 f
Sulfato 14 20	T16	2,90 \pm 0,15	0,07 \pm 0,002 bcde	9,02 \pm 0,27 bcde	16,90 \pm 1,04 ef
Sulfato 17 20	T17	2,87 \pm 0,15	0,07 \pm 0,003 bcde	9,74 \pm 0,32 defghi	9,20 \pm 0,51 ab
Sulfato 20 20	T18	2,52 \pm 0,13	0,06 \pm 0,030 bcd	9,46 \pm 0,41 cdefg	15,76 \pm 1,14 def
Keylate 14 30	T19	2,62 \pm 0,14	0,06 \pm 0,030 bcd	10,12 \pm 0,44 fghijk	18,46 \pm 1,04 f
Keylate 17 30	T20	2,76 \pm 0,15	0,06 \pm 0,030 de	10,80 \pm 0,27 jklm	17,21 \pm 1,07 ef
Keylate 20 30	T21	2,75 \pm 0,14	0,07 \pm 0,01 bcde	10,05 \pm 0,25 fghij	18,50 \pm 1,02 f
E.DT.A 14 30	T22	2,72 \pm 0,14	0,07 \pm 0,002 bcde	10,30 \pm 0,28 ghijkl	17,99 \pm 1,02 f
E.DT.A 17 30	T23	2,80 \pm 0,14	0,07 \pm 0,002 bcde	9,52 \pm 0,25 cdefg	16,59 \pm 0,97 ef
E.D.T.A 20 30	T24	2,73 \pm 0,15	0,06 \pm 0,003 bc	10,10 \pm 0,35 fghijk	18,07 \pm 1,03 f
Sulfato 14 30	T25	3,07 \pm 0,16	0,07 \pm 0,0027 bcde	9,93 \pm 0,35 efghij	15,60 \pm 0,90 def
Sulfato 1730	T26	2,95 \pm 0,15	0,06 \pm 0,003 bcd	9,17 \pm 0,35 bcdef	16,71 \pm 0,96 ef
Sulfato 2030	T27	2,94 \pm 0,15	0,08 \pm 0,01 e	11,04 \pm 0,24 jlm	14,51 \pm 0,91 de
Testigo	T28	2,26 \pm 0,12	0,04 \pm 0,0037 a	5,63 \pm 0,32 a	6,58 \pm 0,27 a

*PDT [(Producto: fuentes de Zinc ;Dosis(ppm);Tiempo(Días)]

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

4.9 Efecto de los niveles de las aplicaciones foliares sobre la relación de macro y micronutrientes

En los tratamientos en los que se aplicaron 3 fuentes de Zinc como el Keylate, E.D.T.A y Sulfato de Zinc , con 3 dosis (14,17 y 20) ppm y 3 tiempos (10,20 y 30) días de aplicación se encontraron que existe correlacion positiva entre Zn y Fe ($r=0,13$ y $p=0,17$), Zn y Mg ($r=0,29$ y $p=0$), Zn y Ca ($r=0,15$ y $p=0,1$) y Zn y K ($r=0,23$

y $p=0,01$) a su vez se encontraron correlaciones negativas entre Zn y Cu ($r=-0,16$ y $p=0,09$), Zn y P ($r=-0,09$ y $p=0,34$), Zn y N ($r=-0,08$ y $p=0,38$), vale señalar que Cada nutriente tiene un requerimiento específico y una función fisiológica dentro de la planta. Si el nutriente está presente por debajo del mínimo requerimiento, la deficiencia resultante causa efectos adversos en el crecimiento y desarrollo de la planta (Beard, 2015).

Tabla 13
Correlación de Pearson para la interacción de macro y micronutrientes en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon Hacienda el Prado, Ecuador, 2017

	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (%)	Ca (%)	K (%)	P (mg/lt)	%N
Zn (mg/kg)	1	0,09	0,17	0	0,1	0,01	0,34	0,38
Cu (mg/kg)	-0,16	1	0,85	0	0	0	0	0,42
Fe (mg/kg)	0,13	-0,02	1	0,54	0,04	0,01	0,01	0,05
Mg (%)	0,29	-0,81	0,06	1	0	0	0	0,95
Ca (%)	0,15	-0,66	0,19	0,83	1	0	0	0,34
K (%)	0,26	-0,77	0,24	0,9	0,9	1	0,07	0,78
P (mg/lt)	-0,09	-0,3	-0,26	0,43	0,33	0,17	1	0,72
%N	-0,08	0,08	-0,18	-0,01	0,09	0,03	0,03	1

Correlaciones positivas y negativas

Positivo	Negativo	r	p
	Zn y Cu	-0,16	0,09
Zn y Fe		0,13	0,17
Zn y Mg		0,29	0
Zn y Ca		0,15	0,1
Zn y K		0,23	0,01
	Zn y P	-0,09	0,34
	Zn y N	-0,08	0,38

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El tratamiento que obtuvo una mayor bioacumulación de Zinc en el pasto rye Grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon es el T24 (E.D.T.A de zinc con una dosis de 20 ppm aplicado a 30 días) con 62,60 mg.kg⁻¹, a su vez el Tratamiento T18 (Sulfato de Zinc, con una dosis de 20 ppm a los 20 de aplicación) también obtuvo una mayor bioacumulación de Zinc 53,42 mg.kg⁻¹.
- El valor nutricional que se puede encontrar en el T24 es Humedad 87,89%, Materia seca de 12,20%, Grasa 15,75%, Fibra 26,54%, proteína 18,55% y ceniza con 23,50% los cuales se encuentran en los rangos óptimos de (Bernal & Espinosa, 2003).
- La mayor concentración de clorofila presente en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) se encontró con el tratamiento T3 con la aplicación del keylate de Zinc a una dosis de 20 ppm a los 10 días después del corte de igualación debido a que el keylate de zinc está compuesto de moléculas muy pequeñas de zinc que circula por toda la planta al ser un producto completamente orgánico compuesto por óxidos de alta pureza.
- El Ácido Indol Acético presente en las raíces del pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) sirvió como un bioindicador de la acumulación de Zinc, encontró con el tratamiento T24 con el Quelato de Zinc o también llamado E.D.T.A de zinc con una dosis de 20 ppm aplicado a 30 días, indicando así que mientras mayor bioacumulación de Zinc en el pasto existe mayor acumulación del AIA en las raíces generando así la formación de la síntesis del triptófano.
- El mayor vigor de rebrote en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon se presentó con el T21 con la aplicación del Keylate de Zinc a una dosis de 20 ppm aplicado a los 30 días llegando a una escala de 9,5 considerada como excelente en cuanto a su conformación en maceta.
- La mayor altura en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon se presentó con el T23 con la aplicación de E.D.T.A de Zinc una dosis de 17 ppm

aplicado a los 30 días llegando a una altura de 29,40 cm a diferencia del testigo con 23,19 cm.

- El mayor número de macollos en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon se presentó con el T19 con la aplicación del Keylate de Zinc a una dosis de 14 ppm aplicado a los 30 días con un promedio de 4.23 macollos desarrollados en el pasto.
- La mayor cantidad de materia seca que se encontró en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon se presentó con el T14 con la aplicación del E.D.T.A de Zinc a una dosis de 17 ppm aplicado a los 20 días con un promedio de 18,19%.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda el uso del T24 con el Quelato de Zinc o también llamado E.D.T.A de zinc vía foliar con una dosis de 20 ppm aplicado a 30 días después del corte de igualación para corregir las deficiencias de este micronutriente en el suelo por lo que la planta carece y así generar una biofortificación con Zinc en el pasto rye Grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.
- Se recomienda como alternativa el uso del T18 con el Sulfato de Zinc con una dosis de 20ppm a los 20 días después del corte de igualación para corregir deficiencias del Zinc en el pasto rye Grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.
- Se recomienda la utilización del programa ImageJ para contar y medir de mejor manera la cantidad de raíces presentes en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.
- Se recomienda la utilización del E.D.T.A DE Zinc para incrementar la cantidad de Ácido Indol Acético en las raíces del pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.
- Se recomienda seguir con la investigación trabajando con el mejor tratamiento obtenido que es el T24 para que este sea consumido por los bovinos y el zinc por ser un micronutriente sea asimilado por el animal en un futuro obtener leche

biofortificada con zinc que sea consumida por las personas en especial niños en pleno desarrollo.

5.3 Bibliografía

- Agrinova. (2016). Obtenido de http://www.agrinova.com/productos/quelato_de_zinc_en_forma_de_EDTA.htm.
- Agrinova. (2016). *Zinense Quelate*. Obtenido de http://www.agrinova.com/productos/quelato_de_zinc_en_forma_de_EDTA.htm.
- Agrocalidad. (2016). Analisis del suelo.
- Agropaxi. (2016). *Fertilizantes foliares*. Obtenido de <http://www.agroscopio.com/ec/directorio/agropaxi-cia-ltda/>
- Alaska. (2015). *caracteristicas de las semillas de pasto*. Obtenido de http://www.imporalaska.com/2-quienes_somos.html
- Alta. (2012). *Analisis bromatologico*.
- Andrade, M. (2012). *Biomanejo Integral Orgánico Sustentable para la Agricultura*. Obtenido de <http://biossa.org.mx/AIA.pdf>
- Arce. (2009). *Descripción ecologica en el IASA I*. Quito-Sangolqui.
- Arthington, J., & McDowell, L. (2005). Minerales para rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. *University of Florida*.
- Asher, C. (1991). Beneficial elements, functional nutrients and possible new essential elements. *Micronutrients in Agriculture, Madison: Soil Science Society of America*, 703-723.
- Beard, J. (5 de Agosto de 2015). *Funciones de los Macro y Micronutrientes*. Obtenido de AAG: <https://www.aag.org.ar/funciones-de-los-macro-y-micronutrientes/>
- Berardo, A., & Reussi, N. (2009). *Pautas para el manejo de la fertilización en pasturas*. Mar de plata, Buenos Aires, Argentina: Laboratorios de suelos Fertilab.
- Bernal, J., & Espinosa, J. (2003). *Manual de Nutrición y fertilización de pastos*. Quito, Ecuador : Inpofos.
- Bidwell, R. (1990). *Fisiología Vegetal*. Mexico: A.G.T. Editor, S.A.
- Bouis, H. (1996). Enrichment of food staples through plant breeding: a new strategy for fighting micronutrient mal nutrition. *Nutrition*, 131-137.

- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification. *Faculty of Engineering and Natural Science*, (págs. 1-17).
- Carbajal, A. (2002). Manual de Nutrición. *Universidad complutense*, 45.
- Cárdenas, A., & Granda, J. (2011). Guía de manejo de pastos para la sierra sur ecuatoriana. *INIAP*.
- Cardona, M., Sorza, J., Posada, S., Carmona, J., Ayala, S., & Alvarez, O. (2002). Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Ciencias pecuarias*, 240-246.
- Curtis, E. (2007). *Fotosíntesis, luz y vida*. Obtenido de <http://www.curtisbiologia.com/node/96>.
- Eptein, E. (1972). Mineral nutrition of plants, principles and perspectives. *John Wiley and Sons*, 412.
- Fageria, N., Morales, E., Ferreira, P., & Knupp, A. (2011). Biofortification of trace elements in food crops for human Health. *Taylor & Francis*, 556-568.
- FAO. (1997). *Los fertilizantes y su uso*. Obtenido de Asociación internacional de la industria de los fertilizantes: <http://www.fao.org/3/a-4781s.pdf>
- Faostat. (2009). *Food and agriculture organization of the united nations*. Obtenido de <http://www.faostat.fao.org>
- Fermagri. (2015). *Sulfato de Zinc*. Obtenido de http://www.fermagri.com/Fichas/Solubles/Sulfatos/Sulfato_de_Zinc.pdf
- Galvez, F. (2009). Biofortificación de 6 accesiones promisorias y la variedad INIAP-450 del chocho (*Lupinus matabilis sweet*) mediante la aplicación de Quelato de Hierro y Zinc. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Gearing, M. (2015). *Good as Gold: Can Golden Rice and other Biofortified Crops Prevent Malnutrition*. Obtenido de Harvart University: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/good-as-gold-can-golden-rice-and-other-biofortified-crops-prevent-malnutrition/>
- Gordon, J. (1951). *Integration and stable germ line transmissions of genes injected into mouse pronuclei*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=HufLwjgirtwC&pg=PA377&dq=Triptofano+Sintetasa+y+zn&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjld66jqXTAhUF6CY>

KHSGtCccQ6AEIjAA#v=onepage&q=Triptofano%20Sintetasa%20y%20zn
&f=false

- Grandy, G., Weisstaub, G., & López, D. (2010). Deficiencia de Hierro y Zinc en los niños. *SciELO*, 3.
- Guacapiña, A. (2014). *Evaluación del comportamiento agronómico y nutricional de las 65 variedades de pastos de la sierra*. Quito.
- Guerrero, R. (1993). Fertilización de pastos mejorados. *Fertilización de cultivos de clima frío*, 157-175.
- Harborne. (1973). *Cuantificación de la clorofila*.
- Hernández, R. (2002). *Libro de botánica*. Obtenido de [http://www.forest.ula.ve/rubenhg/nutricionmineral/#oligoelementos%20cati%20c3%B3nicos%28Zn,Fe,Cu,Mn, Ni29](http://www.forest.ula.ve/rubenhg/nutricionmineral/#oligoelementos%20cati%20c3%B3nicos%28Zn,Fe,Cu,Mn,Ni%29)
- Hernández, R. (2014). *La fotosíntesis*. Obtenido de forest: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/fotosintesis/>
- Hernandez, X., Tapia, J., & Buller, R. (1956). Los pastizales del noroeste. (págs. 42-43). Mexico: Agric tecnica.
- Herrera, M., Carpio, H., & Chávez, G. (1999). Estudio sobre el subsector de la papa en el Ecuador. *INIAP*, 140.
- IFA. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Roma: cuarta ed.
- INIAP. (2011). Guía de manejo de Pastos para la Sierra Sur ecuatoriana. (A. Cárdenas, & G. Juan Pablo, Edits.) Cuenca, Ecuador.
- Jenkins, K., & Hiridoglou, M. (1991). Tolerance of the preruminant calf for excess manganese or zinc in milk replacer. *Dairy Sc*, 1047-1053.
- Jones, J., Wolf, B., & Mills, H. (1991). *Plant analysis handbook: a practical, sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens: Micro-macro publish.
- Laurie, S., Van den Berg, A., Tjale, N., Mulandana, N., & Mtileni, M. (2009). Initiation and First Results of a Biofortification Program for Sweet Potato in South Africa. 235-249.
- León, R. (2003). *Pastos y forraje: Producción y manejo*. Quito: Científicas Agustín Alvarez.
- León, R. (2013). *Producción y manejo de pastos en el Ecuador*. Quito: Ediciones científicas Agustín Alvarez.

- Licata, M. (2013). *El Hierro y el Zinc en la nutrición*. Obtenido de <http://www.zonadiet.com/nutricion/hierro.htm#ixzz2WDtTLxOi>
- Lorent, F., Santamaria, R., & Cardona, M. (1992). *Biología de las plantas*. Barcelona: REVERTÉ.
- Martin, D. (2009). Obtenido de <https://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/micro/Zinc.htm>
- Martin, D. (2009). *Lignosulfato de Zinc adheridos NPK como fertilizantes de trigo y maíz*. Obtenido de Universidad autónoma de Madrid: <https://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/micro/Zinc.htm>
- McDowell, L. (2003). Minerals in Animal and Human Nutrition. *Elsevier Science*, 644.
- Meléndez, G., & Molina, E. (2002). *Fertilización foliar: Principios y aplicaciones*. Obtenido de Universidad de Costa Rica: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Mendoza, M. (1980). Fertilización de praderas en Colombia. *Suplemento Ganadero*, 19-30.
- Merchán, M., Valverde, F., Novoa, V., & Pumisacho, M. (2009). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado de suelos en el cultivo de papa. *INIAP, SENACYT*, 216.
- Messias, R., Galli, V., Silva, E., Schimer, M., & Rombaldi, C. (2015). Micronutrient and functional compounds biofortification of maize grains. *Food science and nutrition*, 123-139.
- Miller, J., & Cragle, R. (1965). Gastrointestinal sites of absorption and endogenous secretion of zinc in dairy cattle. *Dairy Science*, 370-373.
- Mills, F. (1978). Zinc in ruminant nutrition. *Studies in Animal Nutrition and Allied Sciences*, 105-115.
- Nederagro. (2017). *Nederagro*. Obtenido de <http://nederagro.com/WebNederagro/>
- Nestel, P., Bouis, H., & Meenakshi, J. (2006). Biofortification of staple food crops. *J Nutrition*, 1064-1067.

- NRC. (2005). Mineral Tolerance of Animals. *Academy of Sciences-National Research Council*.
- Online, p. (2016). *Sulfato de Zinc, beneficios y propiedades*. Obtenido de <http://www.onlinepersonaltrainer.es/suplementación/sulfato-de-zinc/>
- Ott, E., Smith, W., Stob, M., & Beeson, W. (1964). Biofortification of staple food crops. *Journal Nutrition*, 1064-1067.
- Pachón, H. (2006). VII Simposio de Investigación de la Facultad de Salud. *Universidad del Valle*. Colombia: CIAT.
- Paladines, O. (2002). *Especies forrajeras de mayor uso en el Ecuador*. Quito.
- Picasso, J. (2011). Descripción semilla Ryegrass perenne (*Lolium perenne*).
- Pineda, R. (1996). A propósito de ecología, agricultura y fertilizantes. *INPOFOS*, 9-13.
- Piñero, R. (2010). *Nutrición y rendimiento escolar*. Obtenido de http://www.ciberdocencia.gob.pe/archivos/conferencia_nutricion_rendimiento_escolar.pdf
- Prasad, A., Meftah, S., Abdallah, J., Kaplan, J., Brewer, G., Bach, J., & Dardenne, E. (1988). Serum thymulin in human zinc deficiency. *Clin*, 1202-1210.
- Pumisacho, M., & Shenvood, S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. *INIAP*, 51-52.
- Ramirez, O., Hernández, A., Carneiro, S., Pérez, J., Enríquez, J., Quero, A., & Cervantes, A. (2009). Acumulación de Forraje, crecimiento y características del pasto Mombosa (*Oanicum maximum*). *Revista técnica pecuaria*, 203-213.
- Rios, J. (2013). Biofortificación: la agricultura del futuro. *Revista Tierras*, 126-128.
- Ronen, E. (2008). Microelementos en la agricultura. *Red hidroponía*(38), 2-11.
- Rost, T. (1998). *Las auxinas promueven el desarrollo de las raíces laterales*. Obtenido de [http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_14.htm#La auxina promueve el desarrollo de raíces laterales](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_14.htm#La_auxina_promueve_el_desarrollo_de_raices_laterales).
- Rouached, H. (2013). Recent developments in plant zinc homeostasis and the path towards improved biofortification and phytoremediation programs. *Landes Bioscience*, 5-9.
- Sharma, P., Pooman, A., & Amarjeet, K. (2016). Biofortification: A new approach to eradicate hidden hunger. 1-47.

- Singh, A. (2007). *Prevention and correction of zinc deficiency of groundnut in India*. Obtenido de Improving Crop: <http://eprints.icrisat.ac.in/id/eprint/10119>
- Trinidad, A., & Aguilar, D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 247-255.
- Underwood, E., & Somers, M. (1969). Studies of zinc nutrition in sheep, the relation of zinc to growth, testicular development, and spermatogenesis in young rams. *Aust. J. Agric. Res.*, 889-897.
- Valagro. (2006). *El zinc en las plantas*. Obtenido de <http://www.valagro.com/es/uploads/s5/RQ/s5RQz64Cm9FOmObtJaz2Dw/Lo-s-microelementos-en-la-nutricion-vegetal.pdf/>
- Velásquez, P. (Junio de 2009). Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de rye grass en lugares representativos en las zonas de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Welch, R., & Graham, R. (1999). A new paradigm for world agriculture: Meeting human needs-productive, sustainable, nutritious. *Food and nutrition bulletin*, 1-10.
- While, P., & Broadley, M. (2005). Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends of plant Science*, 586-593.
- Yara. (2015). *Calidad de pastos*. Obtenido de Knowledge grows: <http://www.yara.com.co/crop-nutrition/crops/praderas/calidad/>
- Ying, L. (2012). Advance Laboratory for Selenium and Human Health. *Institute for Advanced Study* (págs. 123-215). China: Jiangsu.