



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico trabajo de titulación de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo a la obtención del título de:

MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

TEMA:

Validación del uso de ems (etil metasulfonato) en alfalfa
(*medicago sativa*) a condiciones tropicales.

AUTORA:

Leila Isabel Cadena Morales

TUTOR:

Ing. Zoot. Julio Camilo Salinas Lozada Ms.C.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

La alimentación de los animales en el trópico se ve afectada por la deficiencia alimentaria en épocas secas y muy lluviosas, lo que trae como consecuencias un alto porcentaje de disminución en la productividad de los mismos, causando graves pérdidas económicas e incluso la muerte de los animales de producción. El presente trabajo de revisión bibliográfica está elaborado tomando datos del proyecto de investigación aprobado por la Universidad Técnica de Babahoyo, con el tema validación del uso de EMS (Etil Metasulfonato) en alfalfa (***Medicago sativa***) a condiciones tropicales. El Etil Metasulfonato es un compuesto químico con propiedades mutagénicas y teratogénicas, es decir que tiene la capacidad de producir mutaciones puntuales por sustitución de nucleótidos, especialmente por alquilación de guaninas. Con el uso de este mutagénico se disminuyó el tiempo de adaptación de la semilla de la alfalfa lo que hizo posible llevar a cabo el proyecto de investigación. La alfalfa es una leguminosa usada en la alimentación de los animales por su alto contenido de proteína 22%, una digestibilidad de hasta el 70%, materia seca 18%, humedad hasta 82%, y energía hasta 20%, lo que hace de esta leguminosa una excelente fuente para la nutrición animal. Como resultados se obtuvo que la adaptación de la Alfalfa (***Medicago sativa***) en el trópico con el uso del EMS se llevó a cabo con éxito, teniendo mayor germinación que la semilla nacional.

Palabras clave: Etil Metasulfonato, Alfalfa, Proteína, Energía, Trópico

SUMMARY

The feeding of animals in the tropics is affected by food deficiency in dry and very rainy seasons, which results in a high percentage of decrease in their productivity, causing serious economic losses and even the death of animals of production. The present bibliographic review work is elaborated taking data from research project approved by the Technical University of Babahoyo with the topic validation of the use of EMS (Ethyl Metasulfonate) in alfalfa (*Medicago sativa*) under tropical conditions. Ethyl Metasulfonate is a chemical compound with mutagenic and teratogenic properties, that is, ability to produce point mutations by nucleotide substitution, especially by guanine alkylation. With the use of this mutagenic, the adaptation time of the alfalfa seed was reduced, which made it possible to carry out the research project. Alfalfa is a legume used animal feed due to its protein content of 22%, digestibility of up to 70%, dry matter 18%, moisture up to 82%, dry matter 18% and energy up to 20% which makes this legume an excellent source for animal nutrition. As results, it was obtained that the adaptation of Alfalfa (*Medicago sativa*) in the tropics with the use of EMS was carried out successfully, having higher germination than the national seed.

Keywords: Ethyl Metasulfonate, Alfalfa, Protein, Energy, Tropic

ÍNDICE

I. INTRODUCCION	2
CAPITULO I.....	3
MARCO METODOLOGICO	3
1.1 Definición del tema de caso de estudio.....	3
1.3 Justificación	4
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Fundamentación teórica	5
1.5.1 Historia de la Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	5
1.5.2 Botánica	6
1.5.2.1 Raíz.....	6
1.5.2.2 Tallos.	7
1.5.2.3 Hojas	7
1.5.2.4 Flores.	7
1.5.2.5 Fruto	7
1.5.3 Aprovechamiento de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	7
1.5.3.1 En verde.....	8
1.5.3.2 Ensilado	8
1.5.4 Uso de alfalfa en alimentación animal	9
1.5.4.1 Rumiantes	9
1.5.4.2 Monogástricos	10
1.5.4.2.1 Cuyes.....	10
1.5.5 Importancia forrajera de la alfalfa	10
1.5.6 Nódulos radiculares	11

1.5.7 Bacterias rhizobium	12
1.5.8 Composicion nutricional de la alfalfa	13
1.5.9 Mejoramiento genetico de la alfalfa	14
1.5.10. Mutagénicos	14
1.5.10.1. Tipos de mutágenos	15
1.5.10.1.1 Mutágenos químicos	15
1.5.10.1.2 Mutágenos físicos	15
1.5.11.1.3 Mutágenos biológicos.....	16
1.5.12. Etil Meta Sulfonato (Ems)	16
1.6 Hipótesis.....	18
1.7. Metodología de la investigación	18
CAPITULO II.....	18
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas (Hallazgo).....	18
2.3. Soluciones planteadas.....	19
2.4. Conclusiones	19
2.5. Recomendaciones	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21

I. INTRODUCCION

El presente trabajo está basado en una revisión documental de bibliografía especializada en el uso de la alfalfa (*Medicago sativa*) como una alternativa nutricional en rumiantes y monogástricos herbívoros; también en el trabajo de investigación que se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

La alfalfa (*Medicago sativa*) es el recurso forrajero más utilizado en la alimentación del ganado en el mundo. Es una de las leguminosas más importantes, debido a su facilidad de adaptación y a su calidad nutricional.

Según Rojas García et. al (2017:697) manifiestan que: La importancia de la alfalfa (*Medicago sativa*) se debe a su rendimiento anual, de hasta 30 t MS ha⁻¹, y su valor nutrimental, con 22 % de proteína y 70 % de digestibilidad y es apetecible para bovinos que la consumen fresca, henificada o ensilada.

La gran producción de biomasa, permite almacenar forraje para aquellas épocas del año en donde las condiciones del clima afectan la oferta forrajera. Por otro lado, permite aumentar la capacidad de carga animal, mejorar la ganancia de peso y la productividad lechera de los predios dedicados a la producción ganadera. Por estas características y gracias a la diversidad de variedades disponibles, la alfalfa permite tener posibilidades de producción en distintos ambientes, adaptándose a un rango altitudinal que va desde los 700 a los 4000 metros sobre el nivel del mar, mostrándose como una gran alternativa forrajera que suple las deficiencias en cuanto a producción de biomasa y calidad nutricional (Florez Delgado 2015).

La alfalfa, por su alto rendimiento y contenido de proteína, vitaminas, minerales (especialmente calcio) y bajo porcentaje de fibra, es excelente para la producción de leche; además ayuda a enriquecer el suelo por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en asociación. (López, Vargas, Yáñez, y Haro, 2021).

CAPITULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1 Definición del tema de caso de estudio

El propósito de esta investigación bibliográfica se basó en la validación del uso de EMS (Etil metasulfonato) en alfalfa (*Medicago sativa*) a condiciones tropicales.

1.2 Planteamiento del problema

En épocas secas o de invierno en el trópico existe una deficiencia de alimento para las especies rumiantes y monogástricas herbívoras, ya que esta está basada principalmente en el pasto, siendo uno de los inconvenientes y dando como resultado que la producción láctea disminuya diariamente en el hato, teniendo como consecuencia grandes pérdidas económicas.

Según Martínez, (2019) señala que:

El pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya*) posee una calidad nutricional de Proteína 5 – 14% y una digestibilidad 65% y presenta producciones entre 9 – 10 toneladas de materia seca por hectárea año, además en animales que consumen esta planta registran ganancias diarias de 0,5 kilos de peso vivo mientras que el pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*) presenta un contenido de proteína entre 8 – 11 % en su punto óptimo. y si la fertilidad natural del suelo es óptima y presenta altos contenidos de materia orgánica y nutrientes disponibles, el contenido de proteína puede ser superior del 11%, y además su digestibilidad in vitro de la materia seca (DivMs) 50 – 60%.

En artículo publicado por Contexto Ganadero, (2022) asegura que Ricardo Roldan manifiesta que la Alfalfa es la mejor fuente de proteína, es excelente para

la crianza de terneras, para la producción de leche, para el balance de los animales. Se combina muy bien con el ensilaje de maíz y puede suplir el 90 % de los requerimientos nutricionales de la vaca lechera.

1.3 Justificación

Este sistema de producción tiene un problema especial, es decir, el uso de insumos de baja calidad para alimentar al ganado, lo que conduce a una baja producción y productividad.

En este caso, es necesario desarrollar estrategias para reducir los costos de producción y aumentar los niveles productivos e insertarlos en la mejora continua de las raciones utilizadas para alimentar al ganado lechero. El problema genera que en la región tropical del Ecuador se establezcan estrategias de alimentación con el fin de proporcionar los nutrientes necesarios para criar el ganado y obtener el máximo nivel de producción del hato lechero.

La importancia del cultivo de alfalfa proviene de su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la adaptación de las semillas de alfalfa (*Medicago sativa*) para la aplicación en la producción lechera.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Caracterizar la alfalfa (*Medicago sativa*), y su adaptación al medio tropical con el uso de EMS (Etil Metasulfonato)

1.4.2 Objetivos Específicos

- Revisar los valores nutricionales de la alfalfa (*Medicago sativa*), y su aplicación en la alimentación animal

- Analizar la adaptación de la alfalfa (*Medicago sativa*) al trópico mediante mutagénesis utilizando el mutágeno químico EMS (Etil Metasulfonato)

1.5 Fundamentación teórica

1.5.1 Historia de la Alfalfa (*Medicago sativa*)

Soriano Ortega, Sergio menciona: El cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) forma parte de la historia de muchos pueblos, ha sido encontrado evidencias históricas desde el año de 1400 a.c., en las excavaciones arqueológicas de corum-alacohoyuk en Turquía. Se encuentra prácticamente extendida por todo el mundo, por la gran variedad de ecotipos existentes.

TodoAgro asegura que: La alfalfa es la forrajera más antigua que se conoce; su conocimiento como forraje para uso animal, se remonta a más de 1.500 años a.C. Su lugar de origen puede relacionarse con la zona del Cáucaso, Turquestán, pasando a la Mesopotamia (hoy Irán) y Siberia. En excavaciones arqueológicas realizadas en Turquestán se encontraron rastros que indicaban que hacía más de 3.300 años ya se utilizaba como alimento para el ganado.

Según estudios realizados por Mendoza Pedroza, et al (2010) mencionan que la Alfalfa (*Medicago sativa*) es una de las leguminosas forrajeras que más se usan para la nutrición del ganado bovino de leche, en varias regiones como las aridas, semiáridas o templadas. La importancia de esta leguminosa se basa en la cantidad de forraje que ofrece por unidad de superficie que se cultiva, el valor nutritivo, la aceptabilidad y el consumo animal, en estado fresco, como heno o como ensilaje.

La Alfalfa es una gramínea que brinda la posibilidad de producción en ambientes diversos, pudiendo adaptarse a una altitud desde los 700 a los 4000 msnm, motivo por el cual se muestra como una gran alternativa forrajera para la alimentación de los rumiantes y monogástricos además de sus características nutricionales. Adicionalmente la alfalfa al ser un cultivo perenne, evita la erosión del suelo y facilita el control de plagas y enfermedades para los cultivos que se realizaran posterior a ella. (Florez Delgado 2015).

En publicación realizada por TodoLactea, (2017) menciona que En Estados Unidos la Alfalfa (*Medicago sativa*) ocupa un lugar muy importante en la agricultura, solo un escalón más atrás de los tradicionales cultivos como el maíz y el trigo, o incluso la soya. Otra de las características más importantes de esta gramínea es que se produce en casi todo el territorio del país con varias metodologías de manejo, con riego asistido en seco o con lluvias abundantes en climas templados. Sola o asociada a otras gramíneas, en el oeste americano, con centro en California, el 80% de la alfalfa se desarrolla bajo riego; mientras que en el Medio Oeste se la destina a la producción lechera, sin necesidad de riego extra

1.5.2 Botánica

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa*. Se trata de una planta perenne, vivaz y de porte erecto.



Ilustración 1 La alfalfa se puede suministrar al ganado en verde, silo o heno. Adaptado de: conejoinfo.blogspot.com / www.britannica.com.

1.5.2.1 Raíz. La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos.



Ilustración 2 Adaptado de: Organización de Consumidores Orgánicos

1.5.2.2 Tallos. Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, por tanto, es una planta muy adecuada para la siega.



Ilustración 4 Tallo de alfalfa Adaptado de: *Medicago sativa*

1.5.2.3 Hojas. Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados.

1.5.2.4 Flores. La flor característica de esta familia es la de la subfamilia Papilionoidea. Son de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas.

1.5.2.5 Fruto. Es una legumbre indehiscente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm. de longitud. (InfoAgro sf)

1.5.3 Aprovechamiento de la alfalfa (*Medicago sativa*)

La manera principal en la que se aprovecha la alfalfa erecta es la siega. Con regadío, esta da paso a poder realizar de 5 a 6 cortes cada 25 – 35 días. Se debe considerar que el primer y el último corte son los que obtienen mayor calidad. El forraje se puede aprovechar de diferentes maneras. Se considera que

las alfalfas de porte semierecto o postrado pueden aprovecharse de manera mixta o por medio de pastoreo. (Canals, Peralta y Zubiri 2019)

1.5.3.1 En verde

Según lo publicado por Infoagro sf: La alfalfa en verde es una importante manera de utilización por su excelente calidad e ingestibilidad pero esto con el buen manejo del cultivo y la importancia que requiere en el cuidado. Para que esto sea posible es necesario realizar cierta inversión y así, poder brindar en lo posterior el alimento a los animales. (Infoagro sf)



Ilustración 6 Alfalfa verde Adaptado de: Qualitysilage, S.f

1.5.3.2 Ensilado

El ensilado de alfalfa es una de las alternativas a considerar para hacer uso de esta leguminosa, además de esta manera se evita el uso excesivo de concentrados para mejorar la producción en los hatos, esta es una técnica que se utiliza para poder mantener el alimento por mucho mas tiempo y brindarlo a los animales en momento deseado. (Salgueiro 2000)



Ilustración 7 Ensilaje de alfalfa Adaptado de: Semillas Clemente Noticias

1.5.4 Uso de alfalfa en alimentación animal

1.5.4.1 Rumiantes

La alfalfa es una leguminosa que se utiliza de manera principal para brindar gran cantidad de proteína, macronutrientes, microminerales y vitaminas a los animales en su ración alimenticia. Esta alternativa nutricional además aporta una cantidad importante de fibra efectiva, necesaria para los rumiantes.

- Aumenta la secreción de la saliva.
- Ayuda a enlentecer el tránsito de los alimentos en el rumen.
- Ayuda a la ingestión del animal.
- Ayuda a mejorar la composición de la leche. (Agropal 2015)

Church citado por (Tarazona, Ceballos, Naranjo, y Cuartas 2012) mencionan que los herbívoros tienen la capacidad para aprovechar diferentes tipos de vegetales fibrosos, dicha capacidad de los rumiantes a la alimentación altamente fibrosa se debe a la simbiosis con diferentes microorganismos que ayudan de manera positiva la fermentación de los forrajes, para luego ser transformador en diferentes compuestos, logrando de esta manera que los poligástricos obtengan mejor acceso a la energía a partir del consumo de fibra, comparado con los demás herbívoros.

La alimentación de los rumiantes es principalmente a base de plantas que contienen carbohidratos fibrosos; pero, estos animales no poseen en su sistema digestivo enzimas capaces de digerirlos, por ello los microorganismos que habitan en el mismo son los encargados de realizar esta actividad, tales como bacterias, protozoarios y hongos, mismos que cuando fermentan permiten al rumiante:

- Digerir polisacáridos complejos como la celulosa.
- Aprovechar además de proteínas, fuentes de nitrógeno no proteico (NNP), para su conversión en proteína microbiana.
- Sintetizar vitaminas hidrosolubles.

Por medio de la fermentación ruminal los animales obtienen los nutrientes

necesarios para poder mantener las funciones biológicas. (Nava Cuéllar y Díaz Cruz 2001)

1.5.4.2 Monogástricos

1.5.4.2.1 Cuyes

El cuy es un animal procedente de los Andes y es muy importante para la población de la localidad andina ya que es una excelente fuente de proteína, sin embargo, es importante también brindarles la alimentación adecuada. (Quintana, Jiménez, Carcelén, San Martín , y Ara 2013)

En un trabajo de investigación realizado por Huaman (2017) menciona que: los cuyes alimentados con 80 g/animal/día de alfalfa (*Medicago sativa*) alcanzan pesos finales de 812,6 g con un incremento de peso total de 588,2 g y con suministros de 200 g/animal/ día los pesos finales alcanzados fueron 1 039 g, siendo sus incrementos totales 631 g.

1.5.5 Importancia forrajera de la alfalfa

La alfalfa es una de las forrajeras con un alto valor proteico, carbohidratos, vitaminas y minerales, que no es dañina o toxica además de poseer larga vida (esta oscila entre los 10 años) es considerada como la mejor de las forrajeras, sin embargo, el cuidado que se le brinde es de suma relevancia para poder brindar las condiciones óptimas y poder aprovechar al máximo sus valores nutricionales y proteicos.

La importancia de este cultivo radica en que es una leguminosa y al serlo aporta un alto contenido de nitrógeno al suelo por medio de los nódulos radiculares que posee, lo que permite el incremento al rendimiento por hectárea e incorporando abono al suelo en el que se encuentra sembrada, evitando también problemas de erosión. (Woodro Andia y Argote Quispe 2006)

1.5.6 Nódulos radiculares

Los nódulos radiculares son estructuras que se encuentran en las raíces de muchas plantas, principalmente en las leguminosas, y forman una simbiosis con las bacterias encargadas de fijar nitrógeno. Cuando existe una deficiencia de nitrógeno en el suelo, estas plantas tienen la capacidad de ejercer una relación simbiótica con bacterias específicas conocidas como *rizobios*. (Pérez y Psará sf)



Ilustración 8 Nódulos radiculares
Adaptado de: https://xn--ell-dma.vn/es/N%C3%B3dulo_radicular-2008822640

Cuando el factor de nodulación es detectado por la raíz, ocurren una serie de cambios bioquímicos y morfológicos: se desencadena la división celular en la raíz para crear el nódulo, y el crecimiento del pelo radical se redirige para enroscarse alrededor de la bacteria varias veces hasta que encapsula completamente una o más bacterias. Las bacterias encapsuladas se dividen varias veces, formando una microcolonia. Desde esta microcolonia, las bacterias ingresan al nódulo en desarrollo a través del hilo de infección, que crece a través del pelo radical hasta la parte basal de la célula de la *epidermis* y luego hacia el córtex de la raíz; luego se rodean por una membrana simbiótica derivada de plantas y se diferencian en bacteroides que fijan nitrógeno. (Pérez & Psará sf)

Los rizobios son capaces de colonizar la rizosfera de un sinnúmero de plantas, incluso tienen la facultad de habitar de manera endofítica en plantas que no son leguminosas. En los medios rizosféricos y endófitos, poseen efectos que promueven el crecimiento de las plantas, la producción de

hormonas y la solubilización de fosfato así como la inhibición de agentes patógenos. Sessitsch et al (2002).

La simbiosis inicia cuando el nitrógeno que existe en el suelo es muy deficiente y existe un intercambio de señales, es ahí donde las leguminosas exudan varios compuestos fenólicos a la rizosfera, de manera principal los flavonoides y los isoflavonoides. (Clúa, Roda, Zanetti, y Blanco 2018)

1.5.7 Bacterias rhizobium

Las bacterias del género rhizobium son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo, infectando de manera principal a las leguminosas, tales como la alfalfa, la soja entre otras. (Encarnación Corona, et al 2006)

Las rizobacterias son bacterias que habitan la rizosfera, área del suelo que se encuentra unida a la raíz de las leguminosas y que llega a pocos milímetros de la superficie del sistema radicular de las plantas. En esta zona se lleva a cabo la interacción dinámica y única de procesos biogeoquímicos que existe entre las raíces de las plantas y los microorganismos que existen en el suelo, esta dinámica se ve influenciada por los exudados radiculares que emiten las leguminosas, además, alberga una gran cantidad de microorganismos que en general estimulan el crecimiento vegetal y reducen la incidencia de enfermedades. A este grupo bacteriano también se le ha asignado el nombre de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. (Velasco A. et al 2020)

Según Velasco et al (2020) las bacterias rhizobium desarrollan relaciones beneficiosas e incluso dañinas, sin embargo las relaciones perjudiciales son en menor medida. Las relaciones de estas bacterias con las raíces de las plantas juegan un papel determinante para la adaptación y la producción de muchas especies vegetales con el pasar de los tiempos. Estudios realizados han evidenciado que estas han mejorado de manera significativa el crecimiento, la producción e incluso la salud de las plantas; todo esto por medio de mecanismos que ayudan a la asimilación de los nutrientes vitales como la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y potasio y

tambien la fitoestimulacion por medio de la produccion de fitohormonas, y de manera indirecta afecta el crecimiento de agentes patogenos de manera que ayudan a activar el sistema inmunologico en las plantas y asi mejoran los problemas que ocasiona el estrés abiotico.

Las fitohormonas son hormonas que poseen la caracteristica de intervenir en respuestas morfogeneticas y tambien de crecimiento de manera pleotropica, es decir que una misma hormona tiene participacion en varios procesos, y depende de la concentracion de la misma. Aguilar, Melgarejo, y Romero (2007).

1.5.8 Composicion nutricional de la alfalfa

Según lo que menciona Lloveras (2011) el cultivo de alfalfa brinda un excelente aporte nutricional para los animales que lo consumen, ya sea como heno, ensilaje o verde.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes nutricionales que posee la alfalfa (***Medicago sativa***):

Porcentaje	Hojas	Tallos
Proteína bruta	24	10.7
Grasa bruta	3.1	1.3
Extracto no nitrogenado	45.8	37.3
Fibra bruta	16.4	44.4
Cenizas	10.7	6.3

Tabla 1 Valores Nutricionales Adaptado de: Lloveras

PROTEÍNA BRUTA SOBRE LA SUSTANCIA SECA.	Energía neta para lactación. (/kg ms)	Energía neta para la producción de carne. (/kg ms)
17	0,75	0,64
19	0,81	0,71
21	0,88	0,79
23	0,95	0,87
25	1,02	0,96

Tabla 2 CONTENIDO PROTEÍCO Y VALOR ENERGÉTICO DE LA ALFALFA DESHIDRATADA Adaptado de: Salinas C. (recopilación varios autores) 2022

1.5.9 Mejoramiento genético de la alfalfa

Según lo mencionado por Luna, López y Hernández (2021) La alfalfa (*Medicago sativa*) es una especie multiforme con una gran mutabilidad genética que tiene la facilidad de acoplarse a diversas condiciones de suelo y climáticas. La herencia en alfalfa es compleja en gran parte debido a la naturaleza autotetraploide de la meiosis; esta especie produce un gameto diploide ($2n= 32$), característica genética que afecta profundamente su comportamiento fenotípico. La alfalfa es una especie alógama que depende de los insectos para la polinización y produce algunas plantas autoestériles o autoincompatibles, y en menor proporción, plantas que producen polen y óvulos estériles.

En la actualidad existen varias técnicas para realizar el mejoramiento genético de los pastos, y forrajes; los motivos para realizar esta actividad son múltiples, ya sea por aumentar la producción, resistencia a plagas y enfermedades, mayor rendimiento al corte, adaptabilidad, entre otros. (Díaz et al 2004)

1.5.10. Mutagénicos

Un agente mutagénico es cualquier compuesto físico o químico que causa mutación en un ser vivo, es decir, que ocasiona un cambio en el ADN de una célula. En la actualidad, en la agricultura y en la medicina veterinaria se realizan muchas investigaciones haciendo uso de estos componentes con el fin de obtener un resultado específico. Entre los agentes mutágenos se

pueden encontrar las sustancias radiactivas, los rayos x, los rayos gamma, y ciertas sustancias químicas. (Instituto Nacional del Cancer, sf)

Según lo expresado por Fuchs, et al (2002) Cuando cualquier agente mutagénico físico o químico es aplicado a material de propagación sexual o asexual, se observa una relación directa entre la dosis y la tasa de mutación, pero también es notable una relación similar entre la dosis y el daño celular. Esta relación varía con el genotipo.

En una investigación realizada por (Bautista 2020) asegura que con la aplicación del mejoramiento genético en pastos y forrajes han implementado varias técnicas para poder llevar a cabo el objetivo y así obtener plantas con mejores características. Una de las técnicas es la inducción de mutagénesis como una opción viable, y teniendo como resultados reportes de su efectividad con el propósito deseado. Logrando plantas con un excelente vigor.

1.5.10.1. Tipos de mutágenos

Según la página web Mutaciones y Síndromes (2019), existen tres tipos de mutágenos que se dividen de la siguiente manera:

1.5.10.1.1 Mutágenos químicos

Estos son compuestos químicos que tienen la capacidad de alterar las estructuras del DNA de manera agresiva, tales como el ácido nitroso, brominas y varios de los compuestos.

1.5.10.1.2 Mutágenos físicos

Estos son principalmente las radiaciones emitidas como la radiación ultravioleta, la radiación gamma y la alfa que tienen la capacidad de alterar la estructura y la secuencia del DNA. Como agentes físicos también se toman en consideración los ultrasonidos con 400.00 vibraciones por segundo que han demostrado la capacidad de generar mutaciones en *Drosophila* y en varias

plantas superiores, la centrifugación es otro método ya que tiene la capacidad de producir variaciones cromosómicas estructurales.

Experimentos hechos en plantas y animales han demostrado que el número de mutaciones producidas por la radiación es proporcional a la dosis; a mayor dosis mayor número de mutaciones. Un punto importante es que no existe un umbral abajo del cual la radiación no tuviera efecto. Se cree que aún la más pequeña dosis de radiación puede producir una mutación. (Cuevas sf)

1.5.11.1.3 Mutágenos biológicos

Estos son todos aquellos organismos vivos que pueden llegar a alterar las secuencias del material genético en el hospedador, tales como virus, bacterias y hongos. Como ejemplo se mencionan los transposones que son fragmentos autónomos de DNA.

1.5.12. Etil Meta Sulfonato (Ems)

El EMS es un compuesto químico que posee propiedades de mutágeno, teratógeno y posiblemente carcinógeno cuya fórmula química es $C_3H_8O_3S$. En español, sería más correcto nombrarlo como metano sulfonato de etilo o MSE. Este compuesto se utiliza para realizar investigaciones de mejoramientos genéticos de algunos pastizales y como lo es en este caso la adaptación de la Alfalfa (*Medicago sativa*) a condiciones tropicales. (Fuentes 2019)

En un trabajo de investigación se menciona que mediante el uso del mutágeno etilmetasulfonato, se han obtenido resultados positivos en los tratamientos en los que se ha aplicado, sin embargo, no existen antecedentes del mutágeno aplicado en semillas y plántulas de *Gmelina arborea* Roxb. (melina) en etapa de vivero. (Bautista , 2020)

Según lo expresado por Torres (2019) por medio del uso de agentes mutagénicos físicos como la Radiación Gamma ($Co60$) y químicos como el Etil Metasulfonato, se está realizando el mejoramiento genético de gran

variedad de cultivos, con respecto a trabajos con *Plukenetia volubilis* L., “sacha inchi”, aún no se tiene trabajos de investigación relacionados, por tal motivo, es importante generar avances en el mejoramiento genético de esta especie.

En una investigación realizada con el objetivo determinar la potencia dos agentes mutagénicos y dosis óptimas, en análisis de células de aberraciones de los cromosomas inducidas se considera adecuado en la realización de las mutaciones. En la investigación se usaron los agentes mutagénicos rayo Gamma y EMS con tratamientos combinados y como resultados se encontró que los tratamientos combinados inducían anomalías meióticas con mayor frecuencia en comparación con los tratamientos individuales de rayos Gamma y EMS. (Goyal et al 2019)

Según investigación realizada por (Gómez 2021) donde menciona que Coimbra et al. (2005) según estudios realizados la sensibilidad que poseen muchas plantas diploides y poliploides que han sido tratadas con mutagénicos, disminuyen la mutación con nivel de polidía de las mismas. Dicho resultado confirma la hipótesis donde la duplicación de genes en poliploides reduce la frecuencia de la mutación. Los cambios en la secuencia de bases en el ácido desoxirribonucleico (ADN) se producen de forma espontánea y pueden ser intensificadas por mutágenos físicos y químicos tales como, la radiación gamma (^{60}Co) y etilmetanosulfonato (EMS). Por esto, la técnica permite el desarrollo de nuevas combinaciones genéticas a través de cambios o modificaciones alélicas en el cromosoma.

En una investigación realizada sobre Determinación de la DL50 de Metanosulfonato de Etilo (EMS) para la inducción de cambios morfológicos y fisiológicos en plántulas de *Plukenetia volubilis* se obtuvo como resultado que el uso de EMS redujo hasta un 50% la emergencia en las plántulas, valor considerado como la dosis letal media (DL50) para *P. volubilis*, lo que crea un efecto positivo en el uso del Etil Metasulfonato como un agente mutagénico para lograr los objetivos deseados. (Corazón et al 2022)

1.6 Hipótesis

Validar el uso de EMS (Etil Metasulfonato) en alfalfa (*Medicago sativa*) a condiciones tropicales y poder brindar a los rumiantes los nutrientes necesarios para cumplir con sus funciones productivas.

1.7. Metodología de la investigación

El presente trabajo es una investigación documental, se realizará por el método inductivo-deductivo, documental bibliográfico, información obtenida de los dspace de las universidades, bibliografías de Google académico, otros espacios de consulta bibliográfica, revistas indexadas y artículos científicos; así como un proyecto investigativo aprobado por Universidad Técnica de Babahoyo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

2.1. Desarrollo del caso

La presente investigación bibliográfica trató se revisar la información referente a la adaptación de la alfalfa (*Medicago sativa*) mediante el uso de Etil Metasulfonato (EMS) en la zona del trópico para brindar alimentación a rumiantes y monogástricos en épocas donde el alimento convencional es escaso o nulo.

2.2. Situaciones detectadas (Hallazgo)

La alimentación de los animales de producción se ve afectada en épocas de invierno y verano, siendo esta situación motivo para reducir la producción en los animales y pérdidas económicas de los dueños.

2.3. Soluciones planteadas

Adaptar la alfalfa (*Medicago sativa*) usando el Etil Metasulfonato (EMS) al trópico ya que al ser una leguminosa con valores excelentes valores nutricionales debe ser usada como alimentación para los animales en producción y poder cumplir con los requerimientos nutricionales.

2.4. Conclusiones

- De acuerdo a lo investigado la alfalfa en el trópico posee un contenido aproximado de proteína 22%, una digestibilidad de hasta el 70%, materia seca 18%, humedad hasta 82%, y energía hasta 20%, valores que permiten que la leguminosa sea utilizada como alimentación para los rumiantes y monogástricos.
- La alfalfa ocupa un lugar importante para la nutrición animal, además de ayudar con el aporte nitrógeno al suelo y permitiendo realizar hasta 7 cortes por año lo que genera una gran cantidad de biomasa.
- El uso del mutagénico EMS (Etil Metasulfonato) aporta grandes beneficios en la producción de forraje verde para animales de explotación agropecuaria incrementando la producción significativamente puesto que, incentiva la actividad fisiológica de la planta promoviendo la ramificación y crecimiento.

2.5. Recomendaciones

- Motivar al productor pecuario al uso de la alfalfa como forraje verde para el ganado bovino, que servirá como suplemento proteico y calcular su producción tanto lechera como cárnica.
- Realizar investigaciones de carácter científico sobre el uso de EMS en el cultivo de alfalfa en el trópico, determinar la diferencia morfológica y nutricional de este cultivo versus plantas sin tratamientos con mutágenos.
- Implementar el cultivo de la alfalfa como convencional para la alimentación animal y disminuir gastos por logística e incrementar la rentabilidad financiera y también la productividad animal con el consumo de la leguminosa.

BIBLIOGRAFÍA

- Agropal. (20 de Noviembre de 2015). *Oviespaña*. Obtenido de <https://www.oviespana.com/Articulos/289166-Agropal-describe-las-ventajas-del-uso-de-alfalfa-deshidratada-en-la-alimentacion-animal.html#:~:text=La%20alfalfa%20es%20una%20leguminosa,muy%20necesaria%20para%20animales%20rumiantes>.
- Aguilar, M., Melgarejo, L., & Romero, M. (2007). Fitohormonas. *ACADEMIA*, 39-40.
- Bautista, P. (2020). *Repositorio UTQ*. Obtenido de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&qsp=1&q=etil+metano+sulfonato+%22pl%C3%A1ntulas+de+teca%22&qst=br#d=gs_cit&t=1649515462570&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AeRiqPyT-vw8J%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D1%26hl%3Des
- Canals, R., Peralta, J., & Zubiri, E. (2019). Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica. *Herbario de la Universidad Publica de Navarra*, 25-30.
- Clúa, J., Roda, C., Zanetti, M., & Blanco, F. (2018). Compatibilidad entre leguminosas y rizobios para el establecimiento de una simbiosis exitosa de fijación de nitrógeno. *Genes*, 125.
- Contexto Ganadero. (17 de Marzo de 2022). *CONtextogadero*. Obtenido de <https://www.contextogadero.com/ganaderia-sostenible/las-propiedades-de-la-alfalfa-como-alimento-bovino>
- Corazón, M., Arévalo, M., Acosta, R., Valverde, J., Ruiz, M., Cerna, A., & Chirinos, D. (2022). Determinación de la DL50 de Metanosulfonato de Etilo (EMS) para la inducción de cambios morfológicos y fisiológicos en plántulas de *Plukenetia volubilis*. *Revista agrotecnológica amazónica*, 209.
- Cuevas, A. (sf). Agentes mutagénicos. *Revista de la Facultad de Medicina*, 425-428.

- Díaz, M., Echenique, V., Cardone, S., Polci, P., Lutz, E., & Spangenberg, G. (2004). Biotecnología y mejoramiento genético de especies forrajeras. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 77-104.
- Encarnación Corona, A., Munive, J., Corona, M., Salinas, F., Chavez, L., & Bermudez, K. (2006). *IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITROGENO EN NÓDULOS DE PLANTAS DE LUPINUS MONTANUS HBK*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jose-Antonio-Munive/publication/266486088_IDENTIFICACION_DE_BACTERIAS_FIJADORAS_DE_NITROGENO_EN_NODULOS_DE_PLANTAS_DE_LUPINUS_MONTANUS_HBK/links/55117a850cf21209d528a4f3/IDENTIFICACION-DE-BACTERIAS-FIJADORAS-DE-NITROGE
- Florez Delgado, D. F. (2015). LA ALFALFA (*Medicago sativa*): ORIGEN, MANEJO Y PRODUCCIÓN. *CONEXAGRO*, 27-43.
- Fuchs, M., González, V., Castroni, S., Díaz, E., & Castro, L. (2002). Efecto de la radiación gamma sobre la diferenciación de plantas de caña de azúcar a partir de callos. *Agronomía Tropical*, 311-324.
- Fuentes, V. (2019). *Repositorio UTQ*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6400/1/T-UTEQ-19.pdf>
- Gómez, J. (2021). *Generación de variabilidad genética en Pasto Janeiro (Eriochloa polystachya Kunth) irradiado con rayos gamma*.
- Goyal, S., Wani, M., Laskar, R., Raina, A., & Khan, S. (2019). Assessment on cytotoxic and mutagenic potency of Gamma rays and EMS in *Vigna mungo* L. Hepper. *Biotecnología Vegetal*, 193-204.
- Huaman, D. (28 de Septiembre de 2017). *Repositorio Digital Institucional de la Universidad Tecnológica de los Andes*. Obtenido de https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/70/1/Rendimiento%20carcasa%20de%20cuyes%20T040_43483459_T.pdf

InfoAgro. (sf). *Infoagro Systems, S.L.* Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>

Infoagro. (sf). *Infoagro.com.* Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa2.htm>

Instituto Nacional del Cancer. (sf). *NIH.* Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/mutageno>

Lloveras, J. (2011). El cultivo de la alfalfa y su relación con el medio ambiente. *Pastos*, 145-167.

Luna, M., López, C., & Hernández, A. (2021). Mejoramiento genético de la biomasa aérea y sus componentes en alfalfa: selección familiar de medios hermanos. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1126-1141.

Martinez Vioria, F. (10 de febrero de 2019). *Info Pastos y Forrajes*. Obtenido de <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-janeiro-eriochloa-polystachya/#:~:text=El%20Pasto%20janeiro%20en%20primer,lagos%20en%20pa%C3%ADses%20de%20am%C3%A9rica>.

Mendoza Pedroza, S., Hernández Garay, A., Pérez Pérez, J., Quero Carrillo, A., Escalante Estrada, J., Zaragoza Ramírez, J., & Ramírez Reinoso, O. (2010). *scielo.org.mx. Rev Mex Cienc Pecu*, 287-296.

Mutaciones y Síndromes. (2019). *Mutaciones y Síndromes*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/mutacionesysindromes/agentes-mutagenos/tipos-de-agentes-mutagenos>

Nava Cuéllar, C., & Díaz Cruz, A. (2001). *Introducción a la Digestión Ruminal*. Argentina.

Pérez, H., & Psará, D. (sf). *Nodulo radicular*. Obtenido de https://xn--ell-dma.vn/es/N%C3%B3dulo_radicular-2008822640

- Quintana, E., Jiménez, R., Carcelén, F., San Martín, F., & Ara, M. (2013). Efecto de dietas de alfalfa verde, harina de cebada y bloque mineral sobre la eficiencia productiva de cuyes. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 425-432.
- Rojas García, A., Torres Salado, N., Joaquín Cancino, S., Hernández Garay, A., Maldonado Peralta, M., & Sánchez Santillán, P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia*, 697-708.
- Salgueiro, J. (2000). Complemento con ensilado de alfalfa o trébol violeta. *MUNDO GANADERO*, 34-38.
- Sessitsch, A., Howieson, J., Antoun, H., & Martínez, E. (2002). Advances in Rhizobium Research. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 323-378.
- Soriano, S. (s/f de Mayo de 2003). *repositorio.uaaan.mx*. Obtenido de [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1257/IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA%20\(Mdicago%20sativa%20L.\)%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA%20SUR.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1257/IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA%20(Mdicago%20sativa%20L.)%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA%20SUR.pdf?sequence=1)
- Tarazona, A., Ceballos, M., Naranjo, J., & Cuartas, C. (2012). Factores que afectan el consumo de forraje y la selectividad en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 473-487. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000300015
- TodoAgro. (21 de Abril de 2015). *todoagro*. Obtenido de <https://www.todoagro.com.ar/la-alfalfa-un-cultivo-con-historia/>
- TodoLactea. (28 de Noviembre de 2017). *Todo Alfalfa*. Obtenido de <https://www.todoalfalfa.com.ar/la-alfalfa-cultivo-y-negocio-aqui-y-en-el-mundo/>
- Torres, Y. (2019). Comportamiento morfológico–reproductivo de *Plukenetia volubilis* L., sometido a radiación gamma (co60) y etil metanosulfonato.
- Velasco, A., Castellanos, O., Acevedo, G., Aarland, R., & Rodríguez, A. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 333-345.

Velasco, A., Castellanos, O., Acevedo, G., Rayn, A., & Rodriguez, A. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 333-345.

Woodro Andia, C., & Argote Quispe, G. (2006). GUIA PRACTICA DE PASTOS CULTIVADOS. *Redesa*, 10-31.