



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

TEMA:

Utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales

AUTORA:

Karla Rommyna Campi Amaiquema

TUTOR:

Ing. Zoot. Julio Camilo Salinas Lozada Ms.C

Babahoyo- Los Ríos - Ecuador

2022

RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa*) es el principal forraje para la producción de leche en todo el mundo; entre los forrajes cultivados, las leguminosas del género *Medicago* son las más utilizadas. La alfalfa, por su alto rendimiento y contenido en proteínas, vitaminas, minerales (especialmente calcio) y porcentaje de fibra, es de gran calidad para la producción de leche; además, ayuda a mejorar el suelo por su potencial de restauración del nitrógeno atmosférico en asociación. La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre la utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales. Por lo anteriormente detallado se determinó que la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el máximo cultivo forrajero perenne, por su producción, excepcionalidad forrajera y versión a ambientes exclusivos. La gran variedad de ambientes y cultivares en los que se cultiva determina las sorprendentes variaciones en su producción. La aplicación de los rayos gamma genera radicales libres, que pueden dañar o alterar componentes celulares exclusivos de las plantas de pastos, generando igualmente cambios dentro de la morfología, anatomía, bioquímica y estructura corporal. Dentro del poder germinativo de plantas de alfalfa Nacional y alfalfa Granada Mejorada presentan el mismo comportamiento sembradas en suelo y papel periódico, la cual relacionada que entre menor sea la temperatura mayor será el porcentaje de germinación. El comportamiento agronómico de la alfalfa Granada Mejorada es superior que la alfalfa Nacional en el tratamiento testigo mientras que, en el tratamiento con mutagénicos en cuanto a germinación y comportamiento agronómico, mejores resultados tiene la alfalfa Nacional.

Palabras claves: Rayos gamma, alfalfa, mejoramiento genético, condiciones tropicales.

SUMMARY

Alfalfa (*Medicago sativa*) is the main forage for milk production worldwide; among cultivated forages, legumes of the *Medicago* genus are the most widely used. Alfalfa, due to its high yield and content in protein, vitamins, minerals (especially calcium) and fiber percentage, is of high quality for milk production; in addition, it helps to improve the soil due to its potential to restore atmospheric nitrogen in association. The information obtained was carried out through the technique of analysis, synthesis and summary, with the purpose of informing the reader about the use of gamma rays in alfalfa (*Medicago sativa*) in tropical conditions. From the above, it was determined that alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the maximum perennial forage crop, due to its production, forage exceptionality and version to exclusive environments. The great variety of environments and cultivars in which it is grown determines the surprising variations in its production. The application of gamma rays generates free radicals, which can damage or alter cellular components exclusive to grass plants, also generating changes within the morphology, anatomy, biochemistry and body structure. Within the germination power of alfalfa Nacional plants and alfalfa Granada Mejorada, they present the same behavior when sown in soil and newspaper, which is related to the fact that the lower the temperature, the higher the germination percentage. The agronomic behavior of the alfalfa Granada Mejorada is superior to the alfalfa Nacional in the control treatment while in the treatment with mutagenics in terms of germination and agronomic behavior, alfalfa Nacional has better results.

Key words: Gamma rays, alfalfa, genetic improvement, tropical conditions.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Fundamentación teórica	4
1.5.1. Importancia de la aplicación de rayos gamma	4
1.5.2. Aplicación de rayos gamma en forrajes	6
1.5.3. Uso de la alfalfa en las dietas de los rumiantes	12
1.5.3.1. Composición nutricional de la alfalfa	13
1.5.4. Mejora genética de la alfalfa	13
1.5.5. Mutagénicos	14
1.5.6. Comportamiento de la alfalfa en condiciones tropicales para la alimentación de rumiantes	15
1.6. Hipótesis	17
1.7. Metodología de la investigación	17
CAPITULO II	18
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas (Hallazgo)	18
2.3. Soluciones planteadas	23
2.4. Conclusiones	23
2.5. Recomendaciones	24
BIBLIOGRAFÍA	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores nutricionales Adaptado de: Enrico y Pasquele (2017)....	12
Tabla 2. Contenido proteico y valor energético de la alfalfa deshidratada Adaptado de: Huerta (2017).....	13
Tabla 3. Prueba de germinación edáfico.....	18
Tabla 4. Prueba de germinación periódico.....	19
Tabla 5. Comportamiento agronómico de alfalfa Nacional.....	20
Tabla 6. Comportamiento agronómico de alfalfa Granada Mejorada.....	21

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Nacional germinadas.....	19
Gráfico 2: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Granada Mejorada.....	19
Gráfico 3: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Nacional germinadas.....	20
Gráfico 4: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Granada Mejorada germinadas.....	20
Gráfico 5: Mutágeno físico en alfalfa Nacional.....	21
Gráfico 6: Mutágeno físico en alfalfa Granada Mejorada.....	22

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es una de las leguminosas forrajeras que se ha venido utilizando de forma tradicional en la alimentación de los animales rumiantes, formando parte de dietas basadas de subproductos, con efectos mínimos sobre la digestibilidad de los nutrientes, pero con una disminución en la ingesta de los rumiantes (Jahn *et al.*, 2017).

La alfalfa es un recurso forrajero de mayor importancia y productividad en la ingesta de los rumiantes, debido a su alto potencial de producción de forraje y valor nutritivo; su principal utilización es en forma de heno, y en pastoreo no frecuente, en donde se desconoce el manejo adecuado que permita una eficiencia alta en su utilización y persistencia de producción en las praderas Rubio y Molina 2016).

En relación a su composición nutritiva la alfalfa es el forraje que contiene más alto grado de proteína cruda (18%), minerales en mayor proporción calcio 1,7%, vitaminas (especialmente vitamina E 120 mg/kg, biotina 0,32 mg/kg, colina 1500 mg/kg), con una gran palatabilidad para los rumiantes (Soriano 2016).

En la actualidad existen técnicas de mejoramiento genético de especies forrajeras, para aumentar su valor nutricional, adaptabilidad a una zona determinada, resistencia a plagas y enfermedades, teniendo como técnica principal a las radiaciones gamma, las mismas que producen efectos de estimulación y mutagénesis en una especie definida, actuando en procesos fisiológicos como la germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas, composición química de la especie vegetal, valor de energía y factores físicos, químicos y biológicos (Cepero *et al.*, 2017).

La utilización de los rayos gamma genera variabilidad intraespecífica, determinando el rango de radiosensibilidad para el mejoramiento de plantas a través de mutagénesis. Por ello los rayos gamma se han venido aplicando en el mejoramiento de especies forrajeras, debido a la necesidad de introducir nuevas especies de plantas forrajeras con cualidades específicas ventajosas, tales como características mejoradas para enfrentar el estrés ambiental, mayor

rendimiento de producción, resistentes a plagas y enfermedades, y resistentes a los efectos de pesticidas (Corrales *et al.*, 2019).

La inducción de mutaciones es una alternativa factible para realizar mejoramiento genético en una especie forrajera, en la cual esta técnica es capaz de generar variabilidad mediante el uso de agentes mutagénicos (Gómez *et al.*, 2020).

Las versiones genéticas determinan la capacidad de conformarse ante los cambios ambientales y perpetuar la especie; en consecuencia, la generación de variabilidad es esencial para la mejora genética de las especies forrajeras; la versión genética se origina mediante la inducción de mutaciones, las hibridaciones intra e interespecíficas y la autoploidía (Gómez *et al.*, 2020).

El presente trabajo se realizó para adquirir y mejorar los conocimientos sobre la utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales para la alimentación de rumiantes.

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la temática correspondiente a la utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales para la alimentación de rumiantes.

1.2. Planteamiento del problema

La falta o escasez de forraje de alta calidad en el trópico constituye uno de los problemas más serios que debe afrontar el productor ganadero. Las condiciones ambientales, manejo edáfico, genotipo, manejo del pasto y otros factores, determinan un estancamiento en el crecimiento y producción de las pasturas. Mediante varios ensayos de producción forrajera en el trópico se han registrado valores medios en productividad de materia seca (MS) de 1209 kg/ha y proteína 8 % para un período de 100 días, sin que se detecten diferencias entre las variedades pasto guinea (*Megathyrsus maximus*) y pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*) (Martínez *et al.*, 2016).

También se ha reportado con mayor número de cultivares pasto llanero (*Andropogon gayanus*), pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), pasto Rhodes (*Chloris gayana*), que hay diferencias en productividad, calidad de la leche y carne, debido a las características fenotípicas, genéticas y nutricionales de los genotipos (Cuesta *et al.*, 2018).

1.3. Justificación

La alfalfa es una especie forrajera, considerada por los productores por su alta productividad y valor nutritivo, en la alimentación de los animales rumiantes. Además, se le puede utilizar en verde, ensilado, henificado, como harina y mezclas con otros cultivos.

Para el mejoramiento genético de la alfalfa se puede utilizar rayos gamma, resultando ser una técnica prometedora para inducir variedades genéticas mejoradas. La respuesta de la especie vegetal frente a los rayos

gamma depende del grado de ionizaciones atómicas y moleculares, siendo estos los efectos biológicos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el uso de rayos gamma en la alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir la aplicación de rayos gamma en forrajes.
- Analizar el comportamiento de la alfalfa en condiciones tropicales para la alimentación de rumiantes.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Importancia de la aplicación de rayos gamma

Basigalup y Odorizzi (2017) manifiestan que el uso de la radiación gamma permite producir variabilidad intraespecífica y averiguar la variedad de radiosensibilidad (RRS) para la mejora de las plantas mediante mutagénesis. Las versiones genéticas definen el potencial de adaptación ante los ajustes ambientales y la perpetuación de la especie. En consecuencia, la generación de variabilidad es fundamental para la mejora genética. El Co60 es un isótopo radiactivo con excesiva capacidad de ionización que se ha utilizado dentro del desarrollo genético de diferentes vegetales para dar lugar a mutaciones.

Cuando un organismo se expone a la radiación ionizante en dosis bajas, el efecto sobre la forma celular o del ADN es mínimo, mientras que, en dosis altas, el genoma sufre más de un impacto y puede motivar la muerte. Por este motivo, el primer paso para desencadenar una mutagénesis efectiva con la radiación ionizante es decidir la dosis de radiación más efectiva a través de curvas de radiosensibilidad en variables especiales. En las semillas, la dosis letal sugerida se proporciona con la conciencia de la radiación absorbida, en la que se adquiere una supervivencia del cincuenta por ciento de la germinación de la población descubierta, lo que indica que durante esta cuota hay una

mejor frecuencia de mutaciones útiles para las aplicaciones de mejora genética (Basigalup y Odorizzi 2017).

Al-Khatid *et al* (2018) expresan que, a través de la radiación gamma en especies vegetales exclusivas, el RRS puede decidirse como punto de partida para la mejora genética. Por otro lado, varios estudios mencionan que otro parámetro con excesiva posibilidad de localizar mutaciones efectivas es el punto bajo la curva en el que el auge o desarrollo móvil se reduce al 50% (GR50). En este sentido, tanto DL50 como GR50 son parámetros conocidos como RRS potentes para llevar a cabo la mutagénesis desencadenada. En ambos casos se refiere que con dosis de radiación gamma inferiores al 50% de la curva, la modificación dentro de la estructura del genoma es mínima o de bajo efecto. Por el contrario, si la radiación supera el común de la curva, la forma de la célula o el ADN sufre un mayor efecto en función del aumento de la dosis.

Las técnicas *in vitro* se utilizan en aplicaciones de producción y ofrecen ventajas para la adquisición de mutaciones. En estos paquetes, las células o tejidos meristemáticos y las células mitóticamente vivas pueden propagarse bajo situaciones *in vitro*, estableciendo cadenas proliferativas, lo que significa que las microcadenas axilares formadas por la forma de vida de las células meristemáticas o yemas se subdividen en porciones apicales y segmentos nodales que sirven como explantes secundarios para su posterior propagación, lo que permite reunir una cantidad suficiente de tejido que puede ser sometido a remedios mutagénicos (Basigalup *et al.*, 2016).

La inducción de mutantes mediante el uso de radiaciones ionizantes se propone ampliamente para el desarrollo de plantas eficaces. Esta radiación produce cambios estructurales, fenotípicos y de comportamiento en las células, los tejidos, los órganos y la flora completa. Estas mutaciones permiten la ampliación de la variabilidad genética y facilitan la selección de plantas con rasgos mejorados, que pueden favorecer la producción de la culminación con mayor aceptación (Basigalup *et al.*, 2016).

Los patrones de aumento y productividad de las plantas pueden ser modificados sin dificultad por agentes mutagénicos. Además de la invención de los rayos X y el uso de la radiación ionizante junto con los rayos gamma y los neutrones, se establecieron metodologías para desencadenar variaciones beneficiosas para la mejora de los cultivos (Cuesta *et al.*, 2018).

1.5.2. Aplicación de rayos gamma en forrajes

En el caso concreto del pasto rosado, no hay estudios reconocidos para inducir la mutagénesis con radiación gamma, lo que podría ser una alternativa para mejorar los atributos que mejoran su precio dietético, el control de la erosión del suelo y el control de la dispersión. Por lo tanto, el objetivo era determinar la dosis de radiación gamma más adecuada para desencadenar mutaciones efectivas en pasto rosado con la ayuda de DL50 y GR50. La dosis de radiación más adecuada de la hierba rosácea se determinó en 304 Gy, basándose principalmente en las curvas de radiosensibilidad en ocho variables a través de la radiación gamma con Co60 dentro de la semilla. Los efectos de esta mirada abogan por una variedad de radiación en la semilla de esta especie para buscar mutaciones efectivas (Bonafede *et al.*, 2018).

En un ensayo realizado por Burkart (2015) se constató que la dosis de radiación de cien Gy recibió el mayor porcentaje de viabilidad de yemas, enraizamiento de microtallos, gran variedad de hojas en consonancia con el explante, duración de tallos, porcentaje de endurecimiento y cromosomas rezagados en *Physalis peruviana*.

El mismo autor señala que las dosis de radiación entre 100 y 200 Gy son adecuadas para su evaluación en futuros estudios, si se tiene en cuenta que a medida que aumenta la radiación, se incrementa la frecuencia de los cambios de regalo en las células expuestas y disminuye la viabilidad, el enraizamiento, la variedad de hojas en consonancia con el explante, el periodo de tallos y el endurecimiento de las plántulas regeneradas de *Physalis peruviana*.

Los resultados preliminares de la utilización de rayos gamma de 60co en *Teramnus labialis*, confirmaron que la germinación en todos los tratamientos es

muy baja; estos resultados podrían ser provocados por la latencia de las semillas de esta especie debido a la dureza del acolchado, lo que hace necesaria su escarificación en agua caliente a 80°C en el transcurso de 2 minutos (Diwan *et al.*, 2017).

Downes (2016) evidencio que las radiaciones ionizantes actúan sobre los métodos que incluyen la germinación, el auge y la mejora de las plantas, estimulándolos o disminuyéndolos en función de las dosis y los rasgos biológicos del material utilizado. La germinación es similar en las dosis de 600 y 900 Gy, pero no en la dosis de 800 Gy, en la que se obtuvo un mayor número de plántulas; además del efecto radiactivo, la propia capacidad de germinación de las semillas en cada tratamiento tenía una potencia. No fue posible evaluar la radiosensibilidad de la planta, debido a que en la manipulación la germinación se convirtió en el mejor 25,3%, lo que constituyó el primer problema para el uso de la radiación ionizante en esta especie.

Gómez (2021) explica que, en la investigación ejecutada en el mejoramiento genético de Janeiro en la Universidad Técnica de Babahoyo, determinaron el DL50 con el uso de rayos gamma a 52 Gy, en el que se busca la variabilidad genética del pasto.

En el proyecto “Variabilidad de alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales mediante mutagénesis inducida” en proceso de ejecución desarrollado en la facultad de Ciencias Agropecuarias ha podido evidenciar el comportamiento de la germinación en las dos modalidades de siembra (papel periódico y edáfico) y sus respectivos análisis de correlación con la temperatura en las que estuvieron sometidas.

Ríos *et al* (2017) recalcan a través de la investigación referida al comportamiento eficiente y gran de los pastos híbridos *Urochloa* y estrella irradiados con rayos gamma pastoreados con ganado, a los 28 días adquirieron un mejor rendimiento de los híbridos *Urochloa* en comparación con el pasto estrella, independientemente de la frecuencia y la profundidad de pastoreo. También observaron que la frecuencia de pastoreo afectaba al rendimiento del forraje en algún momento de la duración experimental ($p < 0,05$),

independientemente del genotipo y de la profundidad de pastoreo, creciendo el lenguaje de programación c entre el pastoreo ampliaba el rendimiento del forraje.

A través de la investigación realizada por Hasang *et al* (2020) referente a las duraciones de corte del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) M2 irradiado con rayos gamma, se indica que el período de ramificación registró una mediana de 163,70 cm a los ciento diez días; la duración común de la hoja de 22,80 cm a los 80 días; el ancho promedio de la hoja de 1,84 cm a los noventa días; el diámetro del tallo de 0,58 cm a los 90 días; amplia variedad de hojas en el paso con el promedio del departamento de 12,40 a los 110 días y la variedad de macollos en línea con la media de la planta de 47,25 a los ciento diez días en la evaluación a las pinturas existentes donde la duración media del departamento se convirtió en 194 cm a los 40 días después del corte de igualación y el período de la hoja recibió un precio medio de 30,76 cm.

En el estudio realizado por Cadena (2019) referente a Phenological improvement of janeiro grass irradiated with gamma rays, se demostró que no había diferencias considerables entre los tratamientos con rayos gamma (Cv OM-22 y Cv CT-169) en: altura, variedad de tallos, variedad de macollos, rango de hojas y periodo foliar.

Las radiaciones ionizantes producen resultados de estimulación y mutagénesis en el tejido biológico. Se ha validado que actúan sobre una de las tácticas fisiológicas, junto con la germinación, el crecimiento y el desarrollo de la vida vegetal, acelerando o retardando en el paso con el grado de absorción de energía, la composición química de la tela de la planta y el tipo de fuerza, entre diferentes elementos físico-químicos-biológicos (Gómez *et al.*, 2020).

El autor anterior manifiesta que cuando el material residente es sometido a bajas dosis de radiación ionizante, esto provoca un estímulo en algunos índices fisiológicos, y muchos autores abogan por el pico de la planta como el índice que muestra satisfactoriamente este efecto.

La radiación puede provocar inestabilidad genómica en las células, que se transmite a su progenie a través de generaciones de replicación móvil con resultados genéticos en las siguientes generaciones junto con mutaciones y aberraciones cromosómicas. En este sentido, se han realizado investigaciones citogenéticas centradas en la caracterización cariotípica y la inducción de modificaciones cromosómicas numéricas en *P. peruviana* y otras especies (Gómez 2021).

Los resultados de la post-irradiación, como un hecho del estudio de la radiosensibilidad, son una de las formas de decidir la dosis que ejerce un estímulo extra en el pico de la planta. En las especies arbóreas de afición para los animales de granja, estas investigaciones son de exquisita importancia, teniendo en cuenta que el auge dentro de las primeras etapas es lento y esto normalmente retrasa la explotación de los sistemas silvopastorales (Cadena 2019).

En la investigación realizada por Rodríguez (2016) sobre la estimulación del crecimiento de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con rayos gamma de Cobalto 60, se concluye que las dosis de radiaciones gamma de [sup.60]Co en el interior de las semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham motivan una estimulación del auge de la parte radical de las plantas, además de su componente aéreo, y que la profundidad del estímulo es mayor acentuada en el interior de estas últimas, que de vez en cuando es mejor que el 23% con respecto al control. Las dosis de estimulación más finas para cada índice fisiológico se sitúan entre los ciento cincuenta y los ciento ochenta Gy.

La radiación gamma para la inducción de la mutagénesis en el pasto carmesí (*Melinis repens*), expresa que, a través del crecimiento de la dosis de radiación gamma, los efectos se han manifestado con una disminución dentro del %GE. La DL50 de esta variable coincide con las consecuencias de la gente que, en un ensayo de germinación de semilla de judía de palo (*Cajanus cajan*), leguminosa utilizada para la ingesta humana que fue irradiada con Co60, situó la DL50 en 250 Gy en un ensayo que duró 15 días (Huerta 2017).

Fuchs *et al* (2017) expresan que con la aplicación de otros recursos de radiación, incluidos los rayos ultravioletas de onda rápida (UV-C) y los rayos X (RX), se intentó encontrar la DL50 en %GE para el trigo (*Triticum aestivum*), el girasol (*Helianthus annuus*), la soja (*Glycine max*) y el pasto buffel (*Pennisetum ciliare*), con dosis entre cero Gy y 800 Gy, pero, la germinación de semillas en estas especies no se vio afectada.

Guzmán *et al* (2017) manifiestan que algunas investigaciones recomiendan que la DL50 es el primer paso en el cultivo de plantas mediante mutagénesis, porque determina la única variedad de mutaciones. Esto puede ser un indicador para que las semillas ortodoxas con rasgos comparables a estas especies sean consideradas para este rango de radiación gamma Co60.

Ríos *et al* (2017) señala que a medida que la profundidad de la radiación gamma se multiplica en las semillas de pasto rosado, el CCI se reduce a partir de los 200 Gy. Aun así, 350 Gy no son suficientes para encontrar la DL50.

Brown *et al* (2017) mediante un ensayo irradiaron semillas de pasto de rhodas (*Chloris gayana*) con Co60 en dosis de 0 Gy a 900 Gy y afirmaron que, con el aumento de la intensidad de los rayos gamma, se ampliaba la variedad de mutaciones en el espectro de la clorofila.

Los mismos autores señalan que al considerar las curvas de valores de cada una de las variables que determinaron DL50 y GR50, el resultado en el método de la media ponderada muestra 304 Gy de radiación gamma como la mejor dosis para inducir mutaciones efectivas en el pasto rhodas. Vale la pena citar que, a pesar de que las dosis de cien Gy y ciento cincuenta Gy confirmaron un crecimiento en las características positivas, esto no significa que la expresión dentro de la primera generación de mutantes (M1) del pasto rojo sean las que estamos buscando. Por ejemplo, para la utilización del forraje a través de los animales de granja o del mundo natural, el aumento de la biomasa aérea del pasto rosado será un rasgo no deseado si la dependencia seca (DM) tiene un alto contenido de lignina. Una de las principales razones de la propagación de las especies invasoras es que no tienen suficientes depredadores.

Dentro del efecto de la radiación gamma sobre el prendimiento, mortalidad y longitud, esta evidenciado por resultados que indican que el crecimiento del callo en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es afectado por el incremento de la dosis de radiación, ya que el mayor crecimiento de callos se presentó con una dosis de 10 Gy, aunque fue significativamente menor que el de los callos no irradiados, y el crecimiento se redujo más a medida que aumentó la dosis de radiación hasta los 30 Gy (Songsri *et al.*, 2016).

En resultados obtenidos para el carácter sobrevivencia en explanes de crisantemos de tres centímetros de largo irradiados con diferentes dosis de rayos gamma evaluados a los 7, 14, 21 y 28 días, se observaron que a los 7 días después de la siembra, la dosis 1,5 Krad (15 Gy) y el testigo sin irradiar presentaron el mayor porcentaje de sobrevivencia (Terán 2016).

En un estudio realizado titulado "Desarrollo fenológico del pasto janeiro irradiado con rayos gamma" demostró que la longitud de la rama registro un promedio de 163,74 cm a los 110 días; longitud de hoja promedio de 22,80 cm a los 80 días; ancho de hoja promedio de 1,84 cm a los 90 días; diámetro de tallo de 0,58 cm a los 90 días; número de hojas por rama promedio de 12,40 a los 110 días y número de macollas por planta promedio de 47,25 a los 110 días (Ramchander 2015).

Mediante un ensayo en aplicación de rayos gamma en pasto janeiro realizado por Gómez *et al* (2020) señala que las dosis de radiación absorbidas tuvieron efecto directo en el establecimiento de los estolones y en la altura de las plantas, pues ambas variables presentaron altos índices de reducción con dosis superiores a 75 Gy. La DL50 se ubicó entre 42 y 52 Gy.

En un estudio con irradiación en vitro plántulas de *Agave tequilana* var. Azul ejecutado por Ángeles (2015), señala que las dosis de radiación absorbidas tuvieron efecto directo en el desarrollo de las plántulas y en el desarrollo de callo, pues ambas variables presentaron altos índices de reducción con dosis superiores a 30 Gy. La DL50 se ubicó entre 20 y 25 Gy

para la inducción de brotes adventicios y altura de plántula, y de 15 a 25 Gy para callo.

1.5.3. Uso de la alfalfa en las dietas de los rumiantes

La capacidad productiva y excepcional de las especies forrajeras es el resultado de su variación a las situaciones climáticas de cada ecorregión, el control y la fertilización (ALVIM). Por lo tanto, es necesario tener en cuenta la reducida excepcionalidad dietética de los pastos, especialmente debido a un manejo deficiente de los mismos, relacionado con el tiempo de uso y descanso, la renovación de los pastos y, al mismo tiempo, el establecimiento de pastos con especies escalonadas (Collino *et al.*, 2018).

Los rumiantes tienen un plan de alimentación variada; el pasto es la base esencial de su plan de alimentación, pero no cubre las necesidades nutricionales para su mantenimiento y productividad, por lo que es fundamental reconocer las nuevas opciones de alimentación y sus niveles de uso. Los aditivos clave dentro de la productividad de un sistema de pastoreo son la cantidad de materia seca (MS) producida por unidad de emplazamiento, su potencia y contenido de proteína digerible (Collino *et al.*, 2018).

Las leguminosas crecen la ingesta voluntaria y mejoran la función del rumen. La alfalfa (*Medicago sativa*) es el principal forraje para la producción de leche en todo el mundo; entre los forrajes cultivados, las leguminosas del género *Medicago* son las más utilizadas. La alfalfa, por su alto rendimiento y contenido en proteínas, vitaminas, minerales (especialmente calcio) y porcentaje de fibra, es de gran calidad para la producción de leche; además, ayuda a mejorar el suelo por su potencial de restauración del nitrógeno atmosférico en asociación (Downes 2016).

El rendimiento y la dieta excepcional del forraje define, a un volumen de primera clase, la reacción de los animales, el suelo debe regalar una buena incorporación suficiente de número de cuenta natural y vitaminas que permiten un procedimiento de producción eficiente. Tradicionalmente, se ha utilizado la fertilización química para ofrecer nitrógeno, fósforo y potasio, que tiene un

efecto de tiempo rápido y puede tener un efecto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, ya que el uso excesivo de este detalle aumentará las técnicas degradativas debido al descuento de la fracción orgánica y desequilibra el ciclo mundial de nitrógeno y fósforo (Huerta 2017).

1.5.3.1. Composición nutricional de la alfalfa

Según Enrico y Pasquele (2017) mencionan que 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*):

Tabla 1. Fuente: Valores nutricionales Adaptado de: Enrico y Pasquele (2017).

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 2. Fuente: Contenido proteico y valor energético de la alfalfa deshidratada Adaptado de: Huerta (2017).

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

1.5.4. Mejora genética de la alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una especie multiforme con una magnífica mutabilidad genética que tiene la capacidad de ajustarse a diversas situaciones edafoclimáticas. La herencia en la alfalfa es compleja en gran parte debido a la naturaleza autotetraploide de la meiosis; esta especie produce un gameto diploide ($2n= 32$), una característica genética que influye profundamente en su conducta fenotípica. La alfalfa es una especie alógama que depende de los insectos para la polinización y produce algunas plantas autoestériles o autoincompatibles y, en menor medida, flores que producen polen y óvulos estériles (Pece y Cangiano 2019).

En la actualidad, existen diversas estrategias para el desarrollo genético de pastos y forrajes; los motivos de este interés son más de uno, ya sea para el auge de la producción, la resistencia a plagas y enfermedades, el mayor rendimiento reductor, la adaptabilidad, entre otros.

1.5.5. Mutagénicos

En las plantas forrajeras se han utilizado especialmente las siguientes técnicas: hibridación interespecífica e intergenérica, poliploidización, mutagénesis y transgénesis (Capacho *et al.*, 2018).

Durante la evolución de los pastos, debido al interés en el uso y la generación de los mejores tipos de élite, la gama genética se ha extraviado. Debido a esta erosión genética, han surgido formas excepcionales de inducir mutaciones y aumentar artificialmente la variabilidad, que incluyen la inducción de mutaciones físicas, químicas y de colocación. Entre las físicas se encuentra el uso de radiaciones, que pueden ser ultravioletas (UV) e ionizantes: Rayos X y gamma, restos alfa y beta, protones y neutrones, que actúan especialmente rompiendo el ADN nuclear, lo que motiva que se produzcan nuevas mutaciones aleatorias y heredables dentro del procedimiento de reparación. También pueden producirse cambios en los orgánulos citoplasmáticos (Palacios 2017).

De los mutágenos corporales mencionados, el máximo utilizado son los rayos gamma, que tienen una longitud de onda más corta que los rayos X, lo que les confiere una mayor potencia por fotón. Pueden adquirirse a partir de

radioisótopos, siendo los principales activos de los rayos gamma los isótopos Co60 y Cs137 (Palacios 2017).

La aplicación de los rayos gamma genera radicales libres, que pueden dañar o alterar componentes celulares exclusivos de las plantas de pastos, generando igualmente cambios dentro de la morfología, anatomía, bioquímica y estructura corporal (García 2019).

En cuanto al uso de mutaciones en el desarrollo genético, el objetivo es mejorar las variedades mediante la alteración de uno o más rasgos principales. Éstos pueden ser: la cima de la planta, la resistencia de la semilla a la rotura, la resistencia a las enfermedades, entre otros, que ayudan a los rendimientos de crecimiento o proporcionan un precio añadido a los pastos y forrajes (García 2019).

Para obtener la dosis óptima de aplicación de la radiación para la mejora genética, es necesario estimar la dosis media letal, donde se busca la dosis que produce el 50% de mortalidad de las plántulas de los explantes irradiados. Las cargas de mutación suelen ser muy bajas. Además, existen metodologías para lograr los puntos ideales de irradiación a través de la dosimetría orgánica y la estimación de la dosis reductora (GR50) o el uso de estrategias de inducción de mutagénesis, que pretenden aumentar el rendimiento y la flexibilidad, buscando una modificación de los genes cuantitativos a la irradiación recurrente a través de irradiaciones recurrentes, que producen acumulación de variabilidad, pensando en que las poblaciones no se deterioren genéticamente dentro de la técnica (Hasang *et al.*, 2020).

Cadena (2019) expresa que en varios estudios se ha comprobado que, con la aplicación del mejoramiento genético en pastos y forrajes, se han llevado a cabo varias estrategias para adquirir el objetivo y por lo tanto adquirir plantas con rasgos superiores. Una de las técnicas es la inducción de la mutagénesis como una opción posible, y teniendo como consecuencias informes de su eficacia con el propósito preferido, al igual que conseguir plantas con un vigor de alta calidad.

1.5.6. Comportamiento de la alfalfa en condiciones tropicales para la alimentación de rumiantes

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el máximo cultivo forrajero perenne, por su producción, excepcionalidad forrajera y versión a ambientes exclusivos. La gran variedad de ambientes y cultivares en los que se cultiva determina las sorprendentes variaciones en su producción (Predieri 2018).

En algunas zonas, se utilizan cultivares de pastos intermedios y no de descanso, y como en todos los ambientes, las variaciones estacionales e interanuales de la producción se reducen con los cambios de temperatura, radiación solar y precipitaciones. La producción total de biomasa es una característica de la radiación solar fotosintéticamente activa incidente (PAR_{inc}), la eficiencia con la que el cultivo de alfalfa la intercepta y el rendimiento con el que la planta aprovecha la energía interceptada (EUR) para transformarla en materia seca (Álvarez 2018).

Álvarez *et al* (2018) señalan que el rendimiento de intercepción como la radiación foliar interceptada (RFA_{int}) tienen una relación directa con el Índice de Área Foliar. No toda la radiación incidente en el transcurso de los sucesivos flushes es utilizada por el cultivo de alfalfa, debido a que en los primeros intervalos de incremento las plantas carecen de suficiente localización foliar para interceptarla

Dentro del aumento de los cultivos perennes, entre los que se encuentra la alfalfa, es mucho más complejo que el de la vegetación anual, ya que la biomasa producida no depende sólo de la radiación solar interceptada por el follaje, sino también de la removilización de las reservas acumuladas en los brotes anteriores. Por este motivo, se ha descubierto una amplia gama de valores de energía interceptada que van de 0,3 a 1,9 gMJ⁻¹ (Martin *et al.*, 2017).

Corrales *et al* (2019) realizaron un estudio en dos variedades de alfalfa, en la cual se localizó una disminución de energía interceptada de 0,9 gMJ⁻¹ en verano a 0,55 gMJ⁻¹ en invierno, estimando que la conexión entre la energía interceptada y temperatura es lineal, detectando un aumento de 0,091 gMJ⁻¹ por cada unidad de crecimiento en la temperatura. Se verifica que las eficiencias de disminución podrían ser afectadas por la baja temperatura y con la ayuda de la movilización de fotoasimilados desde las hojas hacia los órganos

de reserva. En este sentido, midieron un desarrollo de energía interceptada de 0,37 a al menos 1,02 gMJ-1 con un auge de 5° en la temperatura de la época de verano.

Claro et al (2017) expresa que la latencia invernal de la alfalfa es un rasgo genético que responde a un fotoperiodo reducido y a temperaturas estivales e invernales ocasionales.

Cortez (2017) manifiestan que, para ciertos tipos de alfalfa, se han localizado valores de energía interceptada (EUR) que van de 1,1 a 1,97 gMJ-1. Basándose en los EUR, se definió que la temperatura óptima para el incremento de la alfalfa se sitúa entre 21°C y 26°C, y que se requiere un tiempo térmico de 580°C para alcanzar el instante de uso.

Bazán et al (2017) señala que en época de verano ciertos cultivares de alfalfa han sido más eficientes en el uso de la radiación con un gasto de 1,60 gMJ-1, mientras que en invierno la eficiencia llegó a ser de 0,7 gMJ-1. Por otra parte, en la temporada de verano y en la de invierno, se encontraron valores similares de 1,28-1,30 gMJ-1.

1.6. Hipótesis

Ho= La utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) no influye en el comportamiento de la planta y no se adapta a las condiciones tropicales.

Ha= La utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) influye en el comportamiento de la planta y se adapta a las condiciones tropicales.

1.7. Metodología de la investigación

El presente trabajo es una investigación documental, que se realizó por el método inductivo-deductivo, documental bibliográfico, información obtenida de los dspace de las universidades, artículos científicos, revistas indexadas y otros espacios de consulta bibliográfica. Así como del proyecto de investigación “Variabilidad de Alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales mediante mutagénesis inducida” aprobado por la Universidad Técnica de Babahoyo.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La presente investigación bibliográfica trato de revisar la información referente a la utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales para la alimentación de rumiantes.

2.2. Situaciones detectadas (Hallazgo)

La alfalfa (*Medicago sativa*) es el principal forraje para la producción de leche en todo el mundo; entre los forrajes cultivados, las leguminosas del género *Medicago* son las más utilizadas. La alfalfa, por su alto rendimiento y contenido en proteínas, vitaminas, minerales (especialmente calcio) y porcentaje de fibra, es de gran calidad para la producción de leche; además, ayuda a mejorar el suelo por su potencial de restauración del nitrógeno atmosférico en asociación.

El uso de la radiación gamma permite producir variabilidad intraespecífica y averiguar la variedad de radiosensibilidad (RRS) para la mejora de los pastos mediante mutagénesis.

En la siguiente tabla y gráfica se puede apreciar la correlación negativa fuerte entre las plantas germinadas en tierra de alfalfa nacional y alfalfa Granada Mejorada con un coeficiente de correlación de Pearson de -0,86 y -0,92 respectivamente, lo que demuestra que entre menor sea la temperatura mayor será el porcentaje de germinación.

Tabla 3. Prueba de germinación edáfico.

PRUEBA DE GERMINACIÓN EDÁFICO			
EVALUACIONES	TEMPERATURA	ALFALFA NACIONAL	GRANADA MEJORADA
		PLANTAS GERMINADAS	PLANTAS GERMINADAS
27/01/2021	27.5	9	4
28/01/2021	28.5	7	3
29/01/2021	29	4	2
30/01/2021	30.5	4	1
31/01/2021	26	12	10
01/02/2021	27.5	9	7
02/02/2021	28.5	3	3
Promedio temperatura	28.21	48	30
Correlación de Pearson		-0.86	-0.92

Gráfico 1: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Nacional germinadas

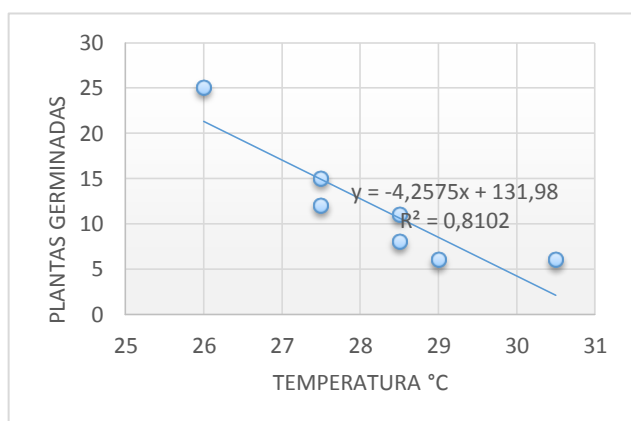
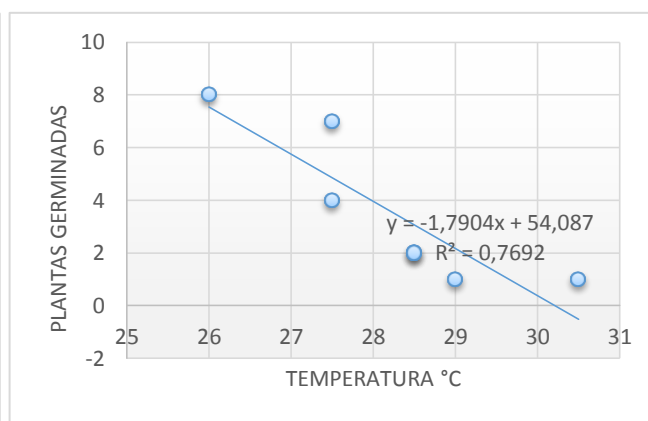


Gráfico 2: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Granada Mejorada



En la otra modalidad de siembra, es decir, en papel periódico. La correlación fue negativa fuerte entre las plantas germinadas de alfalfa Nacional y alfalfa

Granada Mejorada con un coeficiente de correlación de Pearson de -0,90 y -0,88 respectivamente, lo que demuestra que entre menor sea la temperatura mayor será el porcentaje de germinación.

Tabla 4. Prueba de germinación periódico

PRUEBA DE GERMINACIÓN EN PAPEL PERIÓDICO			
EVALUACIONES	TEMPERATURA	ALFALFA NACIONAL	GRANADA MEJORADA
		PLANTAS GERMINADAS	PLANTAS GERMINADAS
27/01/2021	27.5	12	7
28/01/2021	28.5	11	2
29/01/2021	29	6	1
30/01/2021	30.5	6	1
31/01/2021	26	25	8
01/02/2021	27.5	15	4
02/02/2021	28.5	8	2
Promedio temperatura	28.21	83	25
Correlación de Pearson		-0.90	-0.88

Gráfico 3: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Nacional germinadas

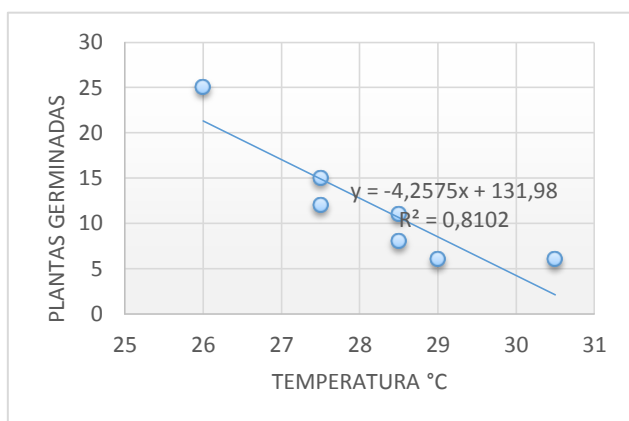
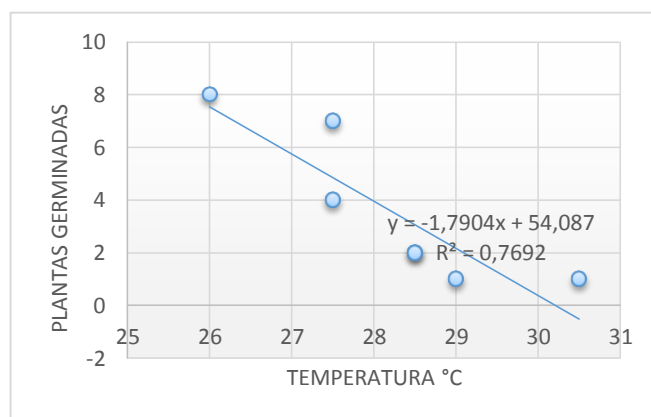


Gráfico 4: Correlación entre la temperatura y plantas de alfalfa Granada Mejorada germinadas



En cuanto al comportamiento agronómico de los tipos de alfalfa en estudio se puede evidenciar una ligera diferencia entre la alfalfa nacional y la granada mejorada tal como lo muestra las siguientes tablas.

Tabla 5. Comportamiento agronómico de alfalfa Nacional

TIPOS DE ALFALFA	MUTÁGENO FÍSICO	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	PROMEDIO DE DIAMETRO (cm)	PROMEDIO DE RAMAS (cm)	PROMEDIO DE HOJAS (cm)
NACIONAL	0 GY	24.78	0.13	9.77	21.4
NACIONAL	100 GY	27.43	0.17	9.70	29.2
NACIONAL	150 GY	24.67	0.22	9.00	27
NACIONAL	200 GY	23.13	0.21	8.53	25.6
NACIONAL	250 GY	20.8	0.11	8.13	24.4
NACIONAL	300 GY	20.13	0.27	8.07	17.49

Gráfico 5: Mutágeno físico en alfalfa Nacional

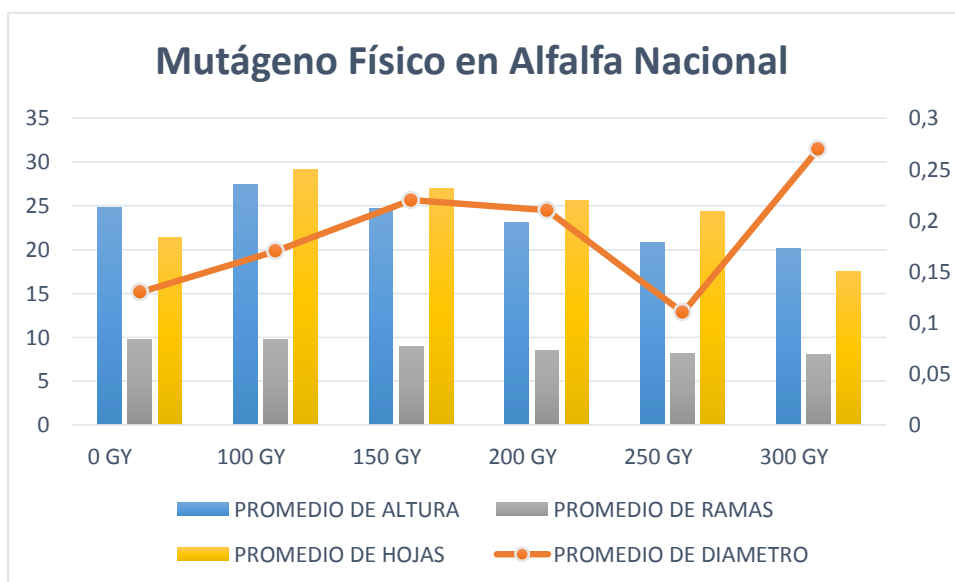
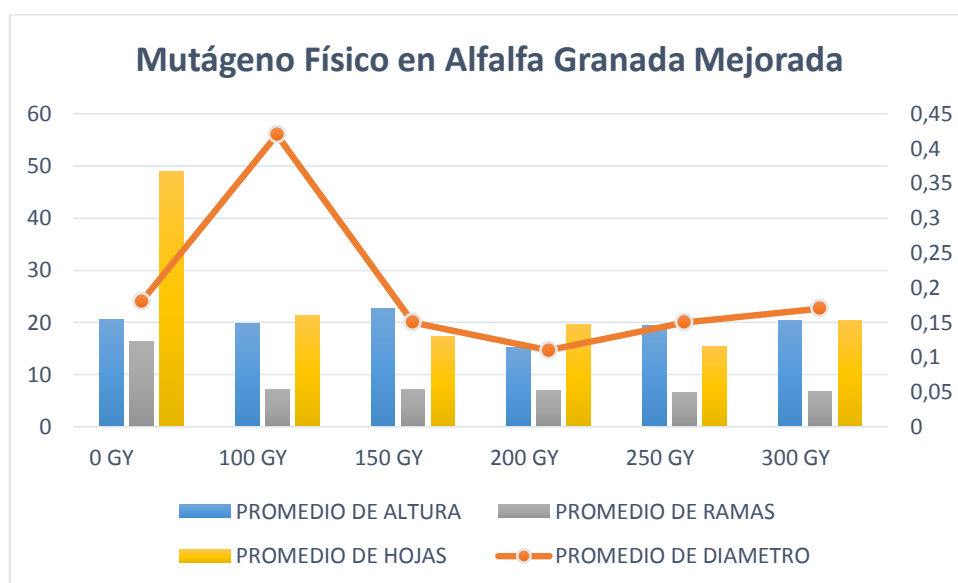


Tabla 6. Comportamiento agronómico de alfalfa Granada Mejorada

TIPOS DE ALFALFA	MUTÁGENO FÍSICO	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	PROMEDIO DE DIAMETRO (cm)	PROMEDIO DE RAMAS (cm)	PROMEDIO DE HOJAS (cm)
GRANADAMEJORADA	0 GY	20.47	0.18	16.27	48.8
GRANADA MEJORADA	100 GY	19.71	0.42	7.13	21.4
GRANADA MEJORADA	150 GY	22.57	0.15	7.17	17.23
GRANADA MEJORADA	200 GY	15.11	0.11	7.01	19.6
GRANADA MEJORADA	250 GY	19.43	0.15	6.62	15.42
GRANADA MEJORADA	300 GY	20.43	0.17	6.8	20.4

Gráfico 6: Mutágeno físico en alfalfa Granada Mejorada



2.3. Soluciones planteadas

Establecer la utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) para mejorar su adaptabilidad en condiciones tropicales, ya que, al ser una leguminosa con excelentes valores nutricionales, debe ser utilizada para la alimentación de rumiantes, cumpliendo con los requerimientos nutricionales.

2.4. Conclusiones

La alfalfa es una especie forrajera compleja, ya que la biomasa producida no depende sólo de la radiación solar interceptada por el follaje, sino también de la removilización de las reservas acumuladas en los brotes anteriores. Por este motivo, se ha descubierto una amplia gama de valores de energía interceptada (EUR), que van de 0,3 a 1,9 gMJ-1

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el máximo cultivo forrajero perenne, por su producción, excepcionalidad forrajera y versión a ambientes exclusivos. La gran variedad de ambientes y cultivares en los que se cultiva determina las sorprendentes variaciones en su producción.

La aplicación de los rayos gamma genera radicales libres, que pueden dañar o alterar componentes celulares exclusivos de las plantas de pastos, generando igualmente cambios dentro de la morfología, anatomía, bioquímica y estructura corporal.

Dentro del poder germinativo de plantas de alfalfa Nacional y alfalfa Granada Mejorada presentan el mismo comportamiento sembradas en suelo y papel periódico, la cual relacionada que entre menor sea la temperatura mayor será el porcentaje de germinación.

El comportamiento agronómico de la alfalfa Granada Mejorada es superior que la alfalfa Nacional en el tratamiento testigo mientras que, en el tratamiento con mutagénicos en cuanto a germinación y comportamiento agronómico, mejores resultados tiene la alfalfa Nacional.

2.5. Recomendaciones

Incentivar al productor pecuario el uso de la alfalfa como forraje verde para los rumiantes, como suplemento proteico, con la finalidad de lograr una excelente producción lechera y cárnica.

Realizar investigaciones más específicas sobre la utilización de rayos gamma en alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales para la alimentación de rumiantes en comparación con especies de pastos sin ningún tratamiento con rayos gamma.

Evidenciar las mejores características agronómicas de cultivares de pastos mejorados para ser utilizados en la alimentación de los rumiantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Khatib, M., Mcneilly, T., Collins, L. 2018. The potential of selection and breeding for improved salt tolerance in lucerne (*Medicago sativa* L.). *Euphytica* 65: 43-51.
- Álvarez, A., Morales, C., Avendaño, H., Santellano, E., Melgoza, M., Burrola, R., Corrales, L. 2018. Dosis letal media y reducción media del

- crecimiento por radiación gamma en pasto africano (*Eragrostis lehmanniana* Ness). *Ecosistemas Recursos Agropecuarios* 5:1-12.
- Álvarez, H. 2018. Inducción de variabilidad mediante irradiación gamma en pasto africano (*Eragrostis lehmanniana*) y garrapata (*Eragrostis superba*). Tesis PhD. México. UAC. 138 p.
- Ángeles, L. 2015. Determinación de la dosis letal (DL50) con Co60 en vitroplántulas de *Agave tequilana* var. Azul. *Revista fitotecnia mexicana* 36(4): 381-386.
- Basigalup, D., Barnes, D., Stucker, R. 2016. Development of a core collection for perennial Medicago Plant Introductions. *Crop Sci* 35 (4): 1163-1168.
- Basigalup, D., Odorizzi, A. 2017. Mejoramiento genético de la alfalfa. *Producción Animal* 15(8): 28-38.
- Bazán, V., Yamada, G., Coronado, L., Fuentes, N. 2017. Comportamiento Productivo de la Alfalfa (*Medicago sativa*) de la Variedad Caravelí Sometida al Pastoreo en el Valle de Huaral. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 28(3): 743-749.
- Bonafede, M., Ríos, C., Robredo, C., Basigalup, D. 2018. Utilización de marcadores RAPDs en alfalfa (*Medicago sativa* L.). IV Simposio Nacional de Biotecnología Vegetal, REDBIO Argentina. Buenos Aires, Argentina, p. 60.
- Brown, H., Moot, D., Teixeira, E. 2017. Radiation use efficiency and biomass partitioning of lucerne (*Medicago sativa*) in a temperate climate. *European journal of Agronomy* 56(4): 319- 390.
- Burkart, A. 2015. Adelantos recientes en las técnicas de mejoramiento genético de alfalfa. *Anales Académica Ciencias Exactas* 12: 39-57.
- Cadena, S. 2019. Caracterización morfológica de pasto janeiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a dosis media letal de rayos gamma (52 Gy) en el cantón Babahoyo. Tesis Ing. Agr. Babahoyo, Ecuador. 54 p.
- Capacho, A., Flores, D., Hoyos, J. 2018. Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. *Ciencia y Agricultura* 15(1): 61-67.
- Caro, D., Estupiñán, S., Rache, L., Pacheco, C. 2017. Efecto de rayos gamma sobre yemas vegetativas de *Physalis peruviana* L. *Acta Agronómica* 61(4): 1-10.

- Cepero, L., Mesa, G., Prieto, M. 2017. Estimulación del crecimiento de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con rayos gamma de Cobalto 60. *Gale Academic Onefile* 23(3): 1-12.
- Collino, D., Dardanelli, L., De Luca, M., Racca, W. 2018. Temperature and water availability effects on radiation and water use efficiencies in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Exp. Agricola* 45: 383-390.
- Corrales, R., Avendaño, C., Morales, C., Santellano, E., Villareal, F., Melgoza, A., Álvarez, A., Gómez, Y. 2019. Radiación gamma para inducción de mutagénesis en pasto rosado (*Melinis repens* (Willd.) Zizka). *Acta Universitaria* 29(3): 1-10.
- Corrales, R., Avendaño, C., Morales, C., Santellano, E., Villarreal, F., Melgoza, A., Álvarez, A., Gómez, Y. 2019. Radiación gamma para inducción de mutagénesis en pasto rosado (*Melinis repens* (Willd.) Zizka). *Acta Universitaria* 29(10): 1-10.
- Cortez, C. 2017. Estimación de dosis letal 50 en dos explantes de *Alstroemeria* spp irradiados con rayos gamma. Tesis Ing. Agr. Chile. UC. 33 p.
- Cuesta, P., Sánchez, L., Albarracín, O. 2018. Nuevas alternativas forrajeras para mejorar la competitividad de los sistemas de producción de leche. CORCOPIA. 14 p.
- Diwan, N., Bhagwat, A., Bauchan, G., Cregan, B. 2017. Simple sequence repeat DNA markers in alfalfa and perennial and annual *Medicago* species. *Genome* 40: 887-895.
- Downes, R. 2016. Lucerne, *Medicago sativa*, 'Salado'. *Planta Varietal* 13(1): 52-53.
- Enrico, C., Pasquele, S. 2017. Pig slurry applications to alfalfa: productivity, solar radiation utilization, N and P removal. *Field Crops Research* 95(2-3): 135-155.
- Fuchs, M., González, V., Castroni, S., Díaz, E., Castro, L. 2017. Efecto de la radiación gamma sobre la diferenciación de plantas de caña de azúcar a partir de callos. *Agronomía Tropical* 52(3): 55-69.
- García, D. 2019. Producción y características agronómicas de estolones/m² resultantes de pasto janeiro (*Erioclhoa polystachya*) irradiado a 52Gy de rayo gamma, en el cantón Babahoyo. Tesis Ing. Agr. Babahoyo, Ecuador. 66 p.

- Gómez, J. 2021. Generación de variabilidad genética en pasto janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma. Tesis PhD. Lima, Perú. UNALM. 138 p.
- Gómez, J., Aguirre, L., Gómez, L., Reyes, W., Rodríguez, J., Arana, L. 2020. Dosis letal media para inducir mutaciones, con rayos gamma, en pasto janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth). Revista de Producción Animal 32(1): 1-10.
- Gómez, J., Salinas, C., Tierra, F., Rodríguez, J. 2020. Intervalos de corte de pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) M2 irradiado con rayos gamma. Journal Of Science And Research 5(2): 1-13.
- Guzmán, C., Spada, M., Mombelli, J. 2017. Eficiencia del uso de la radiación de cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo en Córdoba, Argentina. Producción Animal 18(6): 44-58.
- Hasang, E., Gómez, J., Moreira, E., Cobos, F. 2020. Variabilidad fenotípica, y desarrollo de estolones de pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth), irradiados a 52 Gy de rayos gamma (60Co). Journal Of Science And Research 5(2): 1-14.
- Huerta, A. 2017. Obtención de plantas mutantes por radiación gamma de zarzamora (*Rubus fruticosus*) tolerantes a *Botrytis cinerea*. Tesis MSc. Morelia, México. UMSNH. 102 p.
- Jahn, E., Vidal, A., Baez, F., Soto, P., Arrendondo, S. 2017. Utilización de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en tres estados de madurez y dos residuos con vacas en lactancia a pastoreo. Agricultura Técnica 62(2): 1-9.
- Martín, G., Labrada, A., Restoy, E., Suárez, B. 2017. Resultados preliminares de la utilización de rayos gamma de 60Co en *Teramnus labialis*. Pastos y Forrajes 12(2): 1-5.
- Martínez, M., Arelovich, H., Wehrhahne, L., Torrea, M., Marinissen, J. 2016. Acumulación de forraje y rendimiento de grano en cultivares de pastos. Rev. Arg. Prod. Anim 26(3): 180-181.
- Palacios, E. 2017. Pastos y forrajes tropicales introducidos y experimentados. Producción Ganadera 12(6): 12-22.
- Pece, M., Cangiano, C. 2019. Tasa de acumulación de la biomasa aérea de alfalfa en respuesta a la radiación. Producción Animal 22(1): 120-121.

- Predieri, S. 2018. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. *Plant cell, Tissue and Organ Culture* 64:185 -210.
- Ramchander. S., Ushakumari, R. & Pillai, M. 2015. Lethal dose fixation and sensitivity of rice varieties to gamma radiation. *Indian Journal of Agricultural Research* 49:24-31
- Ríos, R., Ardila, F., Pagano, E., Gómez, M., Franzone, C. 2017. Biotecnología aplicada al mejoramiento genético de alfalfa. Ediciones INTA. pp. 109-129.
- Rodríguez, J. 2016. Conceptos para el mejoramiento de especies forrajeras. *Investigación agrícola* 5(2): 8-19.
- Rodríguez, J. 2017. Mejoramiento genético de la alfalfa. *Investigación, Tecnología y Producción de Alfalfa*. INTA, Colección Científica. pp. 251-323.
- Rubio, L., Molina, E. 2016. Las leguminosas en alimentación animal. *Arbor* 192(12): 1-14.
- Songsri P., Suriharn B., Sanitchon J., Srisawangwong S. Y Kesmala T. 2016. Effects of Gamma radiation on germination and growth characteristics of physic nut (*Jatropha curcas* L.). *J. Biol. Sci* 11: 268-274.
- Soriano, S. 2016. Importancia del Cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Estado de Baja California Sur. Tesis Ing. Agr. Santillo, México. UAAAN. 122 p.
- Terán, R. 2016. Evaluación de variedades de pastos a la aplicación de dosis de fertilización edáfica y foliar en la zona de Vinces para valorar el porcentaje de biomasa, contenido de proteína. Tesis Med. Veter. Guayaquil, Ecuador. UG. 112 p.