

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL



**“GENERACIÓN DE VARIABILIDAD GENÉTICA EN PASTO
JANEIRO (*Eriochloa polystachya* Kunth) IRRADIADO CON RAYOS
GAMMA”**

Presentada por:

JUAN CARLOS GÓMEZ VILLALVA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN CIENCIA ANIMAL**

**Lima - Perú
2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL

**“GENERACIÓN DE VARIABILIDAD GENÉTICA EN PASTO JANEIRO
(*Eriochloa polystachya* Kunth) IRRADIADO CON RAYOS GAMMA”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR

Doctoris Philosophiae

Presentada por:

JUAN CARLOS GÓMEZ VILLALVA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez
PRESIDENTE**

**Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas
ASESOR**

**Ph.D. Walter Oswaldo Reyes Borja
CO-ASESOR**

**Dra. Luz Gómez Pando
MIEMBRO**

**Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso
MIEMBRO**

**Ph.D. Eduardo Ignacio Alava Hidalgo
MIEMBRO EXTERNO**

DEDICATORIA

A mi esposa Karina, mis padres Enma y Alejo, mis hijos Juan Carlos, Juan Andrés y Juan José, mis hermanos, hermanas, sobrinos y sobrinas.

Juan Carlos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la salud y sabiduría. A la Universidad Técnica de Babahoyo, la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia por el apoyo y financiamiento brindados. El agradecimiento especial a mi asesora Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas por su guía y el respaldo permanente a lo largo del programa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. PASTO JANEIRO (<i>ERIOCHLOA POLYSTACHYA</i> KUNTH).....	4
2.1.1. Taxonomía y características morfológicas.....	4
2.1.2. Uso y características como planta forrajera.....	5
2.2. MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PLANTAS.....	6
2.2.1. Métodos más utilizados en la mejora de pastos y forrajes.....	6
2.2.2. Uso de la radiación para generar variabilidad en gramíneas forrajeras.....	8
2.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS RELEVANTES EN LA DESCRIPCIÓN DE NUEVAS ACCESIONES DE PLANTAS.....	14
2.3.1. Importancia de la caracterización morfológica de especies y de accesiones nuevas.....	14
2.3.2. Descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos.....	15
2.4. VALOR NUTRITIVO DE PLANTAS FORRAJERAS.....	18
2.4.1. Aporte nutricional de las gramíneas en la alimentación de herbívoros domésticos.....	18
2.4.2. Efecto de la fertilización y la frecuencia de corte en el valor nutritivo del pasto Janeiro.	20
2.4.3. Productividad, digestibilidad y proteína del pasto Janeiro.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. ENSAYO 1. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA DE IRRADIACIÓN CON RAYOS GAMMA EN <i>ERIOCHLOA POLYSTACHYA</i> KUNTH.....	25
Objetivo.....	25
3.1.1. Localización.....	25
3.1.2. Procedimiento experimental.....	25
3.1.3. Tratamientos.....	26
3.1.4. Manejo de los estolones irradiados.....	26
3.1.5. Variables evaluadas.....	27
3.1.6. Análisis estadístico.....	27
3.2. ENSAYO 2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL PASTO JANEIRO M0 Y M1 V3 IRRADIADO CON RAYOS GAMMA.....	28

Objetivo.....	28
3.2.1. Localización.....	28
3.2.2. Primera etapa: Caracterización morfológica del pasto Janeiro sin irradiar (M0).....	29
3.2.2.1. Procedimiento experimental.....	29
3.2.2.2. Descriptores utilizados para la caracterización.....	29
3.2.2.3. Analisis estadístico.....	33
3.2.3. Segunda etapa: Caracterización de especímenes de pasto Janeiro M1 V3 irradiado con 25, 50, 75 y 100 Gy.....	34
3.2.3.1. Procedimiento experimental.....	34
3.2.3.2. Descriptores utilizados para la caracterización.....	34
3.2.3.3. Analisis estadístico.....	34
3.2.4. Tercera etapa: Identificar candidatas a mutantes en una población de plantas correspondientes a la tercera generación (M1 V3) del material irradiado con 52 Gy (DL50).	34
3.2.4.1. Localización.....	34
3.2.4.2. Procedimiento experimental.....	35
3.2.4.3. Tratamientos.....	36
3.2.4.4. Variables evaluadas.....	36
3.2.4.5. Analisis estadístico.....	37
3.3. ENSAYO 3. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO, CONTENIDO DE PROTEÍNA Y DIGESTIBILIDAD EN POBLACIONES TRATADAS CON LA DOSIS LETAL MEDIA (DL ₅₀) DE 52 GY.....	38
Objetivo.....	38
3.3.1. Localización.....	38
3.3.2. Procedimiento experimental.....	38
3.3.3. Tratamientos.....	38
3.3.4. Variables evaluadas.....	39
3.3.5. Análisis estadístico.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. ENSAYO 1. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA DE IRRADIACIÓN CON RAYOS GAMMA EN <i>ERIOCHLOA POLYSTACHYA</i> KUNTH.....	42
4.1.1. Efecto de la radiación gamma sobre el prendimiento, mortalidad y longitud de planta.....	42
4.1.2. Repuesta del prendimiento, mortalidad y longitud de planta a diferentes fechas de evaluación.....	43

4.1.3. Dosis letal media (DL ₅₀) de irradiación en <i>Eriochloa polystachya</i>	45
4.2. ENSAYO 2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL PASTO JANEIRO M0 Y M1 V3 IRRADIADO CON RAYOS GAMMA.	50
4.2.1. Primera etapa. Caracterización morfológica del pasto Janeiro M0.	50
4.2.2. Segunda etapa: Caracterización del Janeiro M1 V3 irradiado a 25. 50. 75 y 100 Gy. ...	53
4.2.3. Tercera etapa. Identificación de mutaciones en el germoplasma obtenido M1 V3 irradiado a 52 Gy (DL ₅₀).....	57
4.3. ENSAYO 3. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO, CONTENIDO DE PROTEÍNA Y DIGESTIBILIDAD EN POBLACIONES TRATADAS CON LA DOSIS LETAL MEDIA (DL ₅₀) DE 52 GY.....	63
4.3.1. Contenido de proteína cruda (%) a los 35 y 45 días de edad del pasto Janeiro M1V3. ..	69
4.3.2. Digestibilidad <i>in vitro</i> 35 y 45 días de edad del pasto Janeiro M1V3.	71
V. CONCLUSIONES	73
VI. RECOMENDACIONES	74
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
VIII. ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descriptores cuantitativos usados en la caracterización morfológica del pasto banderita (<i>Bouteloua curtipendula</i> Michx).	17
Tabla 2. Descriptores cuantitativos y cualitativos usados en la caracterización morfo botánica accesiones de la especie <i>Cynodon dactylon</i> .	18
Tabla 3. Promedio de prendimiento, mortalidad y longitud de plantas irradiadas con diferentes dosis de radiación gamma.	42
Tabla 4. Promedio de prendimiento, longitud de planta y mortalidad a los 8, 16, 22 y 30 días después de la siembra.	44
Tabla 5. Variabilidad de características morfológicas cuantitativas del pasto Janeiro.	50
Tabla 6. Variabilidad de características morfológicas cualitativas del pasto Janeiro.	52
Tabla 7. Respuesta de las características morfológicas cuantitativas del pasto Janeiro a las dosis de irradiación de 25, 50, 75 y 100 Gy.	53
Tabla 8. Respuesta de las características morfológicas cualitativas del pasto Janeiro a las dosis de irradiación de 25, 50, 75 y 100 Gy.	54
Tabla 9. Grado de asociación entre variables evaluadas del pasto Janeiro irradiado.	54
Tabla 10. Resultados de la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad en las variables morfológicas sometidas a diferentes niveles de irradiación.	56
Tabla 11. Longitud de rama de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (<i>Eriochloa polystachya</i> Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL ₅₀).	57
Tabla 12. Diámetro de tallo de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (<i>Eriochloa polystachya</i> Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL ₅₀).	58
Tabla 13. Longitud de hoja de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (<i>Eriochloa polystachya</i> Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL ₅₀).	59
Tabla 14. Número de nudos de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (<i>Eriochloa polystachya</i> Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL ₅₀).	60
Tabla 15. Número de macollos de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (<i>Eriochloa polystachya</i> Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL ₅₀).	61
Tabla 16. Ancho de hoja de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (<i>Eriochloa polystachya</i> Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL ₅₀).	62
Tabla 17. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre la longitud de planta y diámetro de tallo con irradiación de 52 Gy (DL ₅₀) vs control.	64
Tabla 18. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre el número de hojas por planta y ancho de hojas con irradiación de 52 Gy (DL ₅₀) vs control.	65
Tabla 19. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre longitud de hoja con irradiación de 52 Gy (DL ₅₀) vs control.	66
Tabla 20. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre el rendimiento de peso fresco, rendimiento de peso seco y porcentaje de rendimiento peso seco, con irradiación de 52 Gy (DL ₅₀) vs control.	68

Tabla 21. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre el rendimiento de peso fresco, rendimiento de peso seco y porcentaje de rendimiento peso seco, con irradiación de 52 Gy (DL ₅₀) vs control. _____	70
Tabla 22. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre la digestibilidad con irradiación de 52 Gy (DL ₅₀) vs control. _____	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Eriochloa polystachya</i> Kunth-----	5
Gráfico 2. Estimación de DL_{50} utilizando un modelo lineal generalizado con estructura binomial y factor de respuesta logit con intervalos de confianza del 95,0%, prendimiento vs dosis de irradiación en pasto Janeiro. -----	46
Gráfico 3. Estimación de DL_{50} utilizando un modelo lineal generalizado con estructura binomial y factor de respuesta logit con intervalos de confianza del 95,0%, en mortalidad vs dosis de irradiación en pasto Janeiro. -----	46
Gráfico 4. Estimación de DL_{50} utilizando un modelo lineal generalizado con estructura binomial y factor de respuesta logit con intervalos de confianza del 95,0%, en longitud de planta vs dosis de irradiación. -----	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro M0.	90
Anexo 2. Primer ensayo.	91
Anexo 3. Caracterizadoras cuantitativas pasto Janeiro. FACIAG 2019.	110
Anexo 4. Caracterizadoras cualitativas pasto Janeiro. FACIAG 2019.	112
Anexo 5. Tablas resúmenes 25, 50, 75 y 100 Gy y correlaciones.	114
Anexo 6. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 25 Gy.	116
Anexo 7. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 50 Gy.	119
Anexo 8. Variabilidad de la especie (75 Gy).	120
Anexo 9. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 75 Gy.	122
Anexo 10. Variabilidad de la especie (100 Gy)	123
Anexo 11. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 100 Gy.	125

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la generación de variabilidad genética en pasto Janeiro aplicando radiación gamma. Se estimó la dosis letal media (DL_{50}) y el nivel de radiación que generó variabilidad morfológica en *Eriochloa polystachya*. Se realizó un análisis de regresión lineal probabilística para la determinación de la dosis letal media (DL_{50}). Los resultados estimaron una DL_{50} de 52,60 Gy para este genotipo, obteniendo un R^2 de 57,73. Se caracterizaron morfológicamente las plantas sin irradiar y las plantas obtenidas por diferentes niveles de irradiación, adaptándose caracterizadores utilizados en estudios similares (18 descriptores cuantitativos y 10 cualitativos). La caracterización de las plantas derivadas de los estolones irradiados mostró variabilidad morfológica con las dosis de 75 y 100 Gy. Entre los cambios morfológicos inducidos sobresalen mutaciones favorables como mayor longitud de rama, diámetro de tallo y longitud de hoja, características que inciden directamente en la producción de mayor biomasa forrajera. En los análisis de correlación múltiple entre las variables cuantitativas y cualitativas, se detectaron 14 correlaciones positivas mayores a 0.5 y ocho superiores a 0.8; no obstante, se observaron entre la población irradiada a 52 Gy, nueve individuos que sobresalieron, seleccionados como plantas candidatas a mutantes. Las variables que presentaron significancia estadística fueron diámetro de tallo y número de macollos con valores de 0.34 mm ($p < 0.05$) y 12,5 ($p < 0.05$) en promedio, respectivamente. Con las variables de rendimiento, contenido de proteína cruda (%) y digestibilidad en plantas M1 V3 tratadas con la dosis letal media (DL_{50}) de 52 Gy, se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Los resultados mostraron que el factor fecha de corte presentó alta significancia estadística ($p < 0.001$). Para el rendimiento (g/planta), se obtuvieron valores que variaron desde 367.63 a 3540.30 g/planta. Se identificaron mutantes con mayor contenido de proteína cruda (%) y digestibilidad (%) altamente significativos a los 35 días de edad de corte del pasto Janeiro, irradiado con la dosis de 52 Gy (DL_{50}), lo cual influye en un menor tiempo de cosecha y calidad de forraje para la ganadería.

Palabras claves: Pasto Janeiro, mutación, rayos gamma (^{60}Co), DL_{50} , variabilidad genética.

ABSTRACT

This research aimed to generate genetic variability in Janeiro grass by applying gamma radiation. The mean lethal dose (LD₅₀) and radiation level that generated morphological variability in *Eriochloa polystachya* were estimated. A probabilistic linear regression analysis was performed for the determination of the mean lethal dose (LD₅₀). The results estimated a LD₅₀ of 52.60 Gy for this genotype, obtaining a R² of 57.73. Unirradiated plants and plants obtained by different levels of irradiation were morphologically characterized, adapting characterizers used in similar studies (18 quantitative and 10 qualitative descriptors). The characterization of plants derived from irradiated stolons showed morphological variability at doses of 75 and 100 Gy. Among the induced morphological changes stand out favorable mutations such as longer branch length, stem diameter and leaf length, characteristics that directly influence the production of higher forage biomass. In multiple correlation analyses between quantitative and qualitative variables, 14 positive correlations greater than 0.5 and eight greater than 0.8 were detected; however, at 52 Gy, nine individuals stand out, selected as mutant candidate plants, observed among the irradiated population. Variables with statistical significance were stem diameter and number of tillers with values of 0.34 mm (p<0.05) and 12.5 (p<0.05) on average, respectively. The variables yield (g/plant), raw protein content (%) and digestibility (%) in M1 V3 plants treated with the mean lethal dose (DL₅₀) of 52 Gy, a variance analysis and 95% probability Tukey test were performed. The results showed that the cut-off date factor exhibited high statistical significance (p<0.001). For yield (g/plant), values ranging from 367.63 to 3540.30 g/plant were obtained. Mutants with higher raw protein content (%) and digestibility (%) were identified, highly significant at 35 days of cutting age of the Janeiro grass, irradiated at the dose of 52 Gy (DL₅₀), which influences a shorter harvest time and quality of forage for livestock.

Keywords: Janeiro grass, mutation, gamma rays (⁶⁰Co), LD₅₀, genetic variability.

I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad genética es el sustrato, la base o la condición de partida de la selección y del mejoramiento genético vegetal, la diversidad genética, que en sentido amplio es el componente más básico de la biodiversidad, se refiere a las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie, en condiciones naturales más o menos estables (Rimieri 2017).

La falta de materiales mejorados incide negativamente en los rendimientos y producción de pastos forrajeros, afectando los parámetros productivos y reproductivos de la ganadería, por ser el alimento más económico y mayoritariamente utilizado en la alimentación del ganado (FAO 2018).

Las radiaciones ionizantes constituyen en la actualidad, una vía importante que puede usar el mejorador para crear variabilidad genética que no existe en la naturaleza (Mussi *et al.* 2016). Entre los agentes mutagénicos más empleados se destaca la radiación gamma, que ha sido utilizada en mejoramiento genético de diferentes cultivos para inducir mutaciones (Corrales 2017).

En relación a las mutaciones inducidas, Estrada-Basualda *et al.* (2011) indican que la mutagénesis es una herramienta importante en el mejoramiento genético de los cultivos, ampliamente utilizada para generar variación genética y nuevas variedades de plantas. A partir de estos trabajos, la mutagénesis ha sido un método importante en la generación exitosa de un gran número de variedades prometedoras en diferentes cultivos (Datta 2009), como arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) (Chopra 2005), cebada (*Hordeum vulgare*), trigo harinero (*Triticum aestivum*), algodón (*Gossypium* sp.), frijol negro (*Vigna unguiculata* L.), plátano (*Musa* sp) y maní (*Arachis hypogea*) (FAO/OIEA 2021).

Desde la década de 1960, los rayos gamma se han convertido en el agente mutagénico más frecuentemente utilizado en la mejora por inducción de mutaciones (IAEA 2021), como en caña de azúcar, *Saccharum* sp. (Fuchs *et al.* 2002); nardo, *Polianthes tuberosa* L. (Estrada-

Basaldua 2011); pasto rosado *Melinis repens* Willd. Zizka (Corrales-Lerma *et al.* 2019); trigo, *Triticum aestivum* L. (Partida–Ruvalcaba *et al.* 2009) entre otras.

De acuerdo a la FAO/OIEA (2021) en la actualidad, hay más de 3 222 variedades mutantes lanzadas en todo el mundo en más de 200 especies de cultivos, las cuales se desarrollaron a partir de mutagénesis.

Los cambios genéticos generados en los tejidos irradiados es un factor utilizado para seleccionar y caracterizar aquellos mutantes con características de interés, mediante la caracterización morfológica (William 2019), esto es posible al realizar la detección de tipologías afectadas en el desarrollo de las plantas para su posterior identificación, empleando los medios y técnicas propias del cultivo convencional como método de corroboración de algunos fenotipos mutantes, el objetivo final es lograr la identificación de las características morfológicas generadas (Praena 2017).

En la inducción de mutantes, los individuos mutantes presentan cambios negativos en una frecuencia creciente conforme aumenta la dosis de radiación, por lo que es importante conocer la dosis letal media (DL₅₀) (Ángeles-Espino *et al.* 2013). El valor nutricional de las gramíneas es otro factor que diferencia especies y variedades (Corrales 2017). El pasto Janeiro posee alta cantidad de proteína cruda y mediana digestibilidad (INIAP 1989), no obstante, el valor nutricional puede cambiar de acuerdo a factores medioambientales y genéticos en ecotipos o poblaciones. Los caracteres cuantitativos como el contenido de proteínas son altamente susceptibles a la influencia del suelo, la humedad, los fertilizantes, la temperatura y las condiciones de luz (FAO/OIEA 2021).

Los cambios por efecto de los rayos gamma pueden dañar o modificar componentes importantes de las células vegetales y cambian la morfología, anatomía, bioquímica (proteína) y fisiología de las plantas, en función de la dosis de radiación (Wi *et al.* 2007). Estos efectos incluyen cambios en la estructura celular y el metabolismo (digestibilidad) de la planta (Kovács y Keresztes 2002), como dilatación de las membranas de los tilacoides, alteración en la fotosíntesis, modulación del sistema antioxidante y acumulación de compuestos fenólicos (Wi *et al.* 2005).

Por lo antes expuesto, la presente investigación tiene como objetivo principal: Generar variabilidad en *Eriochloa polystachya* Kunth (pasto Janeiro) con el uso de rayos gamma. Los objetivos específicos del estudio fueron: a) Estimar la dosis letal media y el nivel de radiación a partir del cual se genera variabilidad morfológica en *E. polystachya*; b) Caracterizar morfológicamente las plantas obtenidas por diferentes niveles de irradiación y; c) Evaluar el rendimiento, proteína y digestibilidad de plantas aplicando la dosis media letal.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PASTO JANEIRO (*ERIOCHLOA POLYSTACHYA* KUNTH).

2.1.1. Taxonomía y características morfológicas.

Eriochloa polystachya es una gramínea originaria de América Tropical que pertenece a la división Magnoliophyta, clase Apogonia, subclase Commelinidae, orden Poales, familia Poaceae, subfamilia Panicoideae, tribu Paniceae y género *Eriochloa*, conocido también con el nombre de pasto Caribe, planta nativa de Sudamérica tropical, Centroamérica y el Caribe. El nombre del género deriva del griego erion que hace referencia a las espiguillas pilosas. El pasto Janeiro es una gramínea perenne, de crecimiento rastrero y estolonífero de hojas finas con tallos que alcanzan 1.20 m con buena producción de hojas de forma lanceolada de aproximadamente 20 – 25 cm de largo y de 8 – 10 mm de ancho. Produce semillas pero de muy baja viabilidad y presenta tallos huecos. La inflorescencia está compuesta por una panícula simple (12-32 cm) que lleva hasta 20 racimos de 1-5 cm, las espiguillas (3.4-5 mm), de color verde a blanco verdosas, son agudas y pilosas y se agrupan de 3-5 o solitarias en 2-4 hileras, el fruto es una cariósida. Crece bien en zonas húmedas o en lugares bajos, los cuales en la época lluviosa permanecen con una buena lámina de agua, de buena recuperación después de la quema (INIAP 1989).

En el Gráfico 1, se observan las características del follaje e inflorescencia del pasto Janeiro en el campus de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.



Gráfico 1. *Eriochloa polystachya* Kunth

El pasto Janeiro es una planta herbácea perenne que no tolera sequías, se desarrolla de manera óptima en suelos húmedos y de textura fina de alta o mediana fertilidad. Esta propiedad la identifica como una especie con cualidades para tolerancia a suelos inundados que son características de áreas ribereñas (INIAP 1989).

2.1.2. Uso y características como planta forrajera.

Su uso está orientado a la ganadería extensiva y el pastoreo, su propagación es esencialmente vegetativa dado que es una especie que produce poca semilla fértil y de muy baja viabilidad (Enríquez *et al.* 2015).

Estudios sobre el pasto Janeiro muestran que el rendimiento de biomasa llega a 11.3 t/ha/corte de materia seca, mientras que el largo y el ancho de hoja alcanza 30 y 1.8 cm, respectivamente; el prendimiento puede llegar hasta un 72.5 % y la proteína un 12 % (Benites *et al.* 2017).

Briones (2016) citando a Rodríguez (1983), indica que en un trabajo realizado utilizando el pasto Janeiro para medir su rendimiento de materia verde por hectárea a diferentes intervalos de fecha de corte, obtuvo los siguientes resultados: cosechado a 45 días con una altura de 0.60 m el rendimiento fue de 11.4 t/corte/ha de forraje verde, a 60 días de cosecha con altura de 0.83 m el rendimiento fue de 19.5 t/corte/ha de forraje verde, a 75 días con un altura de 1.09 m el rendimiento fue de 33.0 t/corte/ha y a 90 días de cosecha con una altura de 1.53 m el rendimiento fue de 57.2 t/corte/ha, con lo que se demostró su alta producción de materia verde para el trópico.

Según Calderero (2011), en su trabajo denominado Viabilidad de cuatro densidades de siembras de los pastos, Janeiro (*Eriochloa polystachya*) y pasto dulce (*Brachiaria Humidicola*), para la producción bovina en zonas inundables de la parroquia La Victoria del cantón Salitre, logró excelentes rendimientos en pasto Janeiro con una altura de planta de 1.33 m y una producción de 44.778 kg/ha.

2.2. MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PLANTAS.

2.2.1. Métodos más utilizados en la mejora de pastos y forrajes

Ha sido una constante preocupación para los mejoradores genéticos de pastos, la obtención de variedades dotadas de mecanismos que le permitan ofrecer producciones ventajosas en agroecosistemas cambiantes. Las investigaciones con respecto a nuevas variedades de pasto son muy pocas, la mayoría se enmarcan en la introducción de variedades mejoradas en otros países (FAO 2015).

El mejoramiento genético tiene como objetivo desarrollar variedades de alto valor económico, ecológico o social e implica procesos reiterados de actividades como selección, cruzamientos dirigidos y evaluaciones genéticas (Southerton *et al.* 2013). Una de las principales estrategias del mejoramiento genético clásico consiste en la selección fenotípica.

Sin embargo, los métodos tradicionales son limitantes por los largos ciclos reproductivos de la mayoría de las especies, lo que representa varios años e incluso décadas para la obtención de resultados, en función de su biología (Grattapaglia 2017).

Desde que el hombre cambió a ser sedentario, ha practicado de manera empírica el mejoramiento genético, actualmente entre los métodos de mejoramiento utilizados destacan: selección fenotípica de diversidad genética natural, ingeniería genética, hibridación, variación somaclonal y mutagénesis inducida (Corrales *et al.* 2019; Jain y Brar 2010).

Los fitomejoradores han logrado obtener variedades que incrementan la producción (Quero *et al.*, 2010), resistencia a enfermedades (Atif 2015), etc., mediante las técnicas de selección y cruzamiento, sin embargo, en ocasiones es difícil obtener plantas mejoradas por este medio y hay que recurrir a métodos alternativos (Gutiérrez-Mora *et al.* 2003).

Gutiérrez-Mora *et al.* (2003), mencionan que la biotecnología vegetal aporta herramientas que permiten romper barreras físicas y genéticas que interrumpen el buen funcionamiento de las hibridaciones normales por vía sexual para la transferencia de genes de las plantas silvestres a las cultivadas. Se puede obtener plantas mejoradas a través de la selección celular, variación somaclonal, mutaciones inducidas, hibridación somática, cultivo de haploides y la ingeniería genética, entre otros (Reyes 2007; Gomez-Pando 2014).

En 1997 mediante radiación gamma con ^{60}Co , se produjo la variedad Tif Eagle de pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*). Esta variedad se caracterizó por poseer hojas muy finas, densidad de tallos extremadamente alta y gran resistencia al pisoteo; actualmente es muy utilizada en campos de golf (Hanna y Elsner 1999). Otra especie cespitosa en la que se ha empleado mutagénesis es el pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*). En esta especie se obtuvieron diferencias morfológicas al irradiar estolones a dosis entre 10 y 100 Gy (Li *et al.* 2010). Así mismo, con radiación gamma se ha generado variabilidad en pasto Sudan (*Sorghum sudanense*); Horn *et al.* (2010); Golubinova y Gecheff, (2011), pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*); Pongtongkam *et al.* (2005) y pasto Guinea (*Panicum maximum*); Lajonchere *et al.* (1995); Pongtongkam *et al.* (2006).

De acuerdo a Avendaño *et al.* (2012) y Rosenberg *et al.* (2012) las variaciones genéticas determinan el potencial para evolucionar ante cambios ambientales y perpetuar la especie;

por lo tanto, la generación de variabilidad es fundamental para el mejoramiento genético de las especies; La variación genética se origina por inducción de mutaciones, hibridaciones intra e interespecífica y autopoloidia.

No existe información sobre el mejoramiento genético de variedades de pasto Janeiro durante la última década (Gómez *et al.* 2020).

2.2.2. Uso de la radiación para generar variabilidad en gramíneas forrajeras.

La mutagénesis es un fenómeno natural para los procesos evolutivos. Los rayos cósmicos que logran penetrar la atmósfera causan ligeros cambios en el ADN y la acumulación de estos pequeños cambios, son causa de mutaciones que dan origen a variaciones en las especies vegetales y animales (Ochoa-Carrillo *et al.* 2016; Corrales *et al.* 2019). La mutagénesis inducida es una técnica que acelera los procesos de mutación a partir del uso de agentes mutagénicos. Esta práctica se comenzó a utilizar a principios de 1900 y fue a partir de 1927 cuando ésta se intensificó. Sin embargo, la prioridad del mejoramiento genético bajo esta técnica siempre ha sido cultivos focales, tales como arroz, cebada, maíz, trigo, entre otros (Corrales *et al.* 2019).

Con el esclarecimiento de las bases moleculares de la herencia, a partir de los estudios realizados por James Watson y Francis Crick en la década de los años cincuenta, se estableció el conocimiento de la estructura molecular del ácido desoxirribonucleico (ADN). Del conocimiento de la estructura y del sistema de duplicación del ADN, se estableció la oportunidad de inducir cambios en el mensaje genético; es decir, la oportunidad de construir genes diferentes a los ya presentes en las plantas. Este cambio se conoce como una mutación. Las mutaciones se producen por variaciones en las bases nitrogenadas del ADN. Existen sustancias químicas y físicas que son capaces de inducir cambios en la secuencia de las bases nitrogenadas; son los llamados agentes mutagénicos. Dentro de los agentes mutagénicos físicos las irradiaciones emanadas por elementos químicos radiactivos como el Uranio, el Cesio y el Cobalto, tienen un efecto ionizante sobre las bases nitrogenadas que los hace capaces de inducir mutaciones (Serrat *et al.* 2014).

Prina *et al.* (2010), citados por Estrada-Basualda *et al.* (2011) manifiestan que las mutaciones son el origen primario de la variabilidad genética y el control de la frecuencia y

espectro de las mismas, constituye una herramienta valiosa en el mejoramiento de las plantas. Las poblaciones de plantas aumentan su variabilidad genética debido a las fuerzas microevolutivas. Se considera fuerza microevolutiva a cualquier proceso capaz de cambiar la frecuencia de alelos en las poblaciones. Estas fuerzas son: la mutación, la migración, la recombinación, la selección y la deriva genética. La mutación es la única fuente primaria de variación, ya que es el único mecanismo que genera nuevos tipos (Fita *et al.* 2015).

2.2.3. Inducción de mutaciones en plantas.

Quintas Madueño (2019), citando al botánico Holandés Hugo de Vries (1848 – 1935) indica que fue el primero que estableció de manera moderna la teoría de la mutación, que consiste en que nuevas formas se desarrollan repentinamente por grandes cambios o por la acumulación gradual de pequeñas variaciones. Siendo este investigador, quien enfatiza que las mutaciones son la base fundamental de la evolución de las especies.

Coimbra *et al.* (2005) comentan que la sensibilidad de las plantas diploides y poliploides tratadas con agentes mutagénicos, disminuye la tasa de mutación con el aumento de nivel de ploidía de las plantas. Este resultado apoya la hipótesis de que la duplicación de genes en poliploides reduce la frecuencia de 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, por ejemplo, la radiación gamma (^{60}Co) y etilmetanosulfonato (EMS). Por lo tanto, esta técnica permite el desarrollo de nuevas combinaciones genéticas a través de cambios y / o modificaciones alélicas en el cromosoma.

Las radiaciones ionizantes son un instrumento valioso para alterar el genoma; su utilización en el fitomejoramiento permite obtener nuevas formas frecuentemente, reduciendo el tiempo para obtenerlas con respecto a los métodos convencionales. Por esto, la radioinducción de mutaciones es una técnica auxiliar de reconocida utilidad en el mejoramiento genético de plantas. Los resultados exitosos obtenidos por diversos investigadores demuestran que puede ser muy útil para obtener variedades mejoradas de trigo (Gomez-Pando 2013), banano (Reyes 2007), con alta productividad y resistencia a factores bióticos y abióticos; con la ventaja de que esta técnica permite acortar los periodos de selección y aportar nuevos genes

que no estén restringidos a la constitución genética de los progenitores (Salcedo Aceves 2012).

Las radiaciones ionizantes constituyen en la actualidad, una vía importante que puede usar el mejorador para crear variabilidad genética. Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa y la beta. Pueden causar graves daños o modificaciones al núcleo de las células. Así, se han realizado numerosos trabajos utilizando rayos gamma, con el fin de obtener cultivos de alto rendimiento, variedades resistentes a enfermedades, tolerantes a la falta de agua y a la alta salinidad de los suelos (Harding *et al.* 2012). Así mismo, se han reportado trabajos relacionados con la obtención de genotipos resistentes a herbicidas de amplio espectro (Mussi *et al.* 2016).

El uso de la radiación ionizante como los rayos x, rayos gamma y neutrones, así como los mutágenos químicos para inducir variación está bien establecido, debido a la gran cantidad de trabajos en el área de la mutagénesis convencional y en varios cultivos como en tomate (Estrada-Basaldua *et al.* 2011).

Ahloowalia *et al.* (2004), citados por Gomez-Pando (2013) indican que existen muchos informes de mejora en características morfológica y fisiológica de cereales, granos de leguminosas, semillas oleaginosas, cultivos de fibras, vegetales y plantas ornamentales después de la inducción de mutación, siendo los rayos gamma el agente preferido; el tipo de planta y el rendimiento, son los rasgos más comúnmente reportados.

La inducción de mutaciones puede disminuir el tiempo requerido para la obtención de una nueva variedad. Esta técnica ha contribuido significativamente a la mejora genética de las plantas a escala mundial, ya que se han obtenido 2.363 nuevas variedades a partir de su empleo (González *et al.* 2009).

Valarezo (2015), indica que existe un gran número de agentes que inducen mutaciones, las cuales se atribuyen a causas ambientales conocidas, estas pueden contrastarse con las mutaciones espontaneas, que nacen de manera natural durante el proceso de replicación del ADN.

Entre los agentes mutagénicos más empleados se destaca la radiación gamma, proveniente mayormente de una fuente de ^{60}Co , que es un isótopo radiactivo con alta capacidad ionizante que ha sido utilizado en mejoramiento genético de diferentes cultivos para inducir mutaciones (Krishna *et al.* 1984; Ángeles-Espino *et al.* 2013; Corrales 2017).

Los rayos gamma, emitidos por cobalto radiactivo o radioisótopos, causan daños en células vegetales y suelen utilizarse para irradiar plantas completas o parte de estas, incluyendo el polen (Rossi *et al.* 2009). Los rayos gamma son mutágenos físicos que han demostrado ser útiles para la modificación de nuevas variantes de rasgos que pueden dar lugar a la mejora de los cultivos y se puede utilizar como una herramienta complementaria en fitomejoramiento (Babaei *et al.* 2010).

Las mutaciones inducidas han permitido generar plantas mejoradas en diversas especies. Fuchs *et al.* (2002) obtuvieron mutantes estables de caña de azúcar resistentes al carbón (*Ustilago scitaminea* Syd) mediante inducción de mutaciones con rayos gamma sobre esquejes, estas plantas mostraron buenas características de rendimiento y adaptación a diferentes ambientes. Al inducir mutagénesis con rayos gamma y EMS obtuvieron una cantidad significativa de variabilidad genética para varios rasgos cuantitativos en comparación con el control en la generación V2.

2.2.4. Mutagénicos físicos.

Valarezo (2015), manifiesta que en los últimos años se ha incrementado el uso de las radiaciones sobre los mutágenos químicos. Los principales tipos de radiación son los Rayos X; Radiación Gamma: $^{137}\text{Cesio}$ y $^{60}\text{Cobalto}$, son las principales fuentes utilizadas en trabajos de radiobiología. El $^{137}\text{Cesio}$ es usado en muchas instalaciones teniendo en cuenta que tiene una vida media más larga que el $^{60}\text{Cobalto}$. La radiación ultravioleta tiene limitada habilidad de penetración en los tejidos, por lo que su uso en experimentos biológicos está restringido al tratamiento de esporas o granos de polen. La radiación beta (las partículas beta-electrones) como los isótopos radiactivos fósforo (^{32}P) y azufre (^{35}S), producen un efecto similar a los rayos X o Gamma, pero con más baja habilidad de penetración. Los Neutrones tienen un amplio rango de energía y son obtenidos de la fisión en un reactor nuclear con ^{235}U . Los neutrones han mostrado ser muy efectivos en la inducción de mutaciones en plantas. Las partículas de aceleradores tales como protones, deuterones o partículas alfa, se

han utilizado básicamente para estudios fundamentales en la determinación de los efectos radiobiológicos.

La cantidad de energía impartida por las radiaciones ionizantes por unidad de masa, se conoce como dosis absorbida. Su unidad en el Sistema Internacional de medidas es Julio/kilogramo (J kg^{-1}) y su nombre especial es Gray (Gy). Un gray significa la absorción de un Julio de energía en forma de radiación ionizante por un kilogramo de materia (Lagoda 2012).

La radiación puede inducir inestabilidad genómica en células, la cual es transmitida a su progenie a través de generaciones de replicación celular con efectos genéticos en generaciones posteriores tales como mutaciones y aberraciones cromosómicas. En este sentido se debe tener en cuenta que la exposición a altas dosis de radiación puede inducir varios eventos mutacionales por célula, con el riesgo creciente de que una mutación favorable sea acompañada por cambios genéticos no deseables (Otahola *et al.* 2001). Por otro lado, Caro-Melgarejo *et al.* (2012) exploraron técnicas alternativas como la aplicación de radiación ionizante, con el objeto de inducir alteraciones cromosómicas en yemas axilares de *P. peruviana* aplicando dosis de 50, 100, 200 y 300 Gy, con la finalidad de ampliar la variabilidad genética y obtener plántulas con características fenotípicas favorables. El mayor porcentaje de células con alteraciones cromosómicas se cuantificó en ápices radicales de plántulas regeneradas de yemas irradiadas con 200 Gy.

Otra vía para la obtención de nuevas variedades de *P. purpureum* fue la irradiación de la semilla agámica con rayos gamma, provenientes de una fuente de ^{60}Co . La primera etapa consistió en la obtención de las curvas de radiosensibilidad, que permitieron establecer la dosis de irradiación para obtener mutantes (Herrera 2015).

Al respecto, el cultivo de tejidos constituye una valiosa herramienta para el estudio o la investigación de especies de reproducción vegetativa, ya que facilita la regeneración masiva de plantas fieles al tipo y con ello la producción, conservación *in vitro* y el mejoramiento de recursos fitogenéticos, así como también la aplicación de mutagénesis *in vitro* para la producción de nuevas variantes o mutantes con características de interés agrícola (Pardo *et al.* 2015).

2.2.5. Dosis de rayos gamma y DL₅₀ utilizadas para la obtención de mutantes.

Ángeles-Espino *et al.* (2013) manifiestan que, durante el proceso de inducción de mutación, los individuos presentan cambios negativos en una frecuencia creciente conforme aumenta la dosis de radiación, por lo que es importante conocer la dosis letal media (DL₅₀), que se determina cuando un carácter manifiesta una disminución del 50 por ciento en su expresión con respecto al tratamiento testigo, pues la radicación absorbida provoca cambios en el ADN y origina mutaciones somáticas, mismas que causan alteraciones en la fisiología de la plántula.

En el caso de semillas, la DL₅₀ corresponde a la cantidad de radiación absorbida con la cual sobrevive el 50 por ciento de la población que ha sido expuesta, proporción que se considera como el rango donde se favorece la aparición de mutaciones útiles en los programas de mejoramiento genético (Ángeles-Espino *et al.* 2013).

Entre las especies de pastos mutantes obtenidas por irradiación con rayos gamma, se encuentran el *Cynodon dactylon* de nombre común grama. La variedad mutante Tifway II, fue identificada con el número 234 de acuerdo al registro en IAEA, originaria de los Estados Unidos, y aprobada oficialmente en 1981. Fue desarrollada por irradiación de rizomas latentes con rayos gamma (90 Gy), y los atributos mejorados principales de la variedad mutante son la resistencia a los nematodos, resistencia a las bajas temperaturas, mejor crecimiento en la primavera, más densa y más césped libre de malezas, cuyo modo de propagación es a través de rizomas, y se usa como forraje (IAEA/MVD 1981).

Otra variedad de *Cynodon dactylon* registrada en la IAEA en 1995 con el número 295 es la Tift 94, obtenida por irradiación con rayos gamma (DL₅₀ 80 Gy). Los principales atributos mejorados de la variedad mutante son la calidad del césped, la resistencia a insectos y resistencia a baja temperatura, propagación es a través de rizomas, y se usa como forraje (IAEA/MVD 1995).

Al igual que *Cynodon* sp del mismo nombre común grama es otra variedad mutante registrada en la IAEA en 1983 con el número 237 originaria de los Estados Unidos, la variedad mutante *Tifgreen* II, fue desarrollada por irradiación de rizomas latentes con rayos

gamma (70 Gy). Los principales atributos mejorados de la variedad son el crecimiento vigoroso, césped más denso, nudo de la raíz más vigoroso, modo de propagación rizomas, y se utiliza como forraje (IAEA/MVD 1983).

El pasto rosado (*Melinis repens* Willd.), es una gramínea nativa de Sudáfrica, la radiación gamma en la semilla modificó algunas plantas de este pasto con una DL_{50} de 304 Gy. Todos los M1 presentaron variabilidad morfológica y nutricional con respecto a los M0 en alguna de las etapas fenológicas. En específico, el pasto mutante R250-10 fue el que presentó modificaciones deseables en atributos morfológicos y nutricionales de interés agronómico con respecto al M0 (Corrales 2017).

2.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS RELEVANTES EN LA DESCRIPCIÓN DE NUEVAS ACCESIONES DE PLANTAS.

2.3.1. Importancia de la caracterización morfológica de especies y de accesiones nuevas.

En la ganadería la diversidad de recursos forrajeros representa la principal fuente de alimentación para el ganado. Mantener y conservar la biodiversidad es importante, ya que su pérdida generaría problemas en la alimentación, tanto animal como humana (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2017).

Estudios de caracterización agronómica de especies vegetales son fundamentales en programas de mejoramiento genético, enfocados al desarrollo de nuevos cultivares, con lo cual se puede medir la variabilidad genética y su relación con la variabilidad de la especie en la región (Valdés-Infante *et al.* 2012).

La caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente. Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto, la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación (Hernández-Villareal 2013).

La caracterización es un conjunto de datos que muestran las características de las accesiones con las que se cuentan. Mediante este método se puede seleccionar materiales vegetales con características sobresalientes, por ejemplo: resistencia a patógenos. Además, con la caracterización se extrae una serie de características cuantitativas y cualitativas, que permiten la selección de materiales y posterior utilización en programas de investigación o de otra naturaleza (Torres-Calderón 2007).

La caracterización morfológica es la descripción de la expresión fenotípica de cada individuo en estudio, a partir de un conjunto de caracteres cuantitativos y cualitativos, que permiten conocer las características morfológicas de las especies en un ambiente determinado (Olivera *et al.* 2014).

Los caracteres generalmente evaluados en especies vegetales son el porcentaje de germinación, la altura de planta, la longitud del sistema radicular y la esterilidad entre otros caracteres (Gómez-Pando 2014).

Los recursos fitogenéticos se conservan para utilizarlos, y ello solo es posible si se conocen en detalle sus características o atributos y se visualizan sus posibles usos. Es decir, que para caracterizar un material vegetal es preciso recurrir al estudio de atributos morfológicos, estructurales o funcionales, contenidos en el germoplasma, como portador de las características hereditarias de la especie (Guardado 2017).

Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto, la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación (Hernández Villareal 2013).

2.3.2. Descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos.

Torres Calderón (2007), indica que un descriptor es una variable o atributo que se observa en un conjunto de elementos, ejemplo: altura de planta, color de la flor, entre otros. Un descriptor es el nombre que se le asigna a una característica o a una parte de la planta, fruto o semilla, el cual se quiere medir (Navarro *et al.* 2008).

Los descriptores morfológicos involucran el uso y manejo de atributos para realizar mejoramiento genético de especies forrajeras mediante la evaluación y selección de estos descriptores en ecotipos sobresalientes. Además, se pueden identificar características específicas que pudieran ser incorporadas mediante hibridación a individuos sobresalientes que no las presentan (Morales-Nieto *et al.* 2018).

La actividad de caracterización de los bancos de germoplasma se ha realizado tradicionalmente mediante el uso de descriptores morfológicos relacionados con el comportamiento agronómico. Cuando la diversidad genética entre las especies y dentro de las especies es fácilmente observable, los descriptores morfológicos suministran información que puede evitar duplicaciones del mismo material y minimizar la sobreestimación de la diversidad existente (Becerra y Paredes 2000).

Los descriptores cuantitativos son aquellos que adoptan valores numéricos; es decir, cifras que hacen que se diferencien de las variables cualitativas, que expresan cualidades, atributos, categorías o características.

Morales-Nieto *et al.* (2018) estudiaron las fases vegetativa y reproductiva para la caracterización morfológica mediante la calificación de descriptores del pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* Michx.). Para medir la variación morfológica utilizaron 14 variables como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Descriptores cuantitativos usados en la caracterización morfológica del pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* Michx).

Código	Descriptor
AF	Altura de forraje (cm)
AP	Altura de planta (cm)
DT	Densidad de tallos (en 25 cm ² del macollo)
DTB	Diámetro de tallo base (mm)
DTM	Diámetro de tallo medio (mm)
ALHC	Ancho de lámina de hoja central (mm)
LLHC	Longitud de lámina de hoja central (mm)
LI	Longitud de inflorescencia (cm)
NRPI	Número de ramas por inflorescencia
NEPR	Número de espiguillas por ramas
LR	Longitud de ramas (mm)
LRI	Longitud de raquis de la inflorescencia (cm)
LP	Longitud del pedicelo (cm)
RF	Rendimiento de forraje (g)

Descriptores cualitativos es el nombre dado a los datos que se expresan en forma de palabras o textos que ayudan a comprender ciertas acciones y actitudes que no son cuantificables, por lo que su uso es muy importante para fundamentar cualquier investigación seria, este tipo de dato tiene como principal característica que no se puede medir, ni expresarse numéricamente, deben ser interpretados.

Olivera *et al.* (2010) en estudios de caracterización morfo botánica de accesiones de la especie *Cynodon dactylon* utilizaron los descriptores cuantitativos y cualitativos como se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Descriptores cuantitativos y cualitativos usados en la caracterización morfo botánica accesiones de la especie *Cynodon dactylon*.

Cuantitativos	Cualitativos
GT. Grosor del tallo	CH. Color de la hoja
LH. Longitud de la 3ra hoja	CIN. Color del internodio
AH. Ancho de la 3ra hoja	PH. Pelos en el haz
LV. Longitud de la vaina de la 3ra hoja	PE. Pelos en el envés
LIN. Longitud de los internodios en los estolones	PT. Pelos en el tallo
LINFL. Longitud de la inflorescencia	CV. Color de la vaina
AI. Ancho de la inflorescencia	TL. Tipo de lígula
NIN. Número de entrenudos	
NR. Número de raquis	
AV. Altura vegetativa	
AR. Altura reproductiva	

2.4. VALOR NUTRITIVO DE PLANTAS FORRAJERAS.

2.4.1. Aporte nutricional de las gramíneas en la alimentación de herbívoros domésticos.

Los pastos son parte de la dieta básica y más económica en la alimentación de rumiantes bovinos, caprinos y ovinos; además, proporcionan materia orgánica al suelo lo que ayuda en su conservación. Protegen los suelos de la erosión y conservan la humedad, el sistema radicular favorece la aireación e infiltración del agua y el crecimiento en terrenos con topografía accidentada evita el arrastre de la tierra (Reyes Pineda *et al.* 2017). El manejo adecuado del pastoreo permite producir grandes cantidades de forraje de alta calidad aprovechable para los animales y que pueda persistir por más tiempo. Además, controla la

oferta de pasto por animal y su valor nutritivo, determinando el consumo de nutrientes y el rendimiento individual (Villalobos & Sánchez 2010).

La deficiencia o desequilibrio de minerales en el suelo se ve reflejado en el valor nutricional de las pasturas, causando problemas en términos de productividad y reproducción del ganado vacuno (Salamanca 2010).

El valor de los principios nutritivos de los forrajes se calcula por su fuerza calórica o energética. El valor nutritivo de los forrajes de acuerdo con el análisis se calcula por el tanto por ciento de agua y la materia seca, que contiene principios nutritivos requeridos por el organismo animal para su metabolismo (Jaramillo & Seberino 2015).

El pasto Janeiro tiene buena aceptación por parte del ganado, su valor nutritivo es bueno especialmente cuando el material es joven, disminuyendo su calidad a medida que la planta madura. Cuando se cosecha a los 21 días de edad en época seca, la proteína cruda y digestibilidad *in vitro* llegan a 16.8 y 57.0 %, respectivamente; mientras que en época lluviosa la proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* cosechado a la misma edad (21 días) se registran en 16.5 y 58.0 % respectivamente. Estos valores contrastan cuando se cosechan a los 42 días en la época seca, en donde la proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* desciende hasta 12.8 y 49.0 %, respectivamente y en la época lluviosa alcanza los 11.3 y 50.0 %, respectivamente (INIAP 1989).

Los pastos tienen gran importancia, porque son la fuente de alimento más barato que existe en la alimentación de rumiantes, esto incentiva en los investigadores a descubrir especies de forrajes altamente nutritivos, digestibles y con gran rendimiento de biomasa (Oliva *et al.* 2015).

En trabajos realizados en la cuenca del Amazonas en Perú para determinar el aporte nutricional de los pastos presentes en la zona, indican que las especies que lideran en rendimiento de materia seca/ha/corte es el Siso menudo (*Philo-glossa mimuloides*) y el Siso lapacho (*Philo-glossa mimuloides*) con 8.5 t y 8.2 t respectivamente, le siguen las especies, *Cenchrus clandestinus* con 5.8 t, *Trifolium repens* con 4.1 t y *Trifolium dubium* 4.0 t. Respecto a la digestibilidad, el pasto nativo con mayor valor es el Trébol blanco (*Trifolium repens*) con 91.8% es el que presenta el valor más alto y el pasto Trebolillo espadillano

(*Trifolium dubium*) es el que presenta el valor más bajo con 76.28%. En cuanto al contenido de fibra y la digestibilidad de los pastos, existe una relación estrecha, ya que la digestibilidad va a depender de la composición química de cada forraje o de la composición celular, dependiendo principalmente de la pared celular, ya que la degradación de la materia seca va depender del momento de muestreo, del estado fenológico del forraje, además de la época, ya que en periodos de lluvia la degradabilidad es mayor (Sánchez *et al.* 2008).

2.4.2. Efecto de la fertilización y la frecuencia de corte en el valor nutritivo del pasto Janeiro.

Méndez Carvajal (2013) manifiesta que la fertilización presiembra depende del análisis de suelos y los requerimientos propios del cultivo. Es necesario utilizar fertilizantes de lenta liberación que servirán para la nutrición de los esquejes tales como sulfato de calcio, superfosfato triple o magnesio incorporado al suelo.

Aquino Zacarías & Gómez Villanes (2019) indican que para garantizar la calidad nutritiva de los alimentos se deben implementar estrategias de biofortificación agronómica de los cultivos (Cedeño *et al.* 2018). Se concibe las prácticas agrícolas orgánicas (suministro de bioestimulantes orgánicos al suelo o área foliar), como herramientas que permiten reducir el estrés, minimizando los efectos negativos de las variaciones edafoclimáticas (Cruz *et al.* 2015); además, proveen mayor resistencia a plagas y enfermedades (Granados 2015) e incrementan la velocidad metabólica y fotosintética, siendo activas a nivel celular y molecular, actuando como un todo en el organismo de la planta (Cruz *et al.* 2015), estimulando el crecimiento radicular generando mayor resistencia al estrés hídrico (Freitag 2014), promoviendo la utilización de menor cantidad de insumos externos y minimizando el uso de fertilizantes químicos, y otros insumos nocivos, permitiendo obtener rendimientos agrícolas saludables (Mendoza *et al.* 2014).

Perez *et al.* (2008) indican que el nitrógeno sirve de partida a la planta para la síntesis de proteínas, enzimas y vitaminas de sus tejidos, por ello hay estados vegetativos en los que la planta tiene una elevada necesidad de nitrógeno, durante el crecimiento activo para formar raíces, órganos reproductores y de fecundación, etc. y es el factor que determina los rendimientos, constituyéndose en la base del abonado.

Los problemas de pérdida de fertilidad, hace referencia a la fertilidad química del suelo, y se conoce como una "deficiencia de nutrientes". Esto significa que uno o más nutrientes están en el suelo en una cantidad que no permite que un cultivo satisfaga sus necesidades y entonces se presentan problemas de crecimiento, desarrollo y producción. Los síntomas pueden ser: la reducción del área foliar que provoca menor interceptación de la radiación, resultando en plantas más pequeñas, deficientes y con menor rendimiento (Fontanetto & Bianchini 2010).

El nitrógeno añadido como abono, puede estar como urea, NH_4^+ y NO_3^- . Este nitrógeno sigue los mismos modelos de reacción que el nitrógeno liberado por los procesos bioquímicos a partir de residuos de plantas (INFOAGRO 2008)

Perez *et al.* (2008) manifiestan que el déficit de nitrógeno se traduce en síntomas variados, el rendimiento de un cultivo puede bajar incluso antes de la manifestación sintomática. La clorosis es el primer síntoma que se presenta; es decir la pérdida de moléculas de clorofila, la planta toma un color amarillento. La producción y síntesis orgánica se frena y baja de esta manera la velocidad de crecimiento y desarrollo.

La fertilización mínima (del elemento en kg/ha) N 50; P_2O_5 : 45.8, K_2O 18; Mg O: 24.75; SO_4 44.86. También, responde a la fertilización (N, P, K) a los 6-8 meses después de establecido. Se debe hacer rotación de potreros, teniendo especial cuidado con el tiempo de pastoreo, ya que no lignifica y los animales tienden a consumir abundantemente, se puede pastorear cada 45 días (Chavarría 2013).

Con la aplicación máxima (en kg /ha) 120 kg N; 90 kg P_2O_5 ; 120 kg K_2O + 2 kg de bonanza, se logran los mayores rendimientos en producción de biomasa en pasto Janeiro donde se obtuvieron plantas con un mayor desarrollo en cuanto a tamaño y vigor (Terán 2015).

Los pastos requieren un aporte continuo de (N, P, K) entre otros minerales tales como (Ca, Mg, Mn, Mo, etc.), además recibir un estímulo de todo tipo microflora (hongos, bacterias, levaduras, micorrizas, actinomicetos, etc.), al menos es importante dotar al vegetal de un episodio de fertilización en la etapa de crecimiento (Díaz 2017).

Las gramíneas forrajeras son plantas que forman la mayor parte de las áreas de producción de forraje para el ganado. Existen especies que son sembradas para pastoreo directo y otras que se siembran para ser utilizadas mediante cortes, en forma manual o mecanizada, para suministro en comederos, ya sea en forma fresca, uso en ensilaje o heno (Villalobos & Sánchez 2010).

La edad de corte causa varias modificaciones en la estructura de un pasto. No obstante, el corte a edades tempranas provoca efectos perjudiciales a la planta, porque la remoción continua de la biomasa foliar decrece el contenido de almacenamiento en las partes bajas de los tallos y raíces, con una afectación al rebrote y crecimiento vigoroso después del corte (Madera *et al.* 2013).

Bohórquez Galarza (2018) realizó estudios de Evaluación del rendimiento y proteína cruda del pasto Janeiro bajo cinco frecuencias de corte, registrando resultados de producción de materia seca de 3480 Kg/ha con frecuencia de corte de tres semanas, con seis semanas 3693.5 Kg/ha, con 9 semanas 4169.0 Kg/ha, con doce semanas 4576.6 Kg/ha y con quince semanas 5974.3 Kg/ha; así mismo reporta una producción de materia verde de 7076.7 Kg/ha con frecuencia de corte de tres semanas, con frecuencia de seis semanas 7446.0 Kg/ha, con nueve semanas 8205.0 Kg/ha, con doce semanas 9376.3 Kg/ha y con quince semanas 9885.2 Kg/ha.

En la actualidad, el uso intensivo de pastos para corte debe considerarse como una herramienta de bajo costo, para incrementar la producción de los animales. Esto implica minimizar el desperdicio de forraje eliminando el pisoteo, evitando el gasto de energía durante el pastoreo y en alguna forma se disminuye la selección del animal que normalmente deja un residuo considerable en los potreros (Márquez *et al.* 2007).

Briones (2016) manifiesta que en pasto elefante y caña de azúcar, el corte se recomienda lo más cerca del suelo, a unos 5 cm, en pasto Maralfalfa 10 cm, para pasto guinea unos 20 cm y Janeiro de 15-20 cm, dependiendo del lugar donde se encuentren las reservas para el rebrote de cada especie. Es importante la calibración de la altura de corte de la maquinaria, al igual que el filo de las cuchillas, por lo que se debe entrenar al personal en esta práctica. Con esto se evitarán daños a los macollos de donde provienen los rebrotes, siendo los más importantes para una pronta recuperación del pastizal.

2.4.3. Productividad, digestibilidad y proteína del pasto Janeiro.

Cepeda (2016) en su estudio realizado sobre la evaluación de cuatro densidades de siembra de los pastos Tanner (*Brachiaria arrecta*) y Janeiro (*Eriochloa polystachya*) para la producción bovina en la zona baja inundable de Babahoyo, reporta valores de materia verde para el pasto Janeiro de 9206.7 Kg/ha, superior estadísticamente al pasto Tanner con 7445.6 Kg/ha, mientras que el peso de materia seca reportado para Janeiro fue de 4811.3 Kg/ha, registro superior al pasto tanner con 3680.5 Kg/ha.

Arce *et al.* (2003) estudiaron la digestibilidad de gramíneas cultivadas: Dactilys (*Dactilys glomerata*), rye grass (*Lolium italiano* y *Lolium inglés*), braquiaria (*Brachiaria decumbens*), camerún (*Echinochloa polystachya*) y king grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum tipoides*), Leguminosas cultivadas: Alfalfa (*Medicago sativa*), trébol rojo (*Trifolium repens*), trébol blanco (*Trifolium perenne*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*), centrocema (*Centrocema pubescens*) y calopo o rastrea (*Calopogonio mucunoides*), Pastos naturales: Ichu (*Stipa ichu*), festuca (*Festuca dolicophyllia*), mulem-bergia (*Mulembergia fastigiata*), toro urco (*Axonopus compresus* y *Paspalum conjugatum*), reportando valores de porcentajes de digestibilidad para gramíneas cultivadas iguales a: Dactilys 75.91, Rye grass inglés 84.03, Rye grass italiano 83.25, Braquiaria 64.52, Camerún 49.56, King grass 51.17; Para leguminosas cultivadas iguales a: Alfalfa 80.83, Trébol rojo 85.02, Trébol blanco 92.90, Kudzu 58.81, Centrocema 57.41, Calopo 58.52; Para pastos naturales: Ichu 40.17; Festuca 48.71; Mulembergia 49.80; Toro urco 2, 55.68 y Toro urco 3, 56.25 %.

La etapa fisiológica de las pasturas es de gran importancia sobre el contenido de proteína y minerales presentes en las plantas, a medida que la planta prospera muestra una disminución progresiva del contenido de minerales. Los elementos que definen mayormente el rendimiento de los pastos son: el fósforo y el nitrógeno (Salamanca 2010).

La producción anual del pasto Janeiro varía entre 8 - 12 t de materia seca/hectárea y soporta cargas altas bajo manejo rotacional. Los contenidos de proteína en praderas bien manejadas están entre 10 – 13 por ciento, y la digestibilidad entre 50 – 55 por ciento (INIAP 1989).

Cepeda (2016) reporta que el porcentaje de proteína cruda (PC) en el pasto Janeiro cosechado a las tres semanas alcanzó un 4.2 % de PC, a las seis semanas 6.6 % de PC, a las

nueve semanas 9.2 % de PC, a las doce semanas 13.0 % de PC y a las quince semanas 7.1 % de PC, lo que mostró que la proteína se incrementó hasta las doce semanas y a partir de esa fecha el valor comienza a descender.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La ejecución del trabajo de investigación comprendió tres ensayos, el primero relacionado a la determinación de la dosis letal media de irradiación con rayos gamma para *Eriochloa polystachya* Kunth; el segundo orientado a la caracterización morfológica de accesiones obtenidas por irradiación y el tercero orientado a evaluar la respuesta del pasto Janeiro irradiado con la dosis letal media determinada sometidos a dosis de fertilización y fechas de corte.

3.1. ENSAYO 1. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA DE IRRADIACIÓN CON RAYOS GAMMA EN *ERIOCHLOA POLYSTACHYA* KUNTH.

Objetivo.

Estimar la dosis letal media de irradiación con rayos gamma en *Eriochloa polystachya* Kunth.

3.1.1. Localización.

Las actividades realizadas en este objetivo se realizaron en dos localidades. La colecta de los estolones y la siembra de estos post irradiación se llevaron a cabo en la Granja Experimental San Pablo de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km. 7.5 de la vía Babahoyo-Montalvo. Las coordenadas geográficas en UTM fueron X: 1,7723946; Y: 79,7102593. La zona presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura que oscila entre los 24 y 26 °C, con humedad relativa de 88%, precipitación promedio anual de 1 262 mm, a una altitud de 8 msnm y 990 horas de heliofanía de promedio anual.

La irradiación con rayos gamma de los estolones de pasto Janeiro con un nudo, se realizó en el irradiador con isotopos ^{60}Co de 11 500 Curies, Modelo 109-68, perteneciente a la Dirección Nacional de Investigación y Aplicaciones Nucleares del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, localizado en Aloag, Pichincha-Ecuador.

3.1.2. Procedimiento experimental.

Para la presente investigación se utilizaron 8 600 estolones de pasto Janeiro colectados en la Granja Experimental San Pablo de la Universidad Técnica de Babahoyo. Estos fueron

obtenidos de plantas maduras en la etapa de floración, los estolones tenían en promedio a ocho centímetros de largo e incluyeron un nudo.

Los estolones fueron cortados con tijeras de jardinería y lavados con agua destilada estéril (tres enjuagues). Luego fueron sumergidas en una solución compuesta de azoxistrobina + difeconazole (fungicida) por 15 minutos; luego los estolones se empaquetaron en número de 430, en bolsas plásticas con orificios y se identificaron con cinta adhesiva luego de su respectivo sorteo de aleatorización, se transportaron en una nevera con hielo hasta el sitio donde se realizó la irradiación (Sánchez *et al.* 2010). Los estolones que correspondían al grupo testigo (0 Gy), tuvieron el mismo manejo que los irradiados.

3.1.3. Tratamientos.

Se aplicaron cuatro dosis de radiación: 25, 50, 75, 100 Gy, incluyéndose también la dosis 0 (control). El tiempo de duración desde la colecta de los estolones, transporte ida y vuelta al instituto de irradiación y siembra del material irradiado, fue un total de 28 horas.

3.1.4. Manejo de los estolones irradiados.

Los estolones irradiados se sembraron en platabandas que fueron preparadas con los siguientes materiales: 50 Kg de cáscara de arroz, 50 Kg de viruta de madera, 50 Kg de arena y 150 Kg de tierra suelta y fresca. Todos estos elementos fueron mezclados hasta conseguir una mezcla homogénea (Acosta-Durán *et al.* 2008). Se sembraron 430 estolones por cada unidad experimental y por cada repetición incluyendo el testigo, las platabandas fueron regadas hasta obtener humedad óptima de campo antes de la siembra de los estolones irradiados.

Los estolones fueron sembrados en la platabanda de manera erecta, dejando la yema enterrada a un centímetro de la superficie del suelo aproximadamente. La distancia entre estolones fue de 5 cm y la distancia entre hileras fue de 8 cm aproximados. Los estolones fueron regados con frecuencia de aproximadamente cada tres días, manteniendo siempre húmeda la platabanda. El control de malezas se realizó manualmente cada vez que se requería.

3.1.5. Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron, porcentaje de prendimiento, porcentaje de mortalidad y longitud de planta. Estas variables fueron registradas semanalmente por un tiempo de 30 días.

El porcentaje de prendimiento se determinó aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ prendimiento} = \frac{\text{No. de estolones sembrados} - \text{No. estolones muertos}}{\text{No. de estolones sembrados}} \times 100$$

El porcentaje de mortalidad fue determinado con la siguiente formula:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{No. de estolones sembrados} - \text{No. estolones vivos}}{\text{No. de estolones sembrados}} \times 100$$

La longitud de planta se registró en centímetros y se obtuvo midiendo con una regla milimetrada desde el nivel del suelo hasta la inserción de la última hoja apical del estolón.

3.1.6. Análisis estadístico.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial (AxB) con cuatro dosis de irradiación y el testigo sin irradiar (0, 25, 50, 75 y 100 Gy), cuatro momentos de evaluación (8, 16, 22, y 30 días) y cuatro repeticiones.

El modelo aditivo lineal correspondió de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha \beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor estimado de la variable.

μ = Media general.

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j -ésimo bloque.

$(\alpha \beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental en el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

Los datos correspondientes al prendimiento, mortalidad y longitud de planta, fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico InfoStat y para determinar la significancia estadística entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de LSD Fisher al 0,05 % de significancia. Se realizaron análisis de correlación entre la dosis de irradiación y las variables prendimiento, mortalidad y longitud de planta, para lo cual se utilizó el análisis de regresión con el modelo lineal probit, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI. II.

Para el cálculo de la dosis letal media (DL_{50}), se utilizó un modelo lineal generalizado de respuesta binomial con factor de respuesta logit, el cual es un modelo recomendado por la Universidad de California (UCLA 2016).

Este modelo está definido por Logit (Y) = constante + coef*X, donde X equivale a la dosis de radiación utilizada y logit equivale al Log (P/1-P), siendo P la proporción de prendimiento. Los modelos Probit son no lineales en los parámetros, por lo cual los estimadores se obtienen mediante el método de máxima verosimilitud.

3.2. ENSAYO 2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL PASTO JANEIRO M0 Y M1 V3 IRRADIADO CON RAYOS GAMMA.

Objetivo.

Caracterizar morfológicamente las plantas obtenidas por diferentes niveles de irradiación.

3.2.1. Localización.

La investigación se realizó en el campus de la Granja Experimental San Pablo y en el Laboratorio de Suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

El presente ensayo se desarrolló en tres etapas: (1) Caracterización de especímenes de pasto Janeiro sin irradiar (M0), (2) Caracterización de especímenes de pasto Janeiro M1 V3 irradiado a 25; 50; 75 y 100 Gy; e (3) Identificación de candidatas a mutantes en plantas de

la tercera generación irradiadas con la dosis letal media 52 Gy (M1 V3) basada en las características morfológicas.

3.2.2. Primera etapa: Caracterización morfológica del pasto Janeiro sin irradiar (M0).

3.2.2.1. Procedimiento experimental.

Las plantas utilizadas para la caracterización fueron obtenidas del campus San Pablo de la Universidad Técnica de Babahoyo. El cálculo del tamaño óptimo de la muestra se realizó siguiendo la metodología utilizada por el Departamento de Mejoramiento de la Universidad Nacional de Colombia, que se basa en la siguiente ecuación:

$$n = \frac{4CV^2}{E^2\%}$$

Donde,

n = Tamaño óptimo de la muestra.

CV = Porcentaje de variación asociado con el descriptor que se considere más variable dentro de la colección.

E²% = Error permisible expresado como porcentaje de la media verdadera. Se refiere a la diferencia que se espera entre la media muestral y la media verdadera (μ) del descriptor, expresado en porcentaje con un nivel de confianza de 95%.

Para la primera etapa con la aplicación de la fórmula explicada se obtuvo el resultado de una población de 45 plantas para alcanzar un error permisible de 10% y un coeficiente de variación CV de 40%.

3.2.2.2. Descriptores utilizados para la caracterización.

Los descriptores utilizados para la caracterización morfológica de las plantas M0 incluyeron descriptores cuantitativos y cualitativos, se utilizó como referencia la guía técnica para la descripción varietal propuesta por Sagarpa (2015), a través de la cual se establecen los

criterios, procedimientos y especificaciones para la elaboración de guías en la descripción varietal y reglas para determinar la calidad de las semillas que se utilizan en la siembra.

En este estudio, los datos fueron tomados en plantas que presentaban inflorescencia y la información recabada se obtuvo considerando las siguientes especificaciones:

Los descriptores cuantitativos fueron 18, como se describen a continuación.

Longitud de planta (LP).

La LP se midió desde el nivel del suelo hasta la última hoja en las ramas seleccionadas al azar, esta variable se reportó en centímetros.

Longitud de follaje (LF).

La LF se midió desde el nivel del suelo hasta la altura de las hojas más altas, esta variable se reportó en centímetros.

Diámetro de tallo (DT).

El DT se tomó con un calibrador vernier, tomando un tallo al azar de la parte central de la planta, a una altura de 30 cm del nivel del suelo. Esta variable se reportó en milímetros.

Longitud de hoja (LH).

La LH se midió tomando una hoja al azar de la parte central de la planta, en cada hoja se midió desde la base de la lámina foliar hasta el ápice de la misma, y se presenta en centímetro

Ancho de hoja (AH).

El AH se tomó en el tercio medio de la hoja, esta variable se midió en centímetros.

Longitud de inflorescencia (LI).

La LI se midió tomando una inflorescencia al azar de cada planta midiendo desde la base hasta el ápice de la inflorescencia, esta variable se registró en centímetro.

Ancho de inflorescencia (AI).

La AI se midió en el tercio medio de la inflorescencia, esta variable se informó en centímetros.

Longitud de pedicelo en inflorescencia (LPI).

La LPI se procedió a medir desde la parte final del tallo hasta el punto de crecimiento de las espiguillas, esta variable se reportó en centímetros.

Longitud de cariósida (LC).

La LC se procedió a tomar una semilla y con ayuda de una cinta se midió cuantos milímetros presentaba.

Longitud de vaina (LV)

La LV se midió desde el inicio de un nudo del tallo principal hasta el punto de crecimiento de la hoja, este parámetro se midió en centímetros.

Número de espiguillas (NE).

El NE se contó en la espiga central el número total de espiguillas.

Número de espigas por planta EP.

Las EP se contabilizaron de manera directa en todas las ramas de las plantas.

Peso de 1000 semillas por planta (PS).

El PS se procedió a contar 1000 semillas de la inflorescencia y luego se las pesó en la balanza gramera digital del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, esta variable se presentó en gramos (g).

Área de lámina foliar AF.

Para medir el índice de área foliar se multiplico largo por ancho de cada hoja y el resultado se multiplico por el factor 0.75.

Rendimiento de materia seca (%RMS).

Para el porcentaje de rendimiento de materia seca se lo determinó dividiendo la resta del peso inicial o fresco menos el peso seco, dividido para el valor del peso inicial o fresco. Ya obtenido este resultado se multiplica por cien, otorgando la variable buscada % RMS.

$$\% \text{ MS} = [(\text{peso inicial} - \text{peso seco}) / \text{peso inicial}]$$

Número de vástagos (NV).

El NV se procedió a contar el número total de vástagos por planta.

Número de hojas por planta (NH).

Las HP se tomó contabilizando el número total de hojas por planta.

Número de nudos por planta (NP).

Los NP se tomó contabilizando el número total de nudos por planta.

Los descriptores cualitativos fueron 10, descritos a continuación.

Forma de lígula (FL).

Esta variable fue tomada en la hoja central de la planta, esta parte vegetativa fue llevada al laboratorio y con ayuda del estereoscopio se evidenció la forma de la lígula.

Presencia de estolones (PE).

La PE se observó en los tallos de la planta si presentó o no estolones.

Intensidad del color verde de follaje (ICF).

La ICF se procedió a evaluar usando como referencia la escala de Carrillo (2015) donde: IFC= Claro (3), medio (5), e intenso (7).

Color verde de tallo (CT).

El CT se tomó con la ayuda de la siguiente escala: CT=1 (verde claro); CT=2 (medio); CT=3 (verde + áreas moradas).

Pubescencia de tallo (PT).

La PT se evaluó con la ayuda de la siguiente escala generad para este estudio: PT=1 (nula); PT=2 (intermedia); PT=3 (abundante).

Pubescencia de hoja (PH).

PH=1 (nula); PH=2 (intermedia); PH=3 (abundante).

Pubescencia en nudos (PN).

La PN se observó en el tallo si presentaba o no pubescencia.

Color de flor (CF).

El CF se tomó con la ayuda de la siguiente escala: CF = 1 (morada); CF= 2 (marrón claro); CF= 3 (marrón oscuro).

Color de gluma (CG).

El CG se procedió a evaluar de acuerdo a la escala de Carrillo (2015): verde (1), marrón claro (2), marrón oscuro (3).

Color de cariósides (CC).

El CC se procedió a evaluar de acuerdo a la siguiente escala: Blanco amarillento (1), marrón claro (2) y marrón oscuro (3).

3.2.2.3. Analisis estadístico.

Los datos correspondientes a los descriptores cuantitativos y cualitativos, se analizaron utilizando estadística descriptiva. Se realizó también el análisis de variancia (ADEVA), la separación de medias según Tukey ($p < 0.05$), y el análisis de correlación (Pearson) para identificar el grado de asociación entre variables.

3.2.3. Segunda etapa: Caracterización de especímenes de pasto Janeiro M1 V3 irradiado con 25, 50, 75 y 100 Gy.

3.2.3.1. Procedimiento experimental.

Las plantas utilizadas para la caracterización de especímenes de pasto Janeiro M1 V3, fueron obtenidas de los ensayos establecidos, descendientes de las plantas irradiadas en su tercera generación, las que se encontraban en el campus San Pablo de la Universidad Técnica de Babahoyo. Se tomó una muestra de quince individuos por tratamiento, cuando las plantas se encontraban en la etapa de floración, en esta etapa es la más adecuada por cuanto permite evaluar todas las variables morfológicas requeridas.

3.2.3.2. Descriptores utilizados para la caracterización.

La caracterización morfológica de pasto Janeiro irradiado con 25, 50, 75 y 100 Gy correspondiente a la tercera generación clonal (M1 V3), se realizó tomando como referencia la guía técnica para la descripción varietal propuesta por Sagarpa (2015), en la cual se incluyeron descriptores cuantitativos (18) y cualitativos (10), que fueron descritos en la primera etapa M0.

3.2.3.3. Análisis estadístico.

Los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos, se analizaron con estadística descriptiva. Se aplicó también el análisis de variancia (ADEVA), la separación de medias según Tukey ($p < 0.05$), y se realizó un análisis de correlación (Pearson) para identificar el grado de asociación entre variables.

3.2.4. Tercera etapa: Identificar candidatas a mutantes en una población de plantas correspondientes a la tercera generación (M1 V3) del material irradiado con 52 Gy (DL50).

3.2.4.1. Localización.

La investigación se realizó en el campus de la Universidad Técnica de Babahoyo, donde se realizaron los anteriores ensayos, en el área donde se desarrolló el Proyecto de Mejoramiento Genético de pastos de la UTB.

3.2.4.2. Procedimiento experimental.

Una vez que se obtuvo el cálculo de la DL_{50} (52 Gy) determinado en el ensayo 1, con esta dosis se irradió una nueva población de estolones de pasto Janeiro, donde el material consistió de estolones de 8 cm de largo, aproximadamente; conteniendo una yema. Se prepararon 4 Kg de estolones y fueron trasladados al Instituto de Energía Renovable mencionado en el ensayo 1. Para la irradiación se elaboraron paquetes de 1 Kg cada uno que coincidía con el tamaño del cilindro del equipo de irradiación.

Una vez realizada la irradiación del material vegetal, los estolones fueron sembrados en el campo en una sola parcela. La parcela se preparó realizando varios pases de arado hasta dejar un suelo suelto. El riego se realizó cada vez que el cultivo lo necesitaba.

Una vez que los estolones comenzaron a crecer, elongando su yema hasta desarrollar un estolón (M1 V1). A los 90 días a lo largo de este estolón, se formaron yemas que también se desarrollaron en nuevos estolones (M1 V2). Los estolones M1 V2 fueron evaluados de manera visual, detectando las características principalmente de longitud y ancho de hoja, diámetro de tallo y largo de la rama en todos los individuos de la parcela. Esta evaluación permitió seleccionar 9 ramas (una de cada individuo) que se diferenciaban dentro de la población total. La selección de candidatas se basó en una comparación cuantitativa entre plantas M0 y ramas M1 V2 irradiadas con 52 Gy (DL_{50}), de entre las cuales se seleccionaron las que presentaban valores superiores a la media de las variables anteriormente mencionadas.

A partir de las 9 ramas seleccionadas (M1 V2), se obtuvieron 10 estolones que fueron cortados con una longitud de 6 cm aproximadamente, cada uno conteniendo una yema. Los estolones fueron sembrados inicialmente para su prendimiento en macetas pequeñas, los que obtuvieron un 100 % de prendimiento, teniendo finalmente un total de 90 estolones. Los 10 individuos de cada selección, fueron sembrados en el campo en hilera a una distancia de 1 m entre individuo y 2 m de separación entre hilera. Conformando una parcela de 220 m² aproximadamente.

3.2.4.3. Tratamientos.

El experimento involucró nueve tratamientos que fueron constituidos por las nueve accesiones seleccionadas como candidatas a mutantes. De cada una de las plantas se obtuvieron 10 estolones los que constituyeron las repeticiones, una vez seleccionadas las nueve plantas los tratamientos se establecieron aleatoriamente.

3.2.4.4. Variables evaluadas.

Las variables monitoreadas en esta etapa como parámetros indicadores de la variabilidad fenotípica fueron: longitud de rama, longitud de hoja, ancho de hoja, número de nudos, diámetro de tallo y número de macollos, se evaluaron en cuatro fechas cada veintiún días.

Longitud de rama (cm).

La longitud de rama se midió desde la base de la planta hasta la yema terminal. Para el registro del dato se utilizó un flexómetro.

Longitud y ancho de hoja (cm).

La longitud y ancho de hoja se realizó en la hoja del cuarto nudo de la rama contando desde la parte superior a inferior, se utilizó un flexómetro.

Número de nudos.

El número de nudos se contabilizó numéricamente de las ramas de las plantas al azar.

Diámetro de tallos (mm).

El diámetro de tallos se midió desde el segundo entrenudo del tallo de 5 ramas por planta, con la ayuda del calibrador, los datos de esta variable se tomaron en milímetros (mm).

Número de macollos.

El número de macollas se contabilizaron numéricamente, contando y registrando los datos de las plantas al azar.

3.2.4.5. Analisis estadístico.

Los datos fueron analizados en un Diseño Completo al Azar con nueve tratamientos (candidatas a nuevas accesiones) y diez repeticiones (un estolón por repetición), para determinar la significancia estadística entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad, el modelo aditivo lineal fue:

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

Donde:

Y_{ijk} = Valor estimado de la variable.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental en el i -ésimo tratamiento y el j -ésima repetición.

3.3. ENSAYO 3. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO, CONTENIDO DE PROTEÍNA Y DIGESTIBILIDAD EN POBLACIONES TRATADAS CON LA DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀) DE 52 GY.

Objetivo.

Evaluar el rendimiento, contenido de proteína y digestibilidad de plantas aplicando la dosis letal media (DL₅₀) de 52 Gy.

3.3.1. Localización.

Este ensayo fue conducido en un área de pasto ya establecida dentro del Proyecto de Mejoramiento Genético de Pasto Janeiro, ubicado en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB).

3.3.2. Procedimiento experimental.

Para el desarrollo de este ensayo, se utilizaron estolones de pasto Janeiro M1 V3 provenientes de las plantas irradiadas con la DL₅₀ (52 Gy). El lote de material irradiado a 52 Gy fue habilitado inicialmente realizándose una poda a 15 centímetros del suelo. Posterior a esto, se procedió con las señalizaciones y a delimitar el área de cada unidad experimental, las que tuvieron 5 metros de ancho x 5 metros de largo. Se identificaron y seleccionaron diez plantas por cada unidad experimental para llevar a cabo la toma de datos.

El riego se realizó dos veces por semana, dependiendo de la humedad de campo. Los primeros riegos se realizaron de forma manual planta por planta y los siguientes fueron por inundación, utilizando una bomba y canales de irrigación, los mismos que llegaban hasta el área de estudio. La fertilización se realizó en dos aplicaciones, la primera inmediatamente después del corte de uniformización y la segunda con intervalo de 15 días después del corte. El total de fertilizante aplicado al cultivo fue de 250 kg/ha, con dos fórmulas comerciales Urea 100 Kg/ha, y 150 Kg/ha de abono completo 8-20-20. Para su aplicación se requirió de una balanza gramera para dosificar de acuerdo al área de estudio y las aplicaciones se realizaron uniformemente sobre el cultivo.

3.3.3. Tratamientos.

Los tratamientos fueron constituidos por tres factores: factor (A) Dos niveles de irradiación (0 y 52 Gy); factor (B) Dos niveles de fertilización 0 y 250 (NPK 8-20-20) Kg/ha y factor (C) Dos fechas de corte (35 y 45 días).

3.3.4. Variables evaluadas.

Longitud de planta (cm).

La longitud de planta se midió desde la base de la planta hasta la yema terminal. Para el registro del dato se utilizó un flexómetro.

Diámetro de tallo (mm).

El diámetro de tallo se midió desde el segundo entrenudo del tallo de 5 ramas por planta, con la ayuda de un calibrador, los datos de esta variable se tomaron en milímetros (mm).

Número de hojas por planta.

El número de hojas por planta se contabilizaron descartando las hojas senescentes.

Longitud y ancho de hoja (cm).

La longitud y ancho de hoja se realizó en la hoja del cuarto nudo de la rama contando desde la parte superior a inferior, se utilizó un flexómetro.

Número de macollas.

Las macollas se contabilizaron numéricamente, contando y registrando los datos de las plantas al azar.

Número de nudos.

El número de nudos se contabilizó numéricamente de las ramas de las plantas al azar.

Rendimiento de materia verde (peso fresco).

El rendimiento de peso fresco se obtuvo de las plantas extraídas en cada unidad experimental, para después proceder a colocarlas en funda de papel e identificarlas de acuerdo al tratamiento y repetición correspondiente, las muestras se trasladaron al

Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y con la ayuda de una balanza se registró el peso. Esta variable se expresó en gramos.

Rendimiento de materia seca (peso seco).

El rendimiento de peso seco se obtuvo después de haber pesado las muestras de cada unidad experimental, estas se colocaron a la estufa por 48 horas a 70 °C, luego de transcurrido este tiempo se volvió a tomar el peso expresándose en gramos.

Materia seca (%).

Para el porcentaje de rendimiento de materia seca se determinó con los pesos obtenidos anteriormente, para lo cual se consideró el peso inicial o fresco menos el peso seco, este resultado se dividió para el valor del peso inicial o fresco. Obtenido este resultado se multiplicó por 100, otorgando la variable buscada % MS.

$$\% \text{ MS} = [(\text{peso inicial} - \text{peso seco}) / \text{peso inicial}] \times 100$$

Contenido de proteína cruda (%) y digestibilidad.

La determinación del contenido de proteína cruda (%) y digestibilidad fue realizada en el laboratorio AGROLABPOR y se utilizaron los métodos de Morgan y Microkjeldahl, AOAC. (1984) citado por Lara Mantilla et al., (2010), para la determinación de proteína y el método de Walkley-Black (Walkley y Black 1934) para la determinación de la digestibilidad *in vitro*.

3.3.5. Análisis estadístico.

Los datos de los tratamientos fueron analizados en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial (A x B x C). Para determinar la significancia estadística entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. Los datos correspondientes al prendimiento, mortalidad y longitud de la planta, fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico InfoStat.

El modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha \beta)_{ij} + (\alpha \gamma)_{ik} + (\beta \gamma)_{jk} + (\alpha \beta \gamma)_{ijk} + \mu_{ijk}$$

Donde:

$\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$: Son los efectos producidos por el nivel i -ésimo del factor A, por el nivel j -ésimo del factor B, y por el nivel k -ésimo del factor C, respectivamente.

$(\alpha \beta)_{ij}, (\alpha \gamma)_{ik}, (\beta \gamma)_{jk}, (\alpha \beta \gamma)_{ijk}$: Son los efectos producidos por las interacciones entre A \times B, A \times C, B \times C y A \times B \times C, respectivamente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENSAYO 1. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA DE IRRADIACIÓN CON RAYOS GAMMA EN *ERIOCHLOA POLYSTACHYA* KUNTH.

4.1.1. Efecto de la radiación gamma sobre el prendimiento, mortalidad y longitud de planta.

El análisis de los datos mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) de las dosis de radiación sobre prendimiento, longitud de planta y mortalidad. Al analizar el efecto de la dosis de radiación absorbida (radio sensibilidad) en el prendimiento (Tabla 3), se encontró que esta variable difiere significativamente ($p < 0.05$) entre los estolones irradiados a 50 Gy; 75 Gy y 100 Gy con el testigo (0 Gy); no difiriendo significativamente ($p < 0.01$) entre los estolones irradiados con 25 Gy. Según estos resultados, se puede apreciar que el prendimiento de los estolones, disminuye con el incremento de la dosis. Resultados similares fueron obtenidos por Valdez *et al.*, (2004), quienes 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. Al igual que en el Janeiro del presente estudio, la tendencia del prendimiento se redujo a medida que aumentó la dosis de radiación, con la dosis de 100 Gy el prendimiento fue de menos del 3 %.

Tabla 3. Promedio de prendimiento, mortalidad y longitud de plantas irradiadas con diferentes dosis de radiación gamma.

Variables	Dosis de irradiación (Gy)				
	0	25	50	75	100
Prendimiento %	85 ^a	88 ^a	65 ^b	6 ^c	3 ^c
Longitud de planta (cm)	16.00 ^{a b}	17.85 ^a	14.19 ^b	7.84 ^c	7.27 ^c
Mortalidad %	15 ^c	12 ^c	35 ^b	94 ^a	97 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Al analizar el efecto de la dosis de radiación absorbida (radio sensibilidad) en la longitud de planta, no se encontró que esta variable fue afectada significativamente ($p < 0.05$) con las dosis de radiación 25 y 50 Gy; sin embargo, la longitud de la planta si se vio afectada negativamente ($p < 0.05$) al incrementarse la dosis de radiación arriba de 50 Gy como se aprecia en la Tabla 3. La longitud de planta varió significativamente en función del nivel

de radiación, esta variable fue afectada negativamente con el incremento de la dosis de radiación. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Ángeles-Espino *et al.* (2013) quienes determinaron en un estudio con irradiación en vitroplántulas de *Agave tequilana* var. Azul que las dosis de radiación absorbidas tuvieron efecto directo en el desarrollo de las plántulas y en el desarrollo de callos, pues ambas variables presentaron altos índices de reducción con dosis superiores a 30 Gy.

Respecto a la variable mortalidad se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.01$); siendo los tratamientos 0 y 25 Gy los que presentaron menor mortalidad con un promedio de 15 y 12 %, respectivamente. La mayor mortalidad se observó en los tratamientos con 75 y 100 Gy con un promedio de 94 y 97 %, respectivamente, lo que muestra que la mortalidad aumenta con el incremento de la dosis de irradiación. En la presente investigación se determinó que la menor mortalidad, se dio en tratamientos con bajas dosis de radiación (0, 25 y 50 Gy), lo que ratifica que la mortalidad aumenta con el incremento de la dosis de irradiación. Estos resultados concuerdan con lo expresado por Songsri *et al.* (2011); Thole *et al.* (2012); Olasupo *et al.* (2016) y Corrales (2017); quienes expresan que, al exponer un organismo a radiación ionizante con dosis bajas, los impactos sobre la estructura celular o del ADN son mínimos; mientras que, con altas dosis, el genoma sufre múltiples impactos y puede ser causa de muerte. Por esta razón, el primer paso para inducir mutagénesis efectiva con radiaciones ionizantes, es determinar la dosis óptima de radiación a través de curvas de radiosensibilidad. Fuchs *et al.* (2002) y Corrales (2017), señalaron que en estas dosis existe mayor frecuencia de mutaciones útiles para programas de mejoramiento genético.

4.1.2. Repuesta del prendimiento, mortalidad y longitud de planta a diferentes fechas de evaluación.

En la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis del efecto en el tiempo de evaluación de cuatro fechas después de la irradiación con rayos gamma en estolones del pasto Janeiro. En el prendimiento se puede apreciar que el mayor porcentaje ($p < 0.05$) ocurrió a los 16 y 22 días, mientras que a los 8 y 30 días el porcentaje de prendimiento fue menor ($p < 0.05$). Estos resultados sugieren que el prendimiento de Janeiro requiere por lo menos dos semanas lo que podría deberse a que los estolones generan a partir de los nudos tanto raíces como parte aérea, lo que demanda movilización de reservas y crecimiento de nuevas células. El menor porcentaje de sobrevivencia a los 30 días es probable que se

deba a la baja capacidad de adaptación del estolón a las condiciones experimentales. Otahola-Gomez, Aray y Antoima (2001) en los resultados obtenidos para el carácter sobrevivencia en explantes de crisantemos de tres centímetros de largo irradiados con diferentes dosis de rayos gamma evaluados a los 7, 14, 21 y 28 días, 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. Resultados que difieren con este trabajo de investigación al presentar los mayores porcentajes de prendimiento a los 16 y 22 días.

Tabla 4. Promedio de prendimiento, longitud de planta y mortalidad a los 8, 16, 22 y 30 días después de la siembra.

Variables	Días después de la siembra			
	8	16	22	30
Prendimiento (%)	45 ^b	55 ^a	56 ^a	42 ^b
Longitud de planta (cm)	5.1 ^a	9.63 ^b	15.4 ^{bc}	20.3 ^c
Mortalidad (%)	55 ^a	45 ^b	44 ^b	58 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En lo que respecta a la longitud de planta, en la Tabla 4 se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre las fechas evaluadas (8, 16, 22 y 30 días), como se observa la longitud incrementa con el tiempo. En general, se observó que a medida que transcurren los días aumenta la tasa de crecimiento, observándose sin embargo, que el crecimiento de los estolones es muy lento en los primeros días (entre 8 y 16 días), pero después de esa fecha se produce mayor crecimiento. Esto concuerda a lo expresado por Otahola-Gomez, Aray y Antoima (2001) quienes indican que al irradiar explantes de crisantemo (*Dendrathera grandiflorum* Ramat) con dosis de 5 a 20 Gy, evaluaron su crecimiento a los 7, 14, 21 y 28 días posteriores a la irradiación, encontraron que a los 7 días no hubo diferencias significativas en el crecimiento entre las dosis de 5 a 15 Gy, con respecto al testigo; en las fechas posteriores el mayor crecimiento se obtuvo con 5 Gy, mientras que con la dosis de 20 Gy el crecimiento se redujo en todas las fechas evaluadas. Además, concuerdan con los de Ángeles-Espino *et al.* (2013), quienes mencionan que con dosis mayores a 20 Gy el crecimiento disminuye de 43 a 71 %, mientras que con 10 Gy no difiere del tratamiento sin irradiar.

Con respecto a la variable mortalidad, se observa que los mayores porcentajes ($p < 0.05$) ocurrieron a los 8 y 30 días, mientras que porcentajes menores fueron observados a los

16 y 22 días. Estos resultados son consistentes con el porcentaje de prendimiento observado. Cortés Conget (2017) al irradiar explantes de *Alstroemeria* spp. con rayos gamma, reportan una mortalidad del 66 y 100 % con una dosis de 105 y 120 Gy. Otro efecto que reportó el mismo autor es un aumento del tejido necrótico en los tratamientos irradiados en comparación con el testigo, lo cual comienza a hacerse visible a partir del día 7 desde que los rizomas fueron irradiados. Estos resultados discrepan con los obtenidos en este estudio, ya que con la dosis de 100 Gy la mortalidad fue del 97 %, sobreviviendo plantas que se desarrollaron con varias características diferentes, esto resulta beneficioso para la obtención de plantas mutantes.

4.1.3. Dosis letal media (DL₅₀) de irradiación en *Eriochloa polystachya*.

En el cálculo de la DL₅₀, se buscó encontrar la dosis de radiación que lograra una disminución de 50% en el prendimiento de los estolones de *Eriochloa polystachya*. Para la estimación de la DL₅₀ se utilizó el modelo probit, el cual utiliza una función que asume únicamente entre cero y uno, esta función no es lineal y corresponde a la función de distribución acumulada.

Los Gráficos 2, 3 y 4 muestran el comportamiento de las variables de prendimiento, mortalidad y longitud de planta de pasto Janeiro. El análisis de regresión aplicado a cada una de las variables determinó que el coeficiente de determinación R² para la variable prendimiento fue de 57.73 (Gráfico 2), superior a los presentados en las variables de mortalidad con un R² de 55.74 (Gráfico 3), y longitud de planta con un R² de 28.9 (Gráfico 4). Con la aplicación de la fórmula de regresión en la variable prendimiento, se calculó la dosis letal media (DL₅₀) dando como resultado un total de 52.6 Gy, considerada como la dosis óptima de irradiación para trabajos de mejoramiento genético en pasto Janeiro.

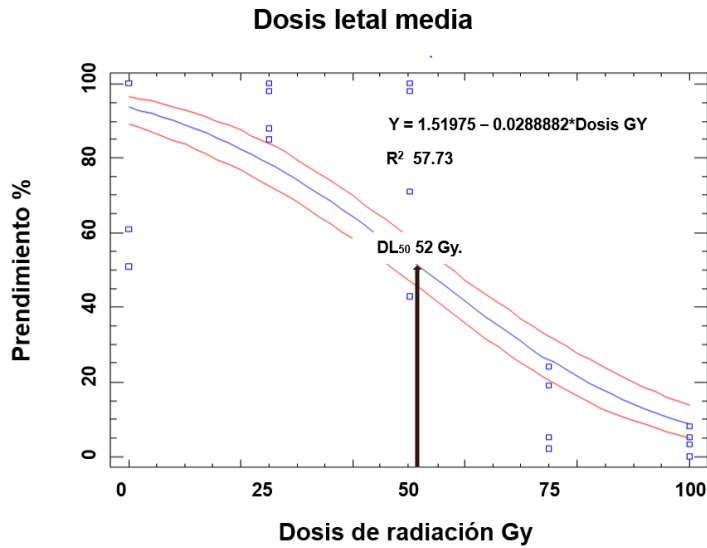


Gráfico 2. Estimación de DL₅₀ utilizando un modelo lineal generalizado con estructura binomial y factor de respuesta logit con intervalos de confianza del 95,0%, prendimiento vs dosis de irradiación en pasto Janeiro.

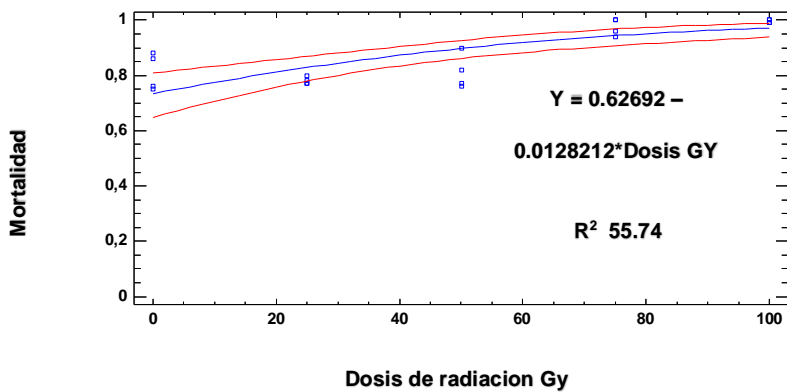


Gráfico 3. Estimación de DL₅₀ utilizando un modelo lineal generalizado con estructura binomial y factor de respuesta logit con intervalos de confianza del 95,0%, en mortalidad vs dosis de irradiación en pasto Janeiro.

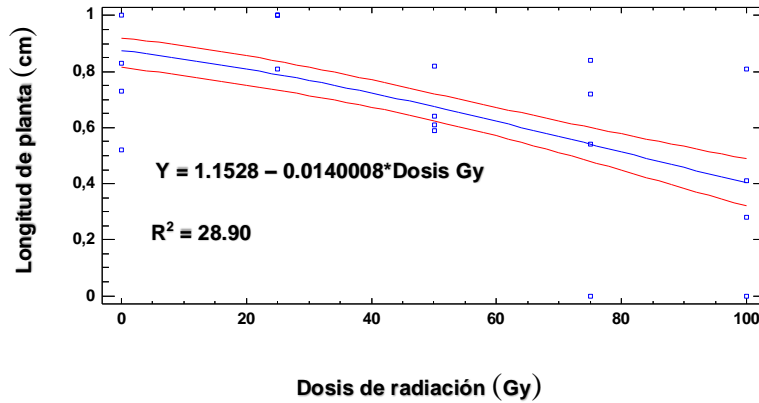


Gráfico 4. Estimación de DL₅₀ utilizando un modelo lineal generalizado con estructura binomial y factor de respuesta logit con intervalos de confianza del 95,0%, en longitud de planta vs dosis de irradiación.

En el Gráfico 3, se observa que la mortalidad fue superior al 60 % en todas las dosis de irradiación, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 55.74$, cuyo valor estuvo cercano al de prendimiento.

En el análisis de la variable longitud de planta (Gráfico 4), se aprecia que a medida que aumenta la dosis disminuye la longitud de planta, presentando un coeficiente de determinación de $R^2 = 28.9$. Este valor fue el más bajo comparado con los valores que se obtuvieron en las variables de prendimiento y mortalidad.

La dosis letal media es un método que se utiliza en semillas, mientras el método de la reducción del 50 % de crecimiento (GR₅₀) se utiliza principalmente en plántulas (Ángeles *et al.* 2013).

Se utilizó este método de estimación de DL₅₀ para obtener la dosis óptima de aplicación de rayos gamma con fines de mejoramiento genético por sobre la mortalidad, debido a que en los estolones prendidos se estudiaron las mutaciones inducidas por la radiación gamma.

Hernández-Muñoz *et al.* (2017) en un estudio sobre la determinación de la DL₅₀ y GR₅₀ con rayos gamma (⁶⁰Co) en protocormos de *Laelia autumnalis* desarrolladas en condiciones *in vitro*, reportaron una DL₅₀ de 53 Gy, e indicaron que el modelo de regresión lineal mostró el un mejor comportamiento para explicar el efecto de la radiación sobre la supervivencia de los protocormos, resultados que concuerdan con los obtenidos en este estudio.

Estos resultados también concuerdan con Valarezo (2015), quien determinó en un estudio de irradiación gamma para meristemas apicales de banano (*Musa* spp.) en el cultivar “Williams” un DL₅₀ en el rango de 55 a 60 Gy. Resultados similares reporta Reyes-Borja (2007) que al exponer variedades de banano (*Musa* spp.) a radiación gamma con ⁶⁰Co encontró la DL₅₀ con 77.9 Gy para Cavendish enano, 83.9 Gy para Williams, 65 Gy para Orito y 77,7 Gy para FHIA-01. Por otro lado, el IAEA reporta una DL₅₀ de 90 Gy para el pasto Tifway II y para Tifgreen II con 70 Gy. Así mismo, Angeles-Espino *et al.* (2013), aplicaron dosis de 10 a 50 Gy a brotes apicales de agave micropropagados, y reportaron una dosis letal media de 30 Gy para la producción de nuevos brotes axilares y de 20 Gy para la disminución en el peso fresco de callo. Por su parte Fuchs *et al.* (2002) indican que dosis entre 40 y 50 Gy incrementan la probabilidad de inducir mutaciones favorables para fines de selección y mejoramiento genético en pastos.

Corrales (2017), determinó la dosis óptima de radiación gamma en semilla de pasto rosado, obteniendo un valor de 304 Gy, dosis que induce mutaciones efectivas en pasto rosado, lo que difiere con las DL₅₀ de la mayoría de los trabajos revisados de material vegetativo.

Gómez-Pando y Eguiluz-De La Barra (2013) mencionan que en especies propagadas por semillas, las dosis de rayos gamma que originan la DL₅₀ son diferentes; en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se obtuvo los mejores resultados con una DL₅₀ de 150 Gy. Estos resultados difieren del presente estudio ya que utilizando estolones de pasto Janeiro se obtuvo una DL₅₀ de 52.6 Gy. De acuerdo a estos resultados, probablemente el tipo de material genético que se someta a irradiación puede necesitar mayor o menor cantidad de Gy calculada como DL₅₀.

Por otro lado también Caro-Melgarejo *et al.* (2012) en un estudio sobre el efecto de rayos gamma sobre yemas vegetativas de *Physalis peruviana* L. concluyen que las plántulas regeneradas de yemas irradiadas y no irradiadas presentaron diferentes respuestas rizogénicas. Durante el primer subcultivo, se observó respuesta rizogénica en dos tratamientos, microtallos desarrollados a partir de yemas no irradiadas e irradiadas con 50 Gy, encontrando 65 % y 3.3 % de explantes con desarrollo radical, respectivamente. En el noveno subcultivo se observaron respuestas rizogénicas en todos los tratamientos, siendo mayor en plántulas regeneradas de yemas expuestas a 50 Gy y de yemas no irradiadas (100 y 96 %, respectivamente). En este mismo subcultivo se observaron

diferencias ($p < 0.05$) en el número de hojas presentes en plántulas regeneradas de yemas irradiadas y no irradiadas, con un promedio de 3.7 hojas/explante en el tratamiento con 100 Gy.

4.2. ENSAYO 2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL PASTO JANEIRO M0 Y M1 V3 IRRADIADO CON RAYOS GAMMA.

4.2.1. Primera etapa. Caracterización morfológica del pasto Janeiro M0.

Variabilidad de características morfológicas cuantitativas del pasto Janeiro.

Los resultados evidencian que el 100 % de los descriptores cuantitativos (17) no superaron el 50% del coeficiente de variación o variabilidad (Tabla 5).

Tabla 5. Variabilidad de características morfológicas cuantitativas del pasto Janeiro.

Descriptores cuantitativos	Media	D.E.	E.E.	Mín.	Máx.	CV (%)
Longitud de planta- LP (cm)	257	0.58	0.09	1.27	3.35	22.54
Longitud del follaje- LF (cm)	229	0.49	0.07	1.27	3.21	21.48
Diámetro del tallo- DT (mm)	32.2	0.42	0.06	3.00	4.00	13.05
Longitud de hoja- LH (cm)	21.29	3.39	0.51	13.00	28.00	15.92
Ancho de hoja- AH (cm)	2.20	0.25	0.04	1.90	2.90	11.40
Long. de inflorescencia- LI (cm)	25.38	5.08	0.76	17.00	42.00	20.02
Ancho de inflorescencia-AI (cm)	7.65	2.64	0.39	4.00	13.00	34.57
Longitud de pedicelo en inflorescencia- LPI (cm)	30.80	6.57	0.98	15.00	42.50	21.34
Longitud de vaina- LV (cm)	14.67	3.01	0.45	10.00	20.00	20.50
Nudos por planta- NP	70.56	24.45	3.65	30.00	123.00	34.66
Espigas/planta- EP	1.24	0.43	0.06	1.00	2.00	34.92
Número de espiguillas- NE	18.56	3.80	0.57	2.00	27.00	20.48
Número de vástagos- NV	10.11	4.87	0.73	3.00	20.00	48.14
Hojas por planta- NH	72.18	27.31	4.07	27.00	117.00	37.84
Longitud de cariósido- LC (mm)	3.24	0.43	0.06	3.00	4.00	13.40
Peso de 1000 semillas- PS (g)	0.08	0.02	0.00	0.04	0.11	22.64
Área lamina foliar- ALF (cm ²)	33.03	6.64	0.99	19.19	48.93	20.09

La longitud de planta obtuvo un promedio de 257 cm y la del follaje de 229 cm. El diámetro de tallo obtuvo un promedio de 3.2 mm. La longitud y ancho de la hoja obtuvieron 21.29 y 2.20 cm, respectivamente. La longitud y ancho de la inflorescencia midieron 25.38 y 7.65 cm, respectivamente de acuerdo al estudio. El promedio de longitud de pedicelo en inflorescencia y longitud de la vaina midieron 30.80 y 14.67 cm en su orden. El número de hojas, nudos y espiga por planta variaron en 84.67; 88.82 y 1.24, respectivamente. El número de espiguillas fue de 18.56; finalmente la longitud de semilla promedio en 3.24 mm (Tabla 5).

En la Tabla 5 se aprecia también que el descriptor con mayor variabilidad fue el número de vástagos (NV) con 48.14 % de coeficiente de variación, seguido de hojas/planta (NH) y espigas/planta (EP) con 37.84 y 34.92 %, respectivamente. Resultados similares reportaron Morales-Nieto (2008) quienes caracterizaron el pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* Michx) encontrando un 63.32% de la variación total entre los diferentes ecotipos en el noroeste, occidente y sureste de México.

Las variables anteriormente descritas de este estudio determinan la alta masa forrajera que se puede extraer del pasto Janeiro independientemente del poder nutritivo. En temas de ensilaje es fundamental contar con suficiente material para proveer de alimento al animal en épocas de escasas propias del litoral ecuatoriano (Sánchez 2018).

Variabilidad de características morfológicas cualitativas del pasto Janeiro.

Durante el desarrollo de la investigación también se caracterizó de forma cualitativa al pasto Janeiro, tomando las variables descritas en la Tabla 6, donde se evidenció que solo las variables intensidad del color verde en el follaje CV= 16.63 y el color verde del tallo CV= 39.51 presentaron variabilidad por debajo del 50 %, lo que indica poca variabilidad para estas características morfológicas de la especie evaluada.

Los caracteres morfológicos: forma de lígula; presencia de estolones; pubescencia de tallo y hoja; color de flor, gluma, envés de la hoja y semilla no presentaron variabilidad alguna, similar a los resultados encontrados por Montoya *et al.* (2007) quienes tampoco encontraron variabilidad en los descriptores cualitativos, cuando caracterizaron 13 variedades de arroz (*Oryza sativa* L.).

Tabla 6. Variabilidad de características morfológicas cualitativas del pasto Janeiro.

Descriptores cualitativos	Media	D.E.	E.E.	Mín.	Máx.	CV (%)
Forma de lígula- FL	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
Presencia de estolones- PE	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
Intensidad de color verde en el follaje- ICF	6.07	1.01	0.15	5.00	7.00	16.63
Color verde de tallo- CT	2.16	0.85	0.13	1.00	3.00	39.51
Pubescencia de tallo- PT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pubescencia de hoja- PH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pubescencia en nudos- PN	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
Color de flor- CF	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
Color de gluma- CG	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
Color de carióspsides- CC	2.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00

Resultados del análisis de correlación de los descriptores (Anexo 1) muestran que existe un grado de asociación alta ($r=0.81$; $p<0.0001$) o variación conjunta entre los descriptores área de lámina foliar con longitud de hoja, así mismo se evidencia una correlación moderada entre lamina foliar y el ancho de hoja ($r=0.63$; $p<0.0001$).

Grajales *et al.* (2018) en su estudio sobre *Cenchrus purpureum* determinaron una alta correlación entre la edad de los cultivares y la producción del forraje verde. Los pastos con mayor área foliar garantizan una alta producción de masa forrajera, el pasto Janeiro es utilizado en zonas marginales para incrementar la producción de forraje (Gómez *et al.* 2020).

4.2.2. Segunda etapa: Caracterización del Janeiro M1 V3 irradiado a 25, 50, 75 y 100 Gy.

Variabilidad de características morfológicas cuantitativas y cualitativas del pasto Janeiro irradiado con 25, 50, 75 y 100 Gy.

En términos generales se puede apreciar en las Tablas 7 y 8 que en todos los niveles de irradiación las características morfológicas cuantitativas y cualitativas muestran variabilidad, aunque el 100% de las variables no superan el CV > a 50%. La diversidad genética del pasto Janeiro se ha visto afectada probablemente por la inducción a diferentes niveles de rayos gamma tal como afirma Mussi *et al.* (2016) quienes estudiaron la variabilidad fenotípica en poblaciones M1 de sésamo (*Sesamum indicum* L.). Cabe destacar que los promedios que se presentan en las tablas enmascaran individuos que sobresalen en la población, en donde se encontraron individuos con longitud de rama que superaron los 2.85 m a los 35 días de edad en las dosis de 75 y 100 Gy.

Tabla 7. Respuesta de las características morfológicas cuantitativas del pasto Janeiro a las dosis de irradiación de 25, 50, 75 y 100 Gy.

Variables cuantitativas	25 Gy		50 Gy		75 Gy		100 Gy	
	Media	CV	Media	CV	Media	CV	Media	CV
LP m	2.42	21.51	2.46	24.31	2.17	20.37	1.81	13.52
LF m	2.29	26.54	2.10	21.37	1.97	20.67	1.61	14.83
DT mm	3.4	18.60	32.70	27.05	3.47	14.90	2.6	24.33
NH	258	40.82	224.67	33.19	226.67	31.89	143.07	37.01
LH cm	14.78	15.45	16.23	10.17	14.68	14.62	14.65	9.65
AH cm	1.34	10.85	1.44	11.97	1.37	10.82	1.37	11.5
AF cm ²	15.03	23.17	17.68	20.25	15.20	21.61	15.15	17.67
NN	206.6	41.87	201.27	36.63	201.87	34.64	125.67	42.05
NV	15.67	45.24	17.13	42.02	17.07	29.67	13.73	32.96
LP	10.89	33.41	11.58	26	12.29	23.55	11.47	31.99
LC mm	3.4	18.6	3.07	22.95	3.33	18.52	3.07	22.95
LV mm	12.3	15.04	11.81	13.69	11.34	22.31	12.63	16.1
AI cm	11.05	21.24	12.94	15.5	9.63	11.18	11.35	14.78
LI cm	15.68	7.85	17.27	16.63	16.12	9.74	14.57	18.06
EP	1.0	12.5	1.07	24.21	1.13	31.05	1.0	0.0
NE	10.93	27.54	11.13	19.16	10.53	19.94	8.87	15.29
PS kg	0.39	19.31	0.37	20.66	0.37	17.74	0.37	18.27
PMS %	33.93	14.54	32.87	22.15	37.40	12.33	34.53	11.98

Longitud de planta (LP), longitud de follaje (LF), diámetro de tallo (DT), número de hojas por planta (NH), longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH), área foliar (AF), número de nudos (NN), número de vástagos (NV), longitud de inflorescencia (LI), longitud de

vaina (LV), número de espiguillas (NE), longitud de cariósipide (LC), longitud de vaina (LV), ancho de inflorescencia (AD), longitud inflorescencia (LI), espigas/planta (EP), peso de 1000 semillas por planta (PS), peso materia seca (PMS).

Tabla 8. Respuesta de las características morfológicas cualitativas del pasto Janeiro a las dosis de irradiación de 25, 50, 75 y 100 Gy.

Variables cualitativas	25 Gy		50 Gy		75 Gy		100 Gy	
	Media	CV	Media	CV	Media	CV	Media	CV
FL	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00
IC	5.27	13.36	5.40	15.33	5.40	15.33	5.27	13.36
PE	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
CT	2.00	42.26	2.73	16.75	2.53	29.34	2.53	25.26
CG	2.60	19.50	2.33	20.91	2.60	19.50	2.33	20.91
PT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CC	1.27	36.14	1.33	36.60	1.73	40.60	1.27	36.14
PH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PN	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
CI	1.13	31.05	1.20	34.50	1.13	31.05	1.20	34.50

Forma lígula (FL), intensidad de color (IC), presencia estolones (PE), color tallo (CT), color gluma (CG), pubescencia tallo (PT), color cariósipides (CC), pubescencia hoja (PH), pubescencia nudos (PN), color inflorescencia (CI).

En la Tabla 9 se observa el grado de asociación entre algunas variables cuantitativas y cualitativas en cada nivel de irradiación.

Tabla 9. Grado de asociación entre variables evaluadas del pasto Janeiro irradiado.

25 Gy		50 Gy		75 Gy		100 Gy	
Variables asociadas	r	Variables asociadas	r	Variables asociadas	r	Variables asociadas	r
AF y LP	0.97	AF y LP	0.86	AF y LP	0.99	AF y LP	0.94
NN y NH	0.75	NN y NH	0.86	NN y NH	0.94	NN y NH	0.97
RMS% y AH	0.73	RMS% y AH	0.63	NN y AH	0.70	NV y NH	0.82
AH y LP	0.98	AH y LH	0.76				

Longitud de planta (LP), número de hojas por planta (NH), área foliar (AF), número de nudos (NN), número de vástagos (NV), rendimiento materia seca (RMS%).

En el análisis de correlación múltiple entre las variables cuantitativas y cualitativas, se detectaron 14 correlaciones positivas mayores a 0.5 y ocho superiores a 0.8. El área foliar mostró correlación positiva alta con longitud de planta (0.97** en 25 Gy, 0.86** en 50

Gy, 0.99** en 75 Gy y 0.94** en 100 Gy), número de nudos expuso correlación positiva alta con número de hojas (0.75** en 25 Gy, 0.86** en 50 Gy, 0.94** en 75 Gy y 0.97** en 100 Gy), el porcentaje de rendimiento de materia seca expresó correlación positiva alta con ancho de hoja (0.73** en 25 Gy y 0.63** en 50 Gy), el número de nudos manifestó correlación positiva alta con ancho de hojas (0.70** en 75 Gy 0.82** en 100 Gy), ancho de hoja mostró correlación positiva alta con longitud de planta (0.98** en 25 Gy) y con longitud de hoja (0.76 en 50 Gy). Resultados que contrastan con los reportados por López-Alcocer *et al.* (2016) quienes en un estudio de Variabilidad morfológica de *Phaseolus lunatus* L. silvestre de la región occidente de México, en el análisis de correlación múltiple entre 10 variables cuantitativas detectaron 17 correlaciones positivas mayores a 0.5 y seis superiores a 0.8. El peso de 100 semillas mostró correlación positiva alta con longitud de hoja primaria (0.82**), ancho de hoja primaria (0.83**), longitud de ápice (0.59*), longitud de vaina (0.83**) y altitud del sitio de colecta (0.86**). Por otra parte, Cadena (2019) encontró alta correlación de variable entre número de hojas y número de nudos en su investigación caracterizando el pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a dosis media letal de rayos gamma a 52 Gy en la provincia de Los Ríos.

Las correlaciones reportadas en el presente estudio son similares aunque en otro cultivo, a las presentadas por Hernandez-Gonzalez *et al.* (2014) en un estudio del efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado, observaron que el diámetro del tallo se correlacionó positivamente ($r = 0.75^*$) con la longitud de entrenudos y con el peso de fruto en fresco ($r = 0.59^*$). El peso de fruto por planta se correlacionó positiva y significativamente ($p \leq 0.05$) con la altura de planta ($r = 0.63^*$), diámetro de tallo ($r = 0.59^*$), longitud de entrenudos ($r = 0.57^*$) y número de hojas ($r = 0.54^*$), lo cual muestra que estos caracteres son importantes para este sistema de producción. Además, la altura de planta se correlacionó positivamente y significativamente ($p \leq 0.05$) con el diámetro de tallo ($r = 0.59^*$), longitud de entrenudos ($r = 0.50^*$), y número de hojas ($r = 0.94^{**}$). El número de frutos por planta se correlacionó positivamente y significativamente ($p \leq 0.05$) con el número de hojas ($r = 0.86^{**}$) y la altura de la planta ($r = 0.63^*$).

Se realizó el análisis de varianza para comparar las medias de los tratamientos que incluyen plantas sin irradiar y plantas irradiadas a 25, 50, 75 y 100 Gy con el fin de determinar si existe una diferencia significativa entre ellas.

De acuerdo al análisis de varianza ejecutado se encontró alta significancia estadística para las variables Altura de planta, diámetro del tallo y número de nudos por planta, mientras que para las variables: longitud de la hoja y número de vástagos no se encontró diferencia significativa.

Al realizar la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Tabla 10), muestra que en la variable altura de planta los mejores tratamientos fueron el 50 y 25 Gy, con 246.07 y 241.87 cm, respectivamente. En cuanto a la variable diámetro de tallo los mejores tratamientos fueron el 75 y 25 Gy, con 3.47 y 3.40 cm, respectivamente. De igual manera para la variable ancho de hoja el mejor tratamiento fue el 0 Gy testigo con 1.51 cm. Referente a la variable número de nudos por planta el tratamiento de 100 Gy presentó el menor valor con 125.76 comparado con el testigo y 25 Gy cuyos tratamientos obtuvieron 206 nudos.

Tabla 10. Resultados de la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad en las variables morfológicas sometidas a diferentes niveles de irradiación.

TRAT.	Nº Muestras	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hoja (cm)	Nº de nudos por planta	Nº de vástagos
100 Gy	15	181.00 b	2.6 b	14.65 a	1.37 ab	125.67 b	13.73 a
75 Gy	15	217.2 ab	3.47 a	14.68 a	1.37 ab	201.87 a	17.07 a
50 Gy	15	246.07 a	3.27 ab	16.23 a	1.44 ab	201.27 a	17.13 a
25 Gy	15	241.87 a	3.40 a	14.78 a	1.34 b	206.6 a	15.67 a
0 Gy	15	192.07 b	3.13 ab	16.01 a	1.51 a	206.4 a	16.33 a

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

Como se aprecia existe una clara respuesta del pasto Janeiro irradiado frente al tratamiento sin irradiar, a excepción de la variable ancho de hoja del testigo, las demás variables muestran una clara diferenciación predominando la irradiación de 50 Gy, coincidiendo con un valor aproximado a la dosis letal media para este pasto. Asmaa *et al.* (2020) irradiaron rizomas de jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) mejorando la variabilidad genética y aumentando la concentración de gingerol, sustancia que posee interesantes propiedades farmacológicas y fisiológicas.

4.2.3. Tercera etapa. Identificación de mutaciones en el germoplasma obtenido M1 V3 irradiado a 52 Gy (DL₅₀).

Los resultados de la prueba de Tukey ($p > 0.05$) de la variable longitud de rama (Tabla 11) no mostraron significancia estadística. Sin embargo, el mejor valor para esta variable se observó en la cuarta evaluación en la planta candidata a mutante T5 con 154.50 cm y el menor valor en la planta candidata a mutante T9 con 130.00 cm, lo que representa una variación de la longitud de rama del 15.85 %, presentando un CV de 20.51 a los 84 días. Los resultados del presente estudio contrastan con el estudio realizado por Corrales *et al.* (2016) donde caracterizaron el pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], la altura de planta varió de 40 hasta 104 cm, lo que representa una variación de 61.52 %, siendo superior que en el pasto Janeiro del presente trabajo.

Tabla 11. Longitud de rama de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL₅₀).

Tratamientos	Longitud de rama/cm			
	21 días	42 días	63 días	84 días
T1	18.20 a	48.70 a	98.50 a	143.50 a
T2	16.60 a	49.50 a	104.90 a	144.40 a
T3	21.60 a	50.50 a	105.00 a	139.10 a
T4	18.60 a	49.70 a	101.30 a	145.40 a
T5	19.90 a	45.50 a	106.60 a	154.50 a
T6	18.20 a	49.70 a	101.20 a	141.60 a
T7	17.50 a	51.40 a	112.70 a	151.80 a
T8	19.10 a	52.80 a	113.70 a	148.40 a
T9	17.40 a	50.60 a	99.10 a	130.00 a
Promedio	18.57	49.82	104.78	144.30
CV (%)	47.77	27.83	18.94	20.51
Tukey (5%)	ns	ns	ns	ns

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los resultados de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) de la variable diámetro de tallo (Tabla 12), se aprecia que hubo significancia estadística en la planta candidata a mutante T9 con 0.34 mm a los 63 días; sin embargo en las evaluaciones realizadas a los 21, 42 y 84 días no presentaron significancia estadística. La variación del diámetro del tallo fue de 71.42 % entre el menor valor y el mayor valor, con un coeficiente de variación de 8.15 presentado a los 63 días. La candidata a mutante T9 por su comportamiento de diámetro de tallo a

los 63 y 84 días sugiere que existe una tendencia a mantener de manera consistente este comportamiento. El presente estudio difiere con los resultados obtenidos por Corrales *et al.* (2016) en el cual caracterizaron el pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], y el grosor de tallos estuvieron en rangos de 1.0 a 3.0 mm, lo que representa una variación de grosor de tallo de 33.33 %, porcentaje menor al obtenido en el presente trabajo al notarse que el diámetro de tallo estuvo entre 0.25 a 0.35 mm.

Tabla 12. Diámetro de tallo de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL₅₀).

Tratamientos	Diámetro de tallo/mm			
	21 días	42 días	63 días	84 días
T1	0.32 a	0.30 a	0.31 a b	0.30 a
T2	0.29 a	0.31 a	0.30 b	0.30 a
T3	0.34 a	0.30 a	0.31 a b	0.33 a
T4	0.31 a	0.29 a	0.31 a b	0.33 a
T5	0.27 a	0.30 a	0.30 b	0.31 a
T6	0.25 a	0.30 a	0.30 b	0.31 a
T7	0.28 a	0.30 a	0.30 b	0.31 a
T8	0.27 a	0.30 a	0.30 b	0.31 a
T9	0.27 a	0.29 a	0.34 a	0.35 a
Promedio	0.29	0.30	0.31	0.32
CV (%)	23.14	6.11	8.15	11.26
Tukey (5%)	ns	ns	*	ns

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

De acuerdo a los resultados de la prueba de Tukey ($p > 0.05$), el análisis de longitud de hoja donde se evaluaron a los 21, 42 y 63 días (Tabla 13), no presentaron significancia estadística. El mejor valor para esta variable se observó a los 63 días en la planta candidata a mutante T7 con 19.3 cm y el menor valor en la candidata a mutante T1 con 17.0 cm, lo que representa un incremento del 11.91 %, presentando un CV de 20.16. Resultado interesante ya que la mayor longitud de hoja es una característica deseable porque contribuye al valor nutritivo como a la biomasa forrajera. Los resultados del presente estudio difieren del estudio realizado por Corrales *et al.* (2016), en el cual se caracterizó el pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], registrando longitudes entre 6.0 a 25 cm, que representa un incremento del 76.0 %, valor que supera al registrado en el presente trabajo para el pasto Janeiro que fue de 17.00 a 19.3 mm.

Tabla 13. Longitud de hoja de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL₅₀).

Tratamientos	Longitud de hoja/cm					
	21 días		42 días		63 días	
T1	12.4	a	13.9	a	17.0	a
T2	12.0	a	15.0	a	18.2	a
T3	13.8	a	15.3	a	18.7	a
T4	12.0	a	15.1	a	18.1	a
T5	12.0	a	14.4	a	17.9	a
T6	13.6	a	15.6	a	18.3	a
T7	14.0	a	16.2	a	19.3	a
T8	12.9	a	15.2	a	18.7	a
T9	13.1	a	16.3	a	19.2	a
Promedio	12.87		15.22		18.38	
CV (%)	14.04		15.28		20.16	
Tukey (5%)	ns		ns		ns	

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En relación a los resultados de la prueba de Tukey ($p > 0.05$) del número de nudos por planta (Tabla 14), expresaron que no hubo significancia estadística en las tres fechas de evaluación; sin embargo, observando los valores el mayor número de nudos lo registra la planta candidata a mutante T7 con 13.8 nudos en promedio y el menor número lo registró la planta candidata a mutante T6 con 11.4 nudos a los 63 días de edad, presentando un CV de 21.33. El número de nudos es una característica que contribuye a la reproducción eficiente por cuanto un mayor número implicaría una mayor probabilidad de generar nuevas plantas y de esta manera reproducirse más eficientemente. Este resultado se aproxima al registrado por Benítez *et al.* (2017) quienes indican que en el estudio realizado sobre Caracterización de pastos naturalizados de la Región Sur Amazónica Ecuatoriana, potenciales para la alimentación animal, obtuvieron un número de 14 brotes en el pasto Janeiro.

Tabla 14. Número de nudos de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL₅₀).

Tratamientos	Número de nudos		
	21 días	42 días	63 días
T1	4.8 a	7.9 a	12.8 a
T2	4.6 a	9.0 a	12.0 a
T3	4.7 a	10.2 a	12.4 a
T4	4.8 a	8.7 a	12.5 a
T5	4.7 a	9.7 a	12.4 a
T6	4.2 a	9.1 a	11.4 a
T7	4.8 a	9.7 a	13.8 a
T8	4.7 a	9.4 a	11.7 a
T9	4.4 a	8.7 a	11.8 a
Promedio	4.63	9.16	12.31
CV (%)	25.09	20.02	21.33
Tukey (5%)	ns	ns	ns

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De acuerdo a los resultados presentados en la prueba de Tukey ($p > 0.05$) del número de macollos (Tabla 15), mostraron significancia estadística entre candidatas a mutantes. La planta candidata T2 alcanzó el mayor número de macollos con un promedio de 12.5 a los 63 días de evaluación, y el menor valor fue para la planta candidata T6 con un promedio de 9.2 macollos, presentando un CV de 20.74. El mayor número de macollos de la candidata a mutante T2 sugiere un comportamiento deseable, lo cual la hace una variante interesante para continuar estudios subsiguientes. Estos resultados se comparan con los obtenidos por Benítez *et al.* (2017) en el estudio sobre caracterización de pastos en el Ecuador como posibles potenciales para la alimentación animal, obtuvieron un promedio de 14 macollos en pasto Janeiro. El menor número de macollos de las candidatas a mutantes del presente estudio, en general sugiere un comportamiento no deseable, lo cual es perjudicial para la producción de masa forrajera y porcentaje de materia seca.

Tabla 15. Número de macollos de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL₅₀).

Tratamientos	Número de macollos		
	21 días	42 días	63 días
T1	3.7 a	8.4 ab	10.2 ab
T2	4.5 a	10.5 a	12.5 a
T3	4.4 a	8.9 ab	10.9 ab
T4	3.2 a	10.1 ab	11.5 ab
T5	3.5 a	8.4 ab	10.8 ab
T6	2.6 a	7.7 b	9.2 b
T7	4.2 a	9.9 ab	11.1 ab
T8	3.8 a	9.4 ab	11.3 ab
T9	3.9 a	10.3 ab	12.1 ab
Promedio	3.76	9.29	11.07
CV (%)	40.31	20.18	20.74
Tukey (5%)	ns	*	*

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En los resultados de la prueba de Tukey ($p > 0.05$) de la variable ancho de hoja (Tabla 16), se aprecia que ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas; sin embargo, numéricamente a los 63 días de edad, la planta candidata a mutante T8 alcanzó el mejor ancho de hoja con un valor de 22.9 mm en relación con el menor valor numérico que correspondió a la planta candidata a mutante T6 con 19.3 mm. Estos valores difieren con los presentados por Benítez *et al.* (2017) en su estudio sobre la caracterización de pastos en la Amazonia Ecuatoriana, en el cual el pasto Janeiro registró un promedio de 18 mm a los 50 días. Con respecto al resultado encontrado en este estudio, el mayor valor de ancho de hoja sugiere un comportamiento deseable lo cual es beneficioso para la producción de masa forrajera y porcentaje de materia seca.

Tabla 16. Ancho de hoja de candidatas a mutantes del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma a 52 Gy (DL₅₀).

Tratamientos	Ancho de hoja/mm		
	21 días	42 días	63 días
T1	13.9 a	15.3 a	19.5 a
T2	14.0 a	15.7 a	19.7 a
T3	15.1 a	16.6 a	21.1 a
T4	13.9 a	15.5 a	20.0 a
T5	13.9 a	16.0 a	19.9 a
T6	13.9 a	15.9 a	19.3 a
T7	15.3 a	17.7 a	22.3 a
T8	15.8 a	17.9 a	22.9 a
T9	15.3 a	18.6 a	22.2 a
Promedio	14.57	16.58	20.77
CV (%)	17.17	18.15	21.38
Tukey (5%)	ns	ns	ns

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En síntesis, en el estudio realizado de identificación de mutaciones en el germoplasma M1V3 irradiado a 52 Gy, las variables que presentaron significancia estadística fueron diámetro de tallo y número de macollos con valores de 0.34 mm ($p < 0.05$) y 12.5 ($p < 0.05$) en promedio respectivamente; las variables longitud de rama, longitud de hoja, número de nudos y ancho de hoja no presentaron significancia estadística lo que sugiere que estas variables no presentan variabilidad entre las plantas seleccionadas como candidatas a mutantes.

Riera (2019) en el trabajo realizado en la Universidad Técnica de Babahoyo sobre características morfológicas del pasto Janeiro en el cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, indica que las variables de longitud y el ancho de la hoja, presentaron un promedio de 21.29 y 2.20 cm respectivamente; el diámetro de tallo obtuvo un promedio de 32 mm; el número de hojas por planta fue de 84.76, coincidiendo con el presente estudio de plantas M1V3 irradiadas a 52 Gy con la variable diámetro de tallo en el cual se obtuvo un promedio de 32 mm; sin embargo, difiere con los valores obtenidos de longitud de hoja en la cuarta evaluación del estudio (84 días de edad) con 18.38 cm, igualmente coincide con el valor reportado del ancho de hoja que fue de 2.07 cm en promedio.

Los descriptores morfológicos ayudan a identificar las características fenotípicas de manera fácil y rápida, útil en estudios de nuevas variedades, por tal motivo la presente

investigación aporta un conjunto de nuevos descriptores específicos para el pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) que servirán para futuras investigaciones.

4.3. ENSAYO 3. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO, CONTENIDO DE PROTEÍNA Y DIGESTIBILIDAD EN POBLACIONES TRATADAS CON LA DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀) DE 52 GY.

Respuesta de las variables morfológicas a los tratamientos.

En el análisis de varianza, la variable longitud de planta mostró alta significancia estadística únicamente en el factor fertilización ($p < 0.0001$). Los resultados (Tabla 17) mostraron que la fertilización influyó positivamente en la longitud de las plantas a pesar de no existir significancia estadística en las interacciones, es interesante mencionar que el tratamiento 3 (0 Gy - 250 Kg/ha y 35 días de corte), fue el que presentó mejor resultado con plantas que alcanzaron hasta 3.15 metros de longitud y la menor longitud la registró el tratamiento 1 (0 Gy- 0 Kg/ha y 35 días de corte) con 1.23 metros y un CV de 26.87 %. Sin embargo, el tratamiento 7 (52 Gy- 250 Kg/ha y 35 días de corte) registró 2.58 metros de longitud de planta, valor que supera considerablemente al testigo sin irradiar, lo cual sugiere que la irradiación mejoró esta característica del pasto Janeiro M1 V3.

Con respecto al diámetro del tallo, se observó un efecto significativo del factor irradiación ($p < 0.0001$), fertilización ($p < 0.0001$) y días de corte ($p = 0.0322$). En lo referente a las interacciones irradiación * fertilización no hubo significancia estadística ($p = 0.0897$); mientras que, se observaron significancia para las interacciones irradiación*cortes, fertilización*cortes, irradiación*fertilización*cortes ($p = 0.0322$) (Tabla 18), siendo el tratamiento 5 (52 Gy – 0 Kg/ha y 35 días de corte), 7 (52 – 250 Kg/ha y 35 días de corte) y 8 (52 Gy – 250 Kg/ha y 45 días de corte) los que obtuvieron un promedio de 0.5 cm siendo estos el mejor resultado. Los valores más bajos lo obtuvieron los tratamientos 1 (0 Gy- 0 kg/ha y 35 días de corte) y 2 (0 Gy- 0 kg/ha y 45 días de corte) ambos con 0.18 cm, el CV para esta variable fue de 19.47%.

Tabla 17. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre la longitud de planta y diámetro de tallo con irradiación de 52 Gy (DL₅₀) vs control.

Nº TRAT.	Nivel de Irradiación (Gy)	Fertilización (Kg/ha)	Cortes (días)	Longitud de plantas (m)	Diámetro del tallo (cm)
1	0	0	35	1.23 c	0.18 c
2	0	0	45	1.48 bc	0.18 c
3	0	250	35	3.15 a	0.38 ab
4	0	250	45	2.75 ab	0.38 ab
5	52	0	35	1.50 abc	0.50 a
6	52	0	45	1.88 bc	0.28 bc
7	52	250	35	2.58 ab	0.50 a
8	52	250	45	2.50 abc	0.50 a
Promedio general				2.13	0.36
Significancia estadística				**	**
Coeficiente de variación (%)				26.87	19.47

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los resultados del análisis de varianza de la variable número de hojas/planta (Tabla 18) expusieron significancia estadística para los factores fertilización ($p= 0.0023$) y días de cortes ($p= 0.0122$); mientras que, el factor irradiación no presentó significancia ($p= 0.7779$). Con respecto a las interacciones irradiación*fertilización ($p=0.3228$), irradiación*cortes ($p=0.7171$), fertilización*cortes ($p=0.4257$), irradiación*fertilización*cortes ($p=0.6452$) no registraron significancia estadística. Sin embargo, el mayor promedio se obtuvo en el Tratamiento 4 (0 Gy- 250 kg/ha y 45 días de corte) con 317.75 hojas, el valor más bajo lo presentó el Tratamiento 2 (0 Gy- 0 kg/ha y 45 días de corte) con 203.25 hojas. El CV fue de 15.36%.

En lo referente a la variable ancho de hoja (Tabla 19) se encontró significancia estadística para los factores irradiación ($p= 0.0156$) y fertilización ($p= 0.0002$), mientras que para el factor días de corte no hubo significancia ($p= 0.5213$). Ninguna de las interacciones (irradiación * fertilización, irradiación * cortes, fertilización * cortes, irradiación * fertilización * cortes) presentó significancia ($p= 0.3712$) ($p= 0.7968$) ($p= 0.7968$) ($p= 0.2528$), respectivamente. El mayor promedio de ancho de hoja lo obtuvo la interacción 8 (52 Gy- 250 kg/ha y 45 días de corte) con un valor de 2.05 cm, el menor valor correspondió al tratamiento 1(0 Gy- 0 kg/ha y 35 días de corte) con un valor de 1.33 cm. El coeficiente de variación se presentó en 15.92%.

Tabla 18. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre el número de hojas por planta y ancho de hojas con irradiación de 52 Gy (DL₅₀) vs control.

Nº TRAT.	Nivel de Irradiación (Gy)	Fertilización (Kg/ha)	Cortes (días)	Número de hojas/planta	Ancho de hojas (cm)
1	0	0	35	241.00 ab	1.33 b
2	0	0	45	203.25 b	1.33 b
3	0	250	35	279.00 ab	1.93 ab
4	0	250	45	317.75 ab	1.75 ab
5	52	0	35	219.50 ab	1.75 ab
6	52	0	45	204.75 b	1.58 ab
7	52	250	35	298.25 a	1.95 ab
8	52	250	45	231.75 ab	2.05 a
Promedio general				240.71	1.71
Significancia estadística				*	*
Coeficiente de variación (%)				16.22	15.92

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

El análisis de la varianza que presentó el número de macollos (Tabla 19) no encontró significancia estadística para ninguno de los factores estudiados: irradiación ($p=0.6117$), fertilización ($p= 0.7165$) y días de corte ($p= 0.3138$), lo mismo que para las interacciones irradiación * fertilización ($p= 0.7713$), irradiación * cortes ($p= 0.5147$), fertilización * cortes ($p= 0.942$), irradiación * fertilización * cortes ($p= 0.7713$).

En el análisis de varianza de la variable número de nudos (Tabla 19) no se encontró significancia estadística para los factores irradiación ($p= 0.6477$) y días de corte ($p= 0.4464$); mientras que, para el factor fertilización si se encontró significancia ($p= 0.0012$). El mayor número de nudos lo presentó el tratamiento 7 (52 Gy- 250 kg/ha y 35 días de corte) con un valor de 295.25 nudos en promedio y el menor número lo registró el tratamiento 5 (52 Gy- 0 kg/ha y 35 días de corte) con 213.75 nudos. El CV fue de 15.81 %.

Nº TRAT.	Nivel de Irradiación (Gy)	Fertilización (Kg)	Cortes (días)	Número de macollas/planta	Número de nudos/planta
1	0	0	35	26.75 a	242.50 a
2	0	0	45	26.75 a	229.50 a
3	0	250	35	27.50 a	275.75 a
4	0	250	45	26.25 a	270.75 a
5	52	0	35	27.00 a	213.75 a
6	52	0	45	23.75 a	216.50 a
7	52	250	35	27.75 a	295.25 a
8	52	250	45	25.25 a	267.00 a
Promedio general				26.38	251.38
Significancia estadística				ns	ns
Coeficiente de variación (%)				18.24	15.81

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En el análisis de la variable longitud de hoja (Tabla 20) se encontró significancia estadística para el factor fertilización ($p < 0.0001$), para el factor irradiación ($p = 0.0002$), mientras que para el factor días de corte ($p = 0.8514$) no se encontró significancia estadística. Destacando el mejor valor para el tratamiento 3 (0 Gy- 250 kg/ha y 35 días) con 30.78 cm y en el menor valor lo representa la interacción 5 (52 Gy- 0 kg/ha y 35 días) con un valor de 19.28 cm, presentando un CV de 10.02 %.

Tabla 19. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre longitud de hoja con irradiación de 52 Gy (DL₅₀) vs control.

Nº TRAT.	Nivel de Irradiación(Gy)	Fertilización (Kg/ha)	Cortes (días)	Longitud de hoja (cm)
1	0	0	35	23.75 bc
2	0	0	45	23.75 bc
3	0	250	35	30.78 a
4	0	250	45	30.10 a
5	52	0	35	19.28 c
6	52	0	45	20.38 c
7	52	250	35	26.50 ab
8	52	250	45	26.75 ab
Promedio general				25.22
Significancia estadística				*
Coeficiente de variación (%)				10.02

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En síntesis, los resultados obtenidos de las interacciones entre los factores: irradiación, fertilización y fecha de corte, indican que la longitud de planta presentó un resultado

positivo debido a la aplicación de la dosis letal media de 52 Gy, mostrando una respuesta favorable en los mutantes de pasto Janeiro, la cual debe considerarse para el estudio de una nueva variedad obtenida por mutación.

Morales Nieto *et al.* (2016) en el estudio sobre caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México, determinaron que la altura de planta varió de 40 hasta 104 cm y la del follaje de 25 hasta 62 cm. La densidad y grosor de tallos tuvo un rango de 20 a 352 y de 1.0 a 3.0 mm, respectivamente. El ancho de hoja fue de 2.0 a 8.0 cm y la longitud de hoja de 6.0 a 25 cm. La longitud de inflorescencia mantuvo una variación de 12 a 37 cm y el rango del diámetro de macollo fue de 4 a 20 cm. Finalmente, los valores de rendimiento de materia seca fueron de 4 a 260 g/planta. Algunas de estas variables morfológicas como altura de follaje, altura de planta, densidad de tallos por planta, entre otros, difieren con los obtenidos en este trabajo, donde la longitud de planta no presentó diferencias significativas, no así el diámetro de tallo donde se observó diferencia significativa ($p < 0.001$), lo mismo que número de hojas por planta y ancho de hojas, mientras que en número de macollas y número de nudos no hubo significancia.

Rendimiento de materia fresca, materia seca y porcentaje de materia seca.

El análisis de varianza para la variable rendimiento de peso fresco, registró alta significancia estadística. Los resultados (Tabla 21) mostraron que la irradiación ($p < 0.001$) más la fertilización ($p < 0.001$) influyeron positivamente en el rendimiento de materia fresca, donde el mayor rendimiento lo presentó el tratamiento 7 (52 Gy- 250 Kg/ha y 35 días de corte) con 3540.3 gramos de materia fresca y el menor rendimiento lo registró el tratamiento 2 (0 Gy- 0 Kg/ha y 45 días de corte) con 367.63 gramos. El CV fue de 11.69. Los resultados encontrados en este experimento relacionados al rendimiento de materia fresca, tienen el mismo comportamiento que el estudio realizado por Lara Mantilla *et al.* (2010) quienes determinaron que la producción de forraje de *Dichanthium aristatum* (Angleton) fue mayor a medida que aumentó la edad de corte, alcanzando un valor máximo de 2.59 ton/ha de forraje a los 49 días.

Tabla 20. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre el rendimiento de peso fresco, rendimiento de peso seco y porcentaje de rendimiento peso seco, con irradiación de 52 Gy (DL₅₀) vs control.

Nº Trat.	Nivel de Irradiación (Gy)	Fertilización (Kg/ha)	Cortes (días)	Rendimiento peso fresco (g)	Rendimiento peso seco (g)	Porcentaje de rendimiento materia seca
1	0	0	35	717.70 e f	177.50 d	24.73 b
2	0	0	45	367.63 f	74.00 e	20.00 c
3	0	250	35	2144.88 b	532.25 b	24.83 b
4	0	250	45	1673.88 c	301.68 c	17.98 c
5	52	0	35	996.33 d e	323.25 c	32.65 a
6	52	0	45	759.63 e	255.18 c d	33.58 a
7	52	250	35	3540.30 a	691.70 a	19.53 c
8	52	250	45	1220.25 d	240.00 c d	19.90 c
Promedio general				1427.57	324.46	24.15
Significancia estadística				**	**	**
Coeficiente de variación (%)				11.69	11.34	6.29

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Con respecto al rendimiento de peso seco, se observó un efecto significativo de los factores irradiación ($p < 0.001$) y fertilización ($p < 0.001$). El análisis de varianza para esta variable mostró alta significancia estadística ($p < 0.001$). Los resultados (Tabla 21) mostraron que la irradiación más la fertilización influyeron positivamente en el rendimiento de materia seca, siendo el tratamiento 7 (52 Gy- 250 Kg/ha y 35 días de corte) con 691.70 g y el menor rendimiento lo registró el tratamiento 2 (0 Gy- 0 Kg/ha y 45 días de corte) con 74.00 g, presentando un CV de 11.34. Estos valores tienen el mismo comportamiento del estudio realizado por Corrales *et al.* (2016) quienes caracterizaron el pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], donde los rendimientos fluctuaron entre 4 a 260 g/planta, mientras que para el pasto Janeiro de este estudio varió de 74.00 a 691.70 g.

El porcentaje de rendimiento materia seca (Tabla 21), mostró alta significancia estadística en el factor irradiación ($p < 0.001$), destacándose los tratamientos 6 (52 Gy- 0 kg/ha y 45 días de corte) y 5 (52 Gy- 0 kg/ha y 35 días de corte) con 33.58 y 32.65 %, respectivamente y el menor porcentaje de rendimiento de materia seca lo registró el tratamiento 4 (0 Gy- 250 kg/ha y 45 días de corte) con 17.98 %, presentando un CV de 6.29. Estos resultados difieren con los del presente estudio con los encontrados por

Madera *et al.* (2013), estudiaron la influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, los resultados indicaron que la producción de forraje del pasto morado se incrementó conforme a la edad de corte, encontrándose el máximo valor a los 120 días ($p \leq 0.001$). De igual manera, las edades de corte evaluadas influyeron en la relación hoja/tallo y largo/ancho de hoja del pasto morado ($p \leq 0.001$). En el presente estudio, los resultados indicaron que al reducir la edad de corte se obtiene menor relación hoja/tallo, presentándose altos valores a los 45 y 60 días.

Por otro lado, Díaz-Céspedes *et al.* (2020) en un estudio realizado sobre el impacto del régimen pluvial en la composición química, digestibilidad y producción de metano de *Echinochloa polystachya* Hitch, determinaron que el contenido de materia seca ($p = 0,06$), fue similar en los periodos de régimen pluvial evaluados, lo que probablemente se debería al aumento de la proporción de tallos (menor relación hoja/tallo) que genera mayor contenido de materia seca en el período de mayor precipitación, mientras que durante el periodo de menor precipitación, se debería a una mayor acumulación de material senescente.

4.3.1. Contenido de proteína cruda (%) a los 35 y 45 días de edad del pasto Janeiro M1V3.

En el análisis de varianza para la variable contenido de proteína cruda, registró significancia estadística para los factores: fertilización ($p < 0.019$), fecha de corte ($p < 0.001$), y no registró significancia para el nivel de irradiación ($p > 0.77$). Los resultados (Tabla 22) expresaron que la fecha de corte y la fertilización influyeron positivamente en el contenido de proteína cruda, mientras que el nivel de irradiación no influyó en estos resultados, mostrando el mayor contenido numérico de proteína cruda en el tratamiento 3 (0 Gy- 250 Kg/ha y 35 días de corte) con 12.39 % y el menor contenido de proteína cruda lo registró el tratamiento 6 (52 Gy- 0 Kg/ha y 45 días de corte) con 10.32 %. El CV fue de 2.11.

Tabla 21. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre el rendimiento de peso fresco, rendimiento de peso seco y porcentaje de rendimiento peso seco, con irradiación de 52 Gy (DL₅₀) vs control.

Nº Trat.	Nivel de Irradiación (Gy)	Fertilización (Kg/ha)	Cortes (días)	Proteína cruda (%)
1	0	0	35	11.75 a b
2	0	0	45	10.71 c d
3	0	250	35	12.39 a
4	0	250	45	11.35 b c
5	52	0	35	11.51 a b c
6	52	0	45	10.32 d
7	52	250	35	11.49 a b c
8	52	250	45	11.48 a b c
Promedio general				11.37
Significancia estadística				**
Coeficiente de variación (%)				2.11

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Estos resultados tienen la misma tendencia a los obtenidos por Díaz-Céspedes *et al.* (2020), evaluaron el contenido de proteína cruda (PC) en *Echinochloa polystachya* Hitch en dos periodos de pluviosidad, manifiestan que el contenido fue similar en las dos épocas, pese a que en el período de mayor precipitación ocurrió un aumento en la proporción de tallos (menor relación hoja/tallo) estos contienen menor porcentaje de PC en relación con el nivel proteico de las hojas; cuya proporción fue mayor en el periodo de menor precipitación, tales cambios no causaron variaciones significativas en el contenido de PC entre los periodos evaluados.

Los resultados del presente estudio sugieren que a medida que aumenta la madurez del pasto el contenido de proteína disminuye, lo que tiende a compararse con los resultados obtenidos por Macías *et al.* (2019) quienes también observaron disminución del contenido de PC con la edad del cultivo en un estudio realizado en pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza, obteniendo 13.32, 12.40 y 12.09 % de PC a los 20, 25 y 30 días, respectivamente.

Igual tendencia de disminución de PC demostraron Lara Mantilla *et al.* (2010) en su estudio realizado sobre el efecto de la época de corte en la composición química y degradabilidad ruminal del pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton), indican que

observaron diferencias altamente significativas en el porcentaje de proteína ($p=0.00849$), encontrándose el valor más alto a los 21 días (13.6 %), con un descenso a medida que aumentó la edad de corte a 49 días (7.4 %).

4.3.2. Digestibilidad *in vitro* 35 y 45 días de edad del pasto Janeiro M1V3.

En el análisis de varianza para la variable digestibilidad mostró significancia estadística entre los tratamientos: nivel de irradiación ($p<0.019$) y fecha de corte ($p <0.001$), no presentó significancia para la variable fertilización ($p<0.63$). Los resultados (Tabla 23) mostraron que la fecha de corte ($p<0.001$) influyó positivamente en la digestibilidad, manifestando el mayor valor el tratamiento 1 (0 Gy- 0 Kg/ha y 35 días de corte) con 57.03 % de digestibilidad y la menor digestibilidad la registró el tratamiento 8 (52 Gy- 250 Kg/ha y 45 días de corte) con 47.55% de digestibilidad. El CV fue de 2.10.

Tabla 22. Efecto de la fertilización y fechas de corte sobre la digestibilidad con irradiación de 52 Gy (DL₅₀) vs control.

Nº Trat.	Nivel de Irradiación (Gy)	Fertilización (Kg/ha)	Cortes (días)	Digestibilidad (%)
1	0	0	35	57.03 a
2	0	0	45	49.22 b
3	0	250	35	55.36 a
4	0	250	45	48.63 b
5	52	0	35	56.11 a
6	52	0	45	47.24 b
7	52	250	35	54.96 a
8	52	250	45	47.55 b
Promedio general				52.01
Significancia estadística				**
Coeficiente de variación (%)				2.10

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los resultados de los análisis de laboratorio muestran que la digestibilidad *in vitro* desciende en el pasto sin irradiar de 57.03 a 47.55 %, mostrando la influencia de la fecha de corte positivamente para la edad temprana de 35 días. Lo mismo ocurre con el pasto irradiado a 52 Gy y fertilizado con 250 Kg/ha que desciende de 54.96 % a los 35 días a 47.55 % a los 45 días, corroborando la influencia positiva de la fecha de corte temprana

para el pasto Janeiro. Los estudios de digestibilidad están asociados con los estudios de contenido de proteína bruta (%), sugiriendo que cuando el contenido de proteína se reduce, la digestibilidad también lo hace. Los resultados obtenidos discrepan con los presentados por el INIAP (1989) citados por Riera (2019) en estudios realizados al pasto Janeiro determinaron que la digestibilidad varía de 49.0 a 50.0 % obtenido en el mismo periodo.

Igualmente este estudio tiene relación a la investigación realizada por Díaz-Céspedes *et al.* (2020) en su estudio sobre digestibilidad en *Echinochloa polystachya* Hitch, encontraron que la digestibilidad verdadera *in vitro* de materia seca ($p > 0,06$) y materia orgánica ($p > 0,89$), fueron similares en dos períodos evaluados, argumentando que este comportamiento puede explicarse por la estrecha relación entre los contenidos de PC y la digestibilidad de la materia orgánica del pasto, la misma que está relacionada con la adecuada degradación celulítica a nivel del rumen, debido a que la proteína al incidir directamente en el crecimiento microbiano, compromete la producción de enzimas fibrolíticas implicadas en tal degradación y en consecuencia sobre la digestibilidad.

Resultados similares fueron obtenidos por Cruz *et al.* (2017) indican que en el pasto *Brachiaria humidicola* cv. Chetumal la frecuencia e intensidad de pastoreo tuvo efecto significativo para el contenido de proteína cruda ($p < 0.05$) en la época de lluvias, donde se observó que el contenido de proteína disminuyó 2 % al aumentar la frecuencia de pastoreo de 21 a 28 días. Los mismos autores observaron un comportamiento similar de digestibilidad durante las épocas lluviosa y seca; obteniendo 600 y 575 (g Kg^{-1} MS) a los 21 y 28 días, lo que demuestra que la digestibilidad disminuye a medida que aumenta el periodo de cosecha.

V. CONCLUSIONES

1.- La dosis letal media (DL_{50}) fue determinada en 52,6 Gy para estolones del pasto Janeiro; sin embargo, con las dosis de 75 y 100 Gy aplicadas en este estudio, se obtuvieron individuos con características sobresalientes, registrándose éstas como las dosis que produjeron mutaciones favorables.

2.- Los estolones de pasto Janeiro mostraron menor sobrevivencia con dosis de 75 y 100 Gy; sin embargo, al aplicarse estas dosis se obtuvieron individuos que presentaron resultados superiores a los promedios de la especie, especialmente en las características longitud de rama, diámetro de tallo y longitud de hoja, variables que inciden directamente en la producción de biomasa forrajera, seleccionadas como candidatas a mutantes.

3.- La caracterización del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) realizada confirma la estabilidad morfológica de la especie en condiciones normales (sin irradiar); sin embargo, se halló variabilidad morfológica en plantas que fueron sometidas a la irradiación con rayos gamma.

4.- Los contenidos de proteína cruda (%) y digestibilidad (%) fueron mayores, y altamente significativos a los 35 días de edad de corte del pasto Janeiro, irradiado con la dosis de 52 Gy (DL_{50}), lo cual brinda un menor tiempo de cosecha y calidad de forraje para la ganadería.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.- Realizar estudios con el uso de rayos gamma (^{60}Co), utilizando diferentes ecotipos de *Eriochloa polystachya* así como un mayor número de individuos posibles para incrementar las posibilidades de inducir mutantes con características superiores.
- 2.- Dar continuidad y priorizar el establecimiento de parcelas con las candidatas a mutantes de pasto Janeiro, obtenidas con 52 Gy resultado de este estudio, con la finalidad de caracterizar las mutaciones que se expresen y que a la vez existe probabilidades altas de identificar mutantes con características sobresalientes que beneficiará a la ganadería ecuatoriana.
- 3.- Realizar estudios con el uso de rayos gamma (^{60}Co) en otras especies forrajeras que permitan la obtención de nuevas variedades.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C., Gallardo C., Kampf, A., Bezerra, F. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Investigación Agropecuaria* 5, nº 2 93-106.
- Ahloowalia, B., Maluszynski, M. Y Nichterlein, K. 2004. Impacto global de las variedades derivadas de mutaciones. *Euphytica* 135, 187-204 <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000014914.85465.4f>
- Ángeles-Espino, A., Valencia-Botín, G., Virgen-Calleros, C., Ramírez-Serrano, L., Paredes-Gutiérrez, S., & Peña., H.-D. I. 2013. Determinación de la dosis letal (DL₅₀) con ⁶⁰Co en vitroplántulas de *Agave tequilana* var. Azul. *Rev. fitotec. mex.*, 36(4), 381-386. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400003&lng=es&tlng=es
- Aquino, Z., Vidal, C., & Gómez, N. 2019. *Triticale* (x *Triticosecale* Wittmack): bioestimulantes orgánicos y fertilización nitrogenada sobre los componentes de rendimiento forrajero en campaña chica-Valle del Mantaro. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 469-477. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.03>
- Arango, J., Cardona, F., López, A., Correa, G., & Echeverri, J. 2017. Morphological variation of characters of kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) in the high tropics of Antioquia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(1), 44-52.
- Arce, P., Arbaiza, F., Carcelén, C., Lucas, A. 2003. Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. *Rev. investig. vet. Perú* [Internet]. 2003 Ene [citado 2021 Ene 04]; 1407-12 disponible en. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172003000100002&lng=es.
- Asmaa, M., Eman, M., El-Rahman, M., Al-Ansary, A. Y Gamal,, A. 2020. Mejora de la producción de 6-gingerol en plantas de rizomas de jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) mediante irradiación gamma. *Radiación aplicada e isótopos*, 109193. doi: 10.1016 / j.apradiso.2020.109193
- Atif, N. 2015. Efecto interactivo de la temperatura y el estrés hídrico inducido por Polietilenglicol (PEG) sobre la germinación y recuperación de dos cultivares de garbanzos (*Cicer arietinum* L.). *Diario de biblioteca de acceso*. https://www.researchgate.net/publication/285311353_Interactive_Effect_of_Temperature_and_Water_Stress_Induced_by_Polyethylene_Glycol_PEG_on_Germination_and_Recovery_of_Two_Chickpea_Cicer_arietinum_L_Cultivars#fullTextFileContent.
- Avendaño, A., Cadena-Íñiguez, J., Arévalo, M., Cisneros, V., Aguirre, J., Moreno, E., Cortés, M., Castillo, C. Y Ramírez, P. 2012. Variación genética en el complejo infraespecífico de chayote evaluada mediante sistemas isoenzimáticos. *Pesquisa Agropecuaria Brasil*. 47, nº 2 244-252.

- Babaei, A., Ghorban, A., Avagyan, V. Y Hashemi-Petrodi, S. 2010. Radio sensitivity studies of morpho-physiological characteristics in some Iranian rice varieties (*Oryza sativa* L.) n M1 generation. *Afr J Agric Res* , 5(16), 2124 - 2130. Doi: 10.5897/ajar10.234 <https://academicjournals.org/journal/ajar/article-abstract/F76645539525>
- Becerra, V. & Paredes, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *Agricultura Técnica*. 60 (3):270.
- Benites, E., Chamba, H., Sánchez, E., Parra, S., Ochoa, D., Sánchez, J., Guerrero, R. 2017. Caracterización de pastos naturalizados de la Región Sur Amazónica Ecuatoriana, potenciales para la alimentación animal. *Revista Bosques Latitud Cero*. Vol. 7 Núm. 2 (2017). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/323>
- Bohórquez, B. 2018. Evaluación del rendimiento y proteína cruda del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* c.v) bajo cinco frecuencias de corte en la zona de Babahoyo Tesis Ing. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5986>
- Briones, A. 2016. Evaluación de las edades de corte en pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya*) para el proceso de ensilado en la zona de Vinces. [Tesis]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20808>.
- Cadena, S. 2019. Caracterización morfológica de pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a dosis media letal de rayos gamma (52 Gy) en el cantón Babahoyo - provincia de Los Ríos. Universidad Técnica de Babahoyo- Ecuador. Obtenido de repositorio.utb.edu.ec: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6174>
- Calderero. 2011. Viabilidad de 4 densidades de siembras de los pastos Janeiro y (*Brachiaria Humidicola*) para la producción bovina en zonas inundables de la parroquia La Victoria del cantón Salitre. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6911>.
- Castañeda, L., Olivera, Y., & Wencomo, H. 2015. Selección de accesiones de *Pennisetum purpureum*. *Revista Pastos y Forrajes*: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n2/pyf03215.pdf>
- Caro-Melgarejo, D., Estupiñán-Rincón, S., & Pacheco-Maldonado, J. 2012. Efecto de rayos gamma sobre yemas vegetativas de *Physalis peruviana* L. *Acta Agronómica*, 61(4), 305-314. Recuperado el 15 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000400002&lng=en&tlng=es.
- Cedeño, J., Cedeño, G., Alcívar, J., Cargua, J., Cedeño, F., Cedeño, G., Constante, G. 2018. Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes. *Scientia Agropecuaria* 9(4): 503-509. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000400005&lng=pt&nrm=iso. ISSN 2077-9917. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.05>.
- Cepeda, L. 2016. Evaluación de cuatro densidades de siembra de los Pastos Tanner (*Brachiaria arrecta*) y Janeiro (*Eriochloa polystachya*) para la producción bovina en

la zona baja inundable de Babahoyo. Tesis Ing.
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3228>

- Chavarría, A. 2013. Eficiencias de tres dosis de fertilizantes de las fuentes hidrosoluble, granulado convencional y liberación lenta en la producción de chile dulce (*Capsicum annum*) c.v. Nathalie en invernadero, en Cartago, Costa Rica. [Tesis] <http://repositorio.conicit.go.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/146/Investigacion%20%28Tesis%20Maestria%20Academica%29%20Adrian%20Enrique%20Chavarría%20Vidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chopra, V. 2005. Mutagenesis: Investigating the process and processing the outcome for crop improvement. *Current Science*, 89(2), 353-359. Retrieved February 8, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/24110583>
- Cruz, H., Aldenamar, H., Chay, C., Mendoza, P., Ramírez, V., García, A., & Ventura, R. 2017. Componentes del rendimiento y valor nutritivo de *Brachiaria humidicola* cv. Chetumal a diferentes estrategias de pastoreo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 599-610. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i3.34>
- Cruz, M., Gabriel, A., Ilku, L., Ventura, M., Possatto, O., Alves, O. 2015. Biorregulador aplicado em diferentes estádios fenológicos na cultura do trigo. *Revista Agro@mbienteOn-line*9(4):476-480. <https://www.researchgate.net/publication/296474365>
- Coimbra, J., Meirelles, L. Y Cols. 2005. Comparación entre mutágenos químicos y físicos en poblaciones de avena. *Cienc. Rural* [en línea]. , vol.35, n.1 [citado 2020-07-01], pp.46-55. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000100008&lng=pt&nrm=iso. ISSN 1678-4596. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000100008> .
- Cortés, C. 2017. Estimación de dosis letal 50 en dos explantes de *Alstroemeria* spp. Irradiados con rayos gamma. Tesis Ing. Universidad de Chile. 30 p. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/150822/Estimacion-de-dosis-letal-50-en-dos-explantes-de-Alstroemeria-spp-irradiados-con-rayos-gamma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corrales-Lerma, R., Avendaño-Arrazate, C., Morales-Nieto, C., Santellano-Estrada, E., Villarreal-Guerrero, F., Melgoza-Castillo, A. 2019. Radiación gamma para inducción de mutagénesis en pasto rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka]. *Acta univ* [online]., vol.29 [citado 2020-07-12], e1847. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100117&lng=es&nrm=iso. Epub 05-Nov-2019. ISSN 2007-9621. <http://dx.doi.org/10.15174/au.2019.1847>.
- Datta, S., & Teixeira-Da Silva, J. 2006. Role of induced mutagenesis for development of new flower colour and type in ornamentals. In: Teixeira-da Silva, J. A. (Ed.), *Floriculture, ornamentals and plant biotechnology: Advances and topical issues. Mutations and mutagénesis* (pp. 640-645). Isleworth, UK: Global Science Books Ltd.

- Díaz, A. 2017. Estrategias para mejorar el valor nutritivo de los forrajes en producción convencional y ecológica. Recuperado de <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/6300/Tesis%20Alexey%20D%c3%adaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz-Céspedes, M., Hernández-Guevara, J. Y Gómez-Bravo, C. 2020. Impact of rainfall regime on chemical composition, digestibility, and methane production of *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch. Scientia Agropecuaria [online]., vol.11, n.2 [citado 2020-11-02], pp.147-155. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000200147&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2077-9917. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.01>.
- Enríquez, Q., Hernández, A., Quero, C. Y Martínez, D. 2015. Producción y manejo de gramíneas tropicales para pastoreo en zonas inundables. INIFAP Colegio de Postgraduados. Folleto Técnico. 60 p. https://www.researchgate.net/profile/AdrianQuero-Carrillo/publication/280082284_Produccion_y_Manejo_de_Gramineas_Tropicales_para_Pastoreo_en_Zonas_Inundables/links/55a70b7208ae410caa751192.pdf
- Estrada-Basaldúa, J., Pedraza-Santos, M., Cruz-Torres, E., Martínez-Palacios, A., Sáenz-Romero, C., & Morales-García J. 2011. Efecto de rayos gamma ⁶⁰Co en nardo (*Polianthes tuberosa* L.). Revista Mexicana de Ciencia Agrícola, 2(n spe 3), 445-458. Recuperado el 10 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000900004&lng=es&nrm=iso
- FAO 2013. Material de propagación. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, 37-41. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de <http://www.fao.org/3/a-i1195s.pdf>
- FAO 2015. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. FAO, Departamento Económico y Social. FAO:. Recuperado el 17 de Mayo de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm>
- FAO 2019. Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 56 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://www.fao.org/3/ca2902es/CA2902ES.pdf>
- FAO/OIEA 2021. Manual de mejoramiento por mutación – Tercera edición. Spencer-Lopes, M.M., Forster, B.P. y Jankuloski, L. (coords.), Viena, FAO. <https://doi.org/10.4060/i9285es>
- FAO 2018. Soluciones ganaderas para el cambio climático. <http://www.fao.org/3/i8098ES/i8098es.pdf>
- Fontanetto, H. Y Bianchini, A. 2010. Análisis de suelos, la base para fertilizar adecuadamente los cultivos forrajeros. Producir XXI, Bs. As., 19(230):64-67. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/50-nutrir.pdf

- Filian, W., Alvarado, H., Pereda, J., Curbelo, L., Vázquez, R., & Pedraza, R. 2019. Caracterización de sistemas de producción agrícolas con ganado vacuno en la cuenca baja del río Guayas, provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista de Producción Animal*, 31(1), 1-10. Epub 24 de mayo de 2019. Recuperado en 20 de mayo de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202019000100001&lng=es&tlng=es.
- Fita, A., Rodríguez-Burruezo, A., Boscaiu, M., Prohens, J. & Vicente, O. 2015. Breeding and Domesticating Crops Adapted to Drought and Salinity: A New Paradigm for Increasing Food Production. *Front. Plant Sci.* 6:978. doi: 10.3389/fpls.2015.00978 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.00978/full>
- Frederick, M. 2003. Heritable variation in plant cell culture. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1983.34:327-46 Friedrich Miescher-Institut, CH-4002 Basel, Switzerland. DOI:10.1146/annurev.pp.34.060183.001551 https://www.researchgate.net/profile/FrederickMeins/publication/234836844_Heritable_Variation_in_Plant_Cell_Culture/links/553dfadc0cf29b5ee4bcf090/Heritable_Variation_in_Plant_Cell_Culture.pdf
- Freitag, C. 2014. Efeito do bioestimulante Stimulate® em diferentes doses na produtividade total de milho (*Zea mays*). Monografía (Trabalho de Conclusã de Curso). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso Agronomía. Pato Branco. 40 pp.
- Fuchs, M., González, V., Castroni, S., Díaz, E., & Castro, L. 2002. Evaluación de la reacción al virus del mosaico en plantas de caña de azúcar provenientes de callos irradiados. *Agronomía Trop.* [online]. vol.52, n.3 [citado 2020-07-01], pp. 375-390 . Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300008&lng=es&nrm=iso. ISSN 0002-192X.
- García, D. 2019. Producción y características agronómicas de estolones/m² resultantes de pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a 52Gy de rayo gamma, en el cantón Babahoyo. Universidad Técnica de Babahoyo- Ecuador. Obtenido de repositorio.utb.edu.ec: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6743>
- Giraldo-Cañas, D. 2014. Riqueza y Distribución Altitudinal de Gramíneas C3 y C4 en la Guayana Venezolana. *Revista Ciencia en Desarrollo*, Vol. 5 No. 1. ISSN 0121-7488– Enero-junio-de-2014,-pp.-77-84. <https://core.ac.uk/download/pdf/228855806.pdf>.
- Golubinova, I. Y Gecheff K. 2011. M1 cytogenetic and physiological effects of gamma-rays in sudan grass (*Sorghum sudanense* (piper.) stapf). *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences* 17: 417-423.
- Gómez, J., Aguirre, L., Gomez, 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). <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v32n1/2224-7920-rpa-32-01-73.pdf>
- Gomez-Pando, L., Eguiluz-De la Barra, A. 2013. Developing genetic variability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) with gamma radiation for use in breeding programs.

American Journal of Plant Sciences, 4, 349-355. Recuperado el 24 de mayo de 2017, de <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.42046>

- Gomez-Pando, L. 2014. Development of improved varieties of native grains through radiation-induced mutagenesis. In: Tomlekova NB, Kozgar MI, Wani MR (eds) Mutagenesis: exploring novel genes and pathways. (Wageningen Academic Publishers) 105 - 124.
- Gonzalez, C., Trujillo, D., Mukandama, J. Y Ali, M. 2009. Primera variedad de tomate para uso industrial y tolerante a bajos suministros de agua obtenida en cuba mediante la inducción de mutaciones. *cultrop* [online]. vol.30, n.4 [citado 2020-07-01], pp.00-00. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000400001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0258-5936.
- Grajales, R., Lazo, J., Ocampo, E., Hernández, B., Jiménez, Y., Aguilar, J., Pérez, L., Aguilar, E., Tuero, R. 2018. Evaluación de cultivares de *Cenchrus purpureus* para la producción de forraje. *Livestock Research for Rural Development*, 30(2), 1-8. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183219654>
- Granados, E. 2015. Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena; Ocos, San Marcos. Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar. Sede Regional de Coatepeque. Coatepeque. Guatemala. 46 pp.
- Grattapaglia, D. 2017. Estado y perspectivas de la selección genómica en la mejora genética de árboles forestales. En: Varshney R., Roorkiwal M., Sorrells M. (eds) Selección genómica para la mejora de cultivos. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63170-7_9
- Guardado, E. 2017. Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. Universidad de El Salvador, San Salvador . San Vicente Chucuri, Santander.: Repositorio Institucional. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de <http://ri.ues.edu.sv/16511/1/13191669.pdf>
- Gutiérrez, M., Santacruz, R., Cabrera, P., Rodríguez, G. 2003. Mejoramiento genético vegetal *in vitro*. e-Gnosis [en línea]., (1), 0 [fecha de consulta 30 de junio de 2020]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000104>
- Hanna, W. Y Elsner, E. 1999. Registration of “TifEagle” bermuda grass. *Crop. Sci.* 39:1258.
- Harding, S., Johnson, S., Taylor, D., Dixon, C. Y Turay, M. 2012. Effect of gamma rays on seed germination, seedling height, survival percentage and tiller production in some rice varieties cultivated in Sierra Leone. *American Journal of Experimental Agriculture.* 2:247-255.
- Hernández-González, Z., Sahagún-Castellanos, J., Espinosa-Robles, P., Colinas-León, M., Rodríguez-Pérez, J. 2014. Efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. *Rev. fitotecnia mexicana.* Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000100007&lng=es.

- Hernández-Muñoz, S., Pedraza-Santos, M., López, P., Cruz-Torres, E., Fernández-Pavía, S., Martínez-Palacios, A., & Martínez-Trujillo, M. 2017. Determinación de la DL₅₀ y GR₅₀ con rayos gamma (⁶⁰Co) en protocormos de *Laelia autumnalis in vitro*. *Agrociencia*, 51(5), 507-524. Recuperado en 22 de diciembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000500507&lng=es&tlng=es.
- Hernández, A. 2013. Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. *Bio Ciencias*, 2(3), 113-118. Recuperado el 13 de Octubre de 2019, de <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/41/133>
- Herrera, R. 2015. El Instituto de Ciencia Animal, cincuenta años de experiencia en la evaluación de gramíneas de importancia económica para la ganadería. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), 221-232. Recuperado el 10 de mayo de 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193039698012>
- Horn, L., Chikelu, C., Soleymanne, B. & Ipinge, S. 2010. Radiosensitivity studies in pearl millet (*Pennisetum glaucum*), cow pea (*Vigna unguiculata*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties in Namibia. *Agrícola* 20: 38-40. P. P. 2012. Citogenetic of the Festuca-Lolium complex. Relevance to Breeding. Editorial Springer-Verlag. NY. USA.
- IAEA 2021. Inducción de mutaciones. Vienna International Centre, PO Box 100 A-1400.Viena, Austria.Teléfono: +43 (1) 2600-0, Fax: +43 (1) 2600-7 <https://www.iaea.org/es/temas/inducccion-de-mutaciones>.
- IAEA/MVD 1981. Base de datos de variedades mutantes. <https://mvd.iaea.org/#!Variety/234>
- IAEA/MVD 2005. Base de datos de variedades mutantes. <https://mvd.iaea.org/#!Variety/2804>
- IAEA/MVD 1995. Base de datos de variedades mutantes. <https://mvd.iaea.org/#!Variety/295>
- IAEA/MVD 1983. Base de datos de variedades mutantes. <https://mvd.iaea.org/#!Variety/237>
- INEC 2013. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2013. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac%202013/InformeejecutivoESPAC2013.pdf
- INEC 2015. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-2015-2016-2017. Recuperado el 07 de Octubre de 2019, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2015-2016-2017-2/>

- INFOAGRO 2008. Dosis recomendadas según necesidades hídricas y disponibilidad de suelos. https://www.infoagro.com/documentos/npk_dosis_recomendadas_según_necesidades_hidricas_y_disponibilidad_suelos.asp
- INIAP 1989. Manual de pastos tropicales. Vol. 11. Quito, Pichincha, Ecuador. DEPARTAMENTO DE COMUNICACION SOCIAL Y RELACIONES PUBLICAS DE INIAP. Recuperado el 13 de Octubre de 2019, de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1622/1/Manual%20n%c2%ba%201%20de%20pastos%20tropicales%20reducido%20ultimo.pdf>
- Jain, S., Brar, D. 2010. Técnicas moleculares en el mejoramiento de cultivos. Springer, t: <https://www.researchgate.net/publication/241699394>
- Jaramillo & Seberino 2015. Composición química, valor nutritivo y cinética de degradación *in vitro* del *Pennisetum purpureum* var. ct-115 cosechada a tres intervalos de corte. [Tesis] <http://hdl.handle.net/20.500.11799/65102>
- Krishna, G., Shivashankar, G. & Nath, J. 1984. Mutagenic response of rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth.) to gamma rays. II. Studies on second (M2) generation parameters. (Euphytica) 33): 517-524.
- Kovács, E., and Keresztes, A. 2002. Efect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. Micron 33: 199-210.
- Lagoda, P. 2012. Mejoramiento con mutaciones vegetales y biotecnología. DOI 10.1079 / 9781780640853.0123 <https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20123349342>
- Lajonchere, G., Mesa, A., Prieto, M. & Sánchez, E. 1995. Curva de radiosensibilidad con ⁶⁰Co en guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. K-249. Revista Pastos y Forrajes. 18:1-8.
- Lara, C., Oviedo, L. & Betancur, C. 2020. Effect of period of regrowth on chemical composition and ruminal degradability from forage *Dichanthium aristatum* (Angleton). Zootecnia Trop. [online]. 2010, vol.28, n.2 [citado 2020-11-02], pp. 275-282. Disponible en: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000200013&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0798-7269.
- Li, R., Bruneau, A. & Qu, R. 2010. Morphological mutants of St. Augustine grass induced by gamma ray irradiation. Plant Breed. 129:412-416.
- Ligarreto, G., Lobo, M. & Correa, A. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (1.ª ed.) Recuperado de <http://agronomía.unal.edu.co>
- López-Alcocer, J., Lépiz-Ildefonso, R., González-Eguiarte, D., Rodríguez-Macías, R. & López-Alcocer, E. 2016. Morphological variability of wild *Phaseolus lunatus* L. from the western region of México. Revista fitotecnia mexicana, 39(1), 49-58. Recuperado en 27 de diciembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000100009&lng=es&tlng=en.

- López, M. 2009. Rendimiento y valor nutricional del pasto *Panicum máximum* cv. Mombasa a diferentes edades y alturas de corte [Tesis]. Instituto tecnológico de Costa Rica-Costa Rica. 41p <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3946>
- Macias, D., Vargas, Z., Solórzano, V., Mendoza, R., Intriago, F. 2019. Evaluación agroproductiva del pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza en el cantón El Carmen, Manabí-Ecuador REVISTA ESPAMCIENCIA. Vol. 10 Núm. 2. http://190.15.136.171:9443/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/198
- Madera, N., Ortiz, B., Magaña, H. 2013. Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Avances en Investigación Agropecuaria [en línea]. 17 (2), 41-52 [fecha de consulta 11 de julio de 2020]. ISSN: 0188-7890. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83726339005>
- Márquez, F., Sánchez, J., Urbano, D. Y Dávila, C. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. Zootecnia Trop., 25(4): 253-259. 2007. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v25n4/art03.pdf>
- Méndez, C. 2013. Evaluación de tres niveles de fertilización nitrogenada y su interacción con tres dosis de giberelinas en aster (*Aster* sp.). Checa, Pichincha. Tesis Ing. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2032>
- Mendoza, M., Sámano, S., Cervantes, F., Andrio, E., Rangel, J., Rivera, J., Guevara, L., Moreno, E. 2014. Evaluación de la fertilización integral en la producción de semilla de triticale (*X Triticum secale* Wittmack). Phytón (Revista Internacional de Botánica Experimental) 83: 93-100.
- Monserrate, J. 2019. Desarrollo fenológico del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) irradiado con rayos gamma (⁶⁰Co) en la zona de Babahoyo – provincia de Los Ríos. Universidad Técnica de Babahoyo- Ecuador. Obtenido de repositorio.utb.edu.ec: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/6911/1/te-utb-faciag-mvz-000015.pdf>
- Montoya, M., Rodríguez, N., Pérez-Almeida, I., Cova, J., & Aléman, L. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. Agronomía Tropical, 57(4), 299-311.
- Morales-Nieto, C., Quero-Carrillo, A., Pérez-Pérez, J., Hernández-Garay, A., & Le-Blanc, O. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. Agrociencia, 42(7), 767-775.
- Morales, R., Avendaño, C., Melgoza, A., Gil, K., Quero, A., Jurado, P. 2016. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. Rev. mex. de cienc. pecuarias [revista en la Internet] 2016 Dic [citado 2020 Nov 02] ; 7(4): 455-469. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242016000400455&lng=es.

- Moran, M. 2019. Evaluación de parámetros productivos y agronómicos del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya*), con cuatro periodos de aplicación de fertilizantes en el cantón Babahoyo - provincia de Los Ríos. Universidad Técnica de Babahoyo-Ecuador. Obtenido de repositorio.utb.edu.ec: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6179>.
- Mussi, C., Nakayama, H. Y Oviedo, C. 2016. Variabilidad fenotípica en poblaciones M1 de sésamo (*Sesamum indicum* L.) irradiado con rayos gamma. *cultrop* [online]., vol.37, suppl.1 [citado 2020-07-01], pp.74-80. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000500010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0258-5936.
- Navarro, I., Castro, K. & Arriaza, C. 2008. Identificación, selección y caracterización de clones de marañón (*Anacardium occidentale*) con alto potencial genético de producción, en la Cooperativa Acopasma, Cantón Tierra Blanca, Chirilagua, departamento de San Miguel. Tesis, Universidad de El Salvador, Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/920>
- Nobel, P. 2009. Physicochemical and environmental plant physiology. Editado por Academic Press. Vol. 4th. San Diego, California: Elsevier Academic Press,.
- Ochoa-Carrillo, F., Carrillo-Esper, R., Pérez-Calatayud, Á., Carrillo-Córdova, D. Y Carrillo-Córdova, C. 2016. Impacto de la microgravedad y la radiación espacial en el comportamiento celular y carcinogénesis. En: medicina espacial. R. Carrillo-Esper, J. A. Díaz Ponce-Medrano y L. Padrón-San Juan, eds. Intersistemas. D.F. México. https://www.anmm.org.mx/publicaciones/CAnivANM150/Medicina_Espacial.pdf
- Olasupo, O., Ilori, C., Forster, B. y Bado, S. 2016. Mutagenic effects of gamma radiation on eight accessions of cowpea *Vigna unguiculata* L. *American Journal of Plant Sciences* 7 339-351. DOI: 10.4236 / ajps.2016.72034 <https://www.researchgate.net/publication/299510928> Mutagenic Effects of Gamma Radiation on Eight Accessions of Cowpea *Vigna unguiculata* L Walp/citations
- Oliva, M., Rojas, D., Morales, A., Oliva, C., & Oliva, M. 2015. Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 211-215. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.07>
- Olivera, Y., Machado, R., Ramírez, J., Del Pozo, P., & Castañeda, L. 2014. Morphological characterization of 19 *Brachiaria brizantha* accessions on an acid soil. *Pastos y Forrajes* [online] vol.37, n.2 [citado 2020-07-11],pp.138-144.Disponible en. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942014000200002&lng=es&nrm=iso. ISSN 0864-0394.
- Olivera, Y., Hernández, L., Cruz, D., Ramírez, W., & Lezcano, J. 2010. Caracterización morfo botánica de accesiones de la especie *Cynodon dactylon*. *Pastos y Forrajes*, 33(2), 1. Recuperado en 12 de diciembre de 2020, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000200004&lng=es&tlng=pt.

- Otahola, G., Aray, M., Antoima, Y. 2001. Inducción de mutantes para el color de la flor en crisantemos (*Dendranthema grandiflora* (Ram.) Tzvelev) mediante radiaciones gamma. *Rev udo Agríc.* 1(1):56 - 63. <http://www.bioline.org.br/pdf?cg01009>
- Pardo, A., Hernández, A., & Méndez, N. 2015. Análisis genético mediante marcadores RAPD de microbulbos de ajo conservados e irradiados *in vitro*. *Bioagro*, 27(3), 143-150. Recuperado el 15 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612015000300002&lng=es&tlng=es.
- Partida-Ruvalcaba, L., Cervantes-Santana, T., Salazar-Zazueta, A. y Velazquez-Alcaraz, T. 2009. Selección para contenido de proteína del grano en trigo irradiado con rayos gamma de ^{60}Co . *Universidad y ciencia* [online]., vol.25, n.3 [citado 2021-05-20], pp.201-212. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000300002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0186-2979.
- Pérez, C., Rodríguez, E., & Gómez, I. 2008. Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. *Agronomía Colombiana*, 26(3), 477-486. Retrieved January 04, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000300013&lng=en&tlng=es.
- Pongtongkam, P., Nilratnisakorn, S., Piyachoknakul, A., Thongpan, J., Aranananth, K., Kowitwanich, y Tadsri, S. 2005. Inducing salt tolerance in purple guinea grass (*Panicum maximum* TD58) via gamma irradiation and tissue culture. *Nat. Sci.* 39:681-688.
- Pongtongkam, P., Peyachoknagul, S., Arananant, J., Thongpan, A. Y Tudsri, S. 2006. Production of salt tolerance dwarf napier grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) using tissue culture and gamma irradiation. *Nat. Sci.* 40:625-633.
- Praena, J. 2017. Identificación y caracterización de mutantes afectados en el desarrollo temprano en líneas T-DNA de tomate y *Solanum pimpinellifolium*. Tesis maestría. Universidad Politécnica de Valencia (UPV). <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78364/PRAENA%20-%20Identificaci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20mutantes%20afectados%20en%20el%20desarrollo%20temprano%20en%20el%20ADne....pdf?sequence=1>
- Quintas, S. & Quintas, J. 2019. Radiosensibilidad de la arveja (*Pisum sativum* L.) var. Blanco Churcampino a través de irradiaciones gamma ^{60}Co . Universidad Nacional de Huancavelica. [Tesis]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2958>
- Quero, A., Enríquez, Q., Morales Nieto, C., & Miranda Jiménez, L. 2010. Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales.

- Revista mexicana de ciencias pecuarias, 1(1), 25-42. Recuperado el 12 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000100003&lng=es&tlng=pt.
- Rimieri, P. 2017. La diversidad genética y la variabilidad genética: dos conceptos diferentes asociados al germoplasma y al mejoramiento genético vegetal. *Journal of Basic and Applied Genetics*. Vol XXVIII (2): 7-13; December 2017. https://scholar.google.es/scholar?cluster=9064662738970411357&hl=es&as_sdt=0,5
- Riera, J. 2019. Características morfológicas del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya*), en el cantón Babahoyo - provincia de Los Ríos. Tesis pregrado. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/6131/1/te-utb-faciag-ing%20agron-000187.pdf>
- Reyes, P., Guacán-Andrade, R., Narváez, F., Rengifo, J., Cardona Hernández, L., Galvis, M., & Manrique, S. 2017. Variación en las propiedades bromatológicas de tres tipos de pasturas para uso ganadero en el distrito de conservación suelos barbas bremen. *Journal of Research of the University of Quindío*, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 53–58. doi 10.33975/riuq.vol29n1.15. Disponible em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=133550997&lang=es&site=ehost-live>. Acceso em: 12 jul. 2020.
- Reyes, W. 2007. Gamma rays and carbon ion-beams irradiation for mutation induction to breed banana (*Musa* spp.), especially on response to black sigatoka disease. Rep. *Tsukuba, Japón: Universidad de Tsukuba.repo.nii.ac.*, <https://pdfs.semanticscholar.org/2462/7a677acf523c6364619def3f26e3748a87ac.pdf>
- Rossi, L., Watson, D., Escandarani, S., Miranda, A., Troncoso, A. 2009. La radiación a la mesa. *Rev. chil. infectol.* [Internet]. Ago [citado 2020 Jul 26] ; 26(4): 318-330. Disponible em: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182009000500003&lng=pt. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182009000500003>.
- Rosenberg, M., Shee, C., Frisch, R. y Hastings, P. 2012. Stress-induced mutation via DNA breaks in *Escherichia coli*: A molecular mechanism with implications for evolution and medicine. *Bioessays*. 34 885–892.
- Rua, H. 2014. Gramíneas acuáticas: grupos taxonómicos, formas de crecimiento, morfología y adaptaciones al ambiente acuático. Congreso Latinoamericano de Botânica (11.: 2014: Salvador, Ba) C759 XI Congresso Latinoamericano de Botânica: [archivo legível por maquina]: xxxiv erbot mg, ba, es / organizadores: Tânia Regina dos Santos Silva ... [et al.]. – Salvador: Sociedade Botânica do Brasil, 2014. 1 arquivo de texto (604 p.) : il. ISBN: 978-85-60428-09-0
- Salcedo, J., Barrios, G., Morelos, A. 2010. Nueva variedad de arroz para siembra directa para el centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [online]. 2012, vol.3, n.7 [citado 2020-07-01], pp.1453-1458. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700015&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-0934.

- Sánchez, W. 2018. Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad. *Alcances Tecnológicos*, 12(1), 49 - 58. <https://doi.org/10.35486/at.v12i1.37>
- Sánchez, A. 2017. Caracterización forrajera de ecotipos de zacate *Buffel* en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(1), 13-26. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.68>
- Sánchez, L., Saavedra, D., & Romero, H. 2012. Aclimatación y endurecimiento de materiales de palma de aceite obtenidos mediante técnicas de cultivo de tejidos vegetales. *Revista Palmas*, 33(4), 41-52. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10739>
- Sánchez, t., Orskov, E., Lamela, L., Pedraza, R., López, O. 2008. Valor nutritivo de los componentes forrajeros de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala*. *Pastos y Forrajes*. 31(3): 271-281.
- Serrat, X., Esteban, R., Guibourt, N., Moysset, L., Nogués, S., Lalanne, E. 2014. La mutagénesis de EMS en callos de arroz derivados de semillas maduras como un nuevo método para obtener rápidamente poblaciones mutantes tilling. *Plant Methods* 10, 5. [10.1186/1746-4811-10-5](https://doi.org/10.1186/1746-4811-10-5) [artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- Songsr, P., Suriharn, B., Sanitchon, J., Srisawangwong, S. y Kesmala, T. 2011. Effects of Gamma radiation on germination and growth characteristics of physic nut (*Jatropha curcas* L.). *J. Biol. Sci.* 11. 268-274.
- SAGARPA 2015. Guía técnica para la descripción varietal 2015. Pasto navajita (*Bouteloua gracilis* Willd. ex Kunth), 24. Recuperado el 17 de Octubre de 2019, de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120837/PastoNavajita.pdf>
- Salamanca, A. 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria* [en línea]. 11 (9), 1-10 [fecha de consulta 11 de julio de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63615732008>
- Southerton, G., Macmillan, P., Bell, C., Bhuiyan, N., Dotes, G., Ravenwood, C., Joyce, R., Williams, D. y Thumma, R. 2013. Asociación de variación alélica en genes del xilema con propiedades de la madera en *Eucalyptus nitens*, *Australian Forestry*, 73 : 4, 259-264, DOI: [10.1080/00049158.2010.10676337](https://doi.org/10.1080/00049158.2010.10676337). <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00049158.2010.10676337>
- Terán, A. 2016. Evaluación de variedades de pastos a la aplicación de dosis de fertilización edáfica y foliar en la zona de Vines para valorar el porcentaje de biomasa, contenido de proteína. [Tesis]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20851>

- Thole, V., Peraldi, A., Worland, B., Nicholson, P., Doonan, H. Y Vain, P. 2012. T-dna mutagenesis in *Brachypodium distachyon*. Journal of Experimental Botany.63 : 567–576.https://www.researchgate.net/publication/51804995_T-DNA_mutagenesis_in_Brachypodium_distachyon
- Torres, E. 2007. Identificación y caracterización *in situ* de germoplasma de mamey (*Mammea americana* L.) en la Facultad de Ciencias Agronómicas, con potencial genético en zonas productoras de El Salvador. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 128. Recuperado el 16 de octubre de 2019, de Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1831>
- Valarezo, A. 2015. Detección temprana de mutantes de banano tolerantes o resistentes a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en condiciones de vivero. Recuperado el 14 de mayo de 2017, de Repositorio Digital utb: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1073>
- Valdés, A., Orellana, P., Veitia, N., Torres, D. 2004. Crecimiento, regeneración y radiosensibilidad de callos de caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbrido var. SP 70-1284) tratados con radiación gamma fuente ⁶⁰Co. Biotecnología Vegetal 4 165-169.
- Valdés-Infante, J., Nerdo, N., Velasquez, J., Sourd, D., González, G., Rodríguez, J., Rohde, W. 2012. Herramientas para un programa de mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) En Cuba. 36(2),. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 111-129. Recuperado el 13 de Octubre de 2019, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S037794242012000200009&script=sci_arttext
- Vera, A. Y Villalón, M. 2005. La triangulación entre métodos cuantitativos y cualitativos en el proceso de investigación. *Disciplina y trabajo* 7(16): 85-87. <http://www.uprh.edu/elopez/13%20Triangulacion.pdf>
- Villagra, E., Alvarez, A., Cavagnaro, J., Guevara, C. 2011. Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. *Ecol. austral* [Internet]. 2011 Abr [citado 2020 Nov 14]; 21(1): 29-42. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2011000100004&lng=es.
- Villalobos, L., Sánchez, J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica y producción de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense* 34(1): 31-42. ISSN:0377-9424 / <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n1/a03v34n1.pdf>
- Walkley, A. y Black, I. 1934. Un examen del método degtjareff para determinar la materia orgánica del suelo, y una modificación propuesta del método de titulación del ácido crómico. *Ciencia del suelo*, 37 (1), 29–38. doi: 10.1097 / 00010694-193401000-00003
- Wi, G., Chung, J., Kim, M., Baek, D., Yang, J., Lee, J. y Kim. S. 2005. Ultrastructural changes of cell organelles in Arabidopsis stem after gamma irradiation. *J. Plant Biol.* 48: 195-200. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03030408#citeas>

- Wi, G., Chung, J., Kim, M., Baek, D., Yang, J., Lee, J. y Kim. S. 2007. Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants. *Micron* 38: 553-564. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17157025/>
- William, G. 2019. Caracterización molecular y bioquímica de mutantes m3 de arroz (*Oryza sativa indica* l. var. cr5272) en condiciones de estrés salino. Tesis maestría. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/79126/Tesis%20William%20Watson%20Guido%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VIII. ANEXOS

7.1. Anexo 1. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro M0.

	AP	AF	DT	LH	AH	LI	AI	LPI	LV	NP	EP	NE	NV	NH	LC	PS	ALF	RMS	
Longitud de planta (m)	LP	1	0,68	0,73	0,11	0,27	0,74	0,10	0,46	0,35	0,87	0,47	0,55	0,51	0,36	0,02	0,07	0,58	0,26
Longitud del follaje (m)	LF	-0,06	1	0,82	0,71	0,12	0,13	0,56	0,88	0,52	0,47	0,39	0,63	0,57	0,48	0,18	0,39	0,55	0,67
Diámetro del tallo (mm)	DT	-0,05	0,04	1	0,61	0,13	0,51	0,53	1E-03	0,25	0,53	0,72	0,05	0,82	0,96	0,20	0,93	0,70	0,95
Long de hoja (cm)	LH	0,24	-0,06	-0,08	1	0,69	0,95	0,91	0,86	0,49	0,73	0,53	0,67	0,88	0,29	0,19	0,64	1,20E-11	0,45
Ancho de hoja (cm)	AH	-0,17	0,24	0,23	0,06	1	0,9	0,41	0,07	0,91	0,97	0,31	0,56	0,49	0,1	0,37	0,67	4,10E-06	0,37
Long. de inflorescencia (cm)	LI	0,05	0,23	-0,1	-0,01	-0,02	1	0,16	0,62	0,27	0,05	0,23	0,11	0,81	0,52	0,67	0,13	0,93	0,64
Ancho de inflorescencia (cm)	AI	0,25	0,09	0,1	-0,02	0,12	0,21	1	0,06	0,58	0,16	0,62	0,12	0,56	0,46	0,78	0,29	0,69	0,29
Longitud de pedicelo en inflorescencia (cm)	LPI	0,11	0,02	-0,46	0,03	-0,28	0,08	0,28	1	0,21	0,06	0,25	0,15	0,03	0,07	0,64	0,86	0,37	0,71
Longitud de vaina (cm)	LV	0,14	0,1	-0,17	0,1	0,02	0,17	0,09	0,19	1	0,0015	0,45	0,14	0,35	0,26	0,19	0,91	0,58	0,08
Nudos por planta	NP	-0,03	0,11	-0,1	-0,05	-4,80E-03	0,3	0,21	0,28	0,46	1	0,26	0,19	0,01	0,05	0,34	0,46	0,73	0,02
Espigas/planta	EP	-0,11	-0,13	-0,06	-0,1	0,16	0,18	0,08	-0,18	0,12	0,17	1	0,07	0,24	0,87	0,18	0,93	0,94	0,4
Número de espiguillas	NE	-0,09	0,07	-0,29	0,07	0,09	0,24	0,23	0,22	0,22	0,2	0,27	1	0,04	0,81	0,85	0,5	0,55	0,51
Número de vástagos	NV	0,1	0,09	-0,03	-0,02	-0,11	0,04	0,09	0,33	0,14	0,36	0,18	0,31	1	0,14	0,49	0,3	0,56	0,85
Hojas por planta	NH	0,14	0,11	0,01	-0,16	2,50E-01	0,1	0,11	0,27	0,17	0,29	-0,02	0,04	0,23	1	0,82	0,89	0,87	0,03
Longitud de cariósido (mm)	LC	-0,35	0,2	0,19	-0,2	0,14	0,07	-0,04	-0,07	-0,2	0,15	-0,2	-0,03	0,11	0,03	1	0,4	0,66	0,67
Peso de 100 semillas (g)	PS	-0,27	0,13	-0,01	-0,07	-0,06	-0,23	-0,16	0,03	0,02	-0,11	-0,01	-0,1	-0,16	0,02	-0,13	1	0,54	0,88
Área lamina foliar cm ²	ALF	0,09	0,09	0,06	0,81	0,63	-0,01	0,06	-0,14	0,08	-0,05	0,01	0,09	-0,09	0,03	-0,07	-0,09	1	0,90
Rendimiento de materia seca (%)	RMS	-0,17	-0,07	0,01	-0,12	0,14	0,07	-0,16	0,06	0,26	0,34	0,13	0,1	0,03	0,32	0,07	-0,02	-0,02	1

Valores en azul son significativos ($P \geq 0,001$).

7.2. Anexo 2. Primer ensayo.

ANEXO 2: Análisis de la varianza de variables prendimiento, altura y mortalidad.

Análisis de la varianza DL 50

Prendimiento datos transformados

8 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8 días	20	0.92	0.87	18.81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	216.35	7	30.91	19.42	<0.0001
TRATAMIENTOS	207.53	4	51.88	32.6	<0.0001
REPETICIONES	8.83	3	2.94	1.85	0.1921
Error	19.1	12	1.59		
Total	235.45	19			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.94356

Error: 1.5914 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
5	2.15	4	0.63	A	
4	3.48	4	0.63	A	
3	8.98	4	0.63		B
1	9.05	4	0.63		B
2	9.88	4	0.63		B

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.73837

Error: 1.5914 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.	
4	5.64	5	0.56	A
3	6.66	5	0.56	A
1	7.18	5	0.56	A
2	7.34	5	0.56	A

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

16 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
16 días	20	0.94	0.91	18.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	379.5	7	54.21	28.8	<0.0001
TRATAMIENTOS	371.07	4	92.77	49.29	<0.0001
REPETICIONES	8.43	3	2.81	1.49	0.2664
Error	22.59	12	1.88		
Total	402.09	19			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.11370

Error: 1.8823 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medías	n	E.E.		
5	1.93	4	0.69	A	
4	2.78	4	0.69	A	
3	9.9	4	0.69		B
1	11.6	4	0.69		B
2	11.6	4	0.69		B

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.89055

Error: 1.8823 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.	
4	6.44	5	0.61	A
2	7.84	5	0.61	A
3	7.98	5	0.61	A
1	7.98	5	0.61	A

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

22 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
22 días	20	0.94	0.91	18.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	347.26	7	49.61	28.67	<0.0001
TRATAMIENTOS	341.91	4	85.48	49.41	<0.0001
REPETICIONES	5.35	3	1.78	1.03	0.4134
Error	20.76	12	1.73		
Total	368.02	19			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.02646

Error: 1.7301 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.			
5	2.13	4	0.66	A		
4	2.43	4	0.66	A		
3	9.45	4	0.66		B	
2	10.8	4	0.66		B	C
1	11.55	4	0.66			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.81252

Error: 1.7301 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.	
4	6.5	5	0.59	A
2	7.1	5	0.59	A
3	7.68	5	0.59	A
1	7.8	5	0.59	A

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30 días	20	0.95	0.92	18.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	343.65	7	49.09	33.38	<0.0001
TRATAMIENTOS	340.23	4	85.06	57.83	<0.0001
REPETICIONES	3.42	3	1.14	0.77	0.5303

Error	17.65	12	1.47
Total	361.3	19	

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.86847

Error: 1.4708 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medías	n	E.E.			
5	1.6	4	0.61	A		
4	2	4	0.61	A		
3	8.35	4	0.61		B	
1	10.83	4	0.61			C
2	10.85	4	0.61			C

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.67121

Error: 1.4708 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.	
4	6.12	5	0.54	A
2	6.64	5	0.54	A
1	6.88	5	0.54	A
3	7.26	5	0.54	A

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Altura de planta (datos transformados)

8 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8 días	20	0.51	0.23	21.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.29	7	0.47	1.79	0.1794
TRATAMIENTOS	2.64	4	0.66	2.51	0.0973
REPETICIONES	0.65	3	0.22	0.83	0.5032
Error	3.15	12	0.26		
Total	6.45	19			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.78985

Error: 0.2628 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
5	1.88	4	0.26	A	
4	2.15	4	0.26	A	B
3	2.5	4	0.26	A	B
1	2.65	4	0.26	A	B
2	2.9	4	0.26		B

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.70646

Error: 0.2628 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.	
2	2.2	5	0.23	A
3	2.36	5	0.23	A
4	2.4	5	0.23	A
1	2.7	5	0.23	A

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

16 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
16 días	20	0.57	0.32	21.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	7.44	7	1.06	2.27	0.101
TRATAMIENTOS	5.67	4	1.42	3.03	0.0608
REPETICIONES	1.77	3	0.59	1.26	0.3307
Error	5.61	12	0.47		
Total	13.05	19			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.05322

Error: 0.4673 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medías	n	E.E.			
5	2.45	4	0.34	A		
4	2.75	4	0.34	A	B	
3	3.1	4	0.34	A	B	C
1	3.6	4	0.34		B	C
2	3.9	4	0.34			C

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.94203

Error: 0.4673 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.	
3	2.88	5	0.31	A
4	3.02	5	0.31	A
2	3.08	5	0.31	A
1	3.66	5	0.31	A

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

22 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
22 días	20	0.69	0.5	24.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22.46	7	3.21	3.76	0.0215
TRATAMIENTOS	15.87	4	3.97	4.66	0.0168
REPETICIONES	6.59	3	2.2	2.58	0.1024
Error	10.23	12	0.85		
Total	32.69	19			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.42236

Error: 0.8523 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
5	2.75	4	0.46	A	
4	2.8	4	0.46	A	
3	4.25	4	0.46		B
1	4.65	4	0.46		B

2	4.78	4	0.46		B
---	------	---	------	--	---

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.27220

Error: 0.8523 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.		
4	3.3	5	0.41	A	
3	3.42	5	0.41	A	
2	3.9	5	0.41	A	B
1	4.76	5	0.41		B

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30 días	20	0.78	0.66	18.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28.19	7	4.03	6.25	0.003
TRATAMIENTOS	17.69	4	4.42	6.87	0.0041
REPETICIONES	10.5	3	3.5	5.43	0.0136
Error	7.73	12	0.64		
Total	35.93	19			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.23661

Error: 0.6442 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medías	n	E.E.		
5	3.13	4	0.4	A	
4	3.43	4	0.4	A	
3	5.08	4	0.4		B
1	5.1	4	0.4		B
2	5.35	4	0.4		B

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.10606

Error: 0.6442 gl: 12

REPETICIONES	Medías	n	E.E.		
4	3.72	5	0.36	A	
3	3.84	5	0.36	A	
2	4.56	5	0.36	A	B
1	5.54	5	0.36		B

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

PRENDIMIENTO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PRENDIMIENTO	80	0.89	0.85	32.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	225239.2	22	10238.15	21.57	<0.0001
A	207146.33	4	51786.58	109.13	<0.0001
B	4742.65	3	1580.88	3.33	0.0257
REPETICIONES	5904.25	3	1968.08	4.15	0.01
A*B	7445.98	12	620.5	1.31	0.2399
Error	27048.75	57	474.54		
Total	252287.95	79			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=15.42255

Error: 474.5395 gl: 57

A	Medías	n	E.E.			
5	3.62	16	5.45	A		
4	7.75	16	5.45	A		
3	85.06	16	5.45		B	
2	116.5	16	5.45			C

1	118.44	16	5.45			C
---	--------	----	------	--	--	---

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=13.79435
 Error: 474.5395 gl: 57

B	Medías	n	E.E.			
1	56.05	20	4.87	A		
4	62.3	20	4.87	A	B	
3	70.55	20	4.87		B	C
2	76.2	20	4.87			C

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=13.79435
 Error: 474.5395 gl: 57

REPETICIONES	Medías	n	E.E.			
4	52.1	20	4.87	A		
2	66.8	20	4.87		B	
1	72.45	20	4.87		B	
3	73.75	20	4.87		B	

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=30.84510

Error: 474.5395 gl: 57

A	B	Medías	n	E.E.			
5	4	2	4	10.89	A		
4	4	3.5	4	10.89	A		
5	2	3.75	4	10.89	A		
5	1	4.25	4	10.89	A		
5	3	4.5	4	10.89	A		
4	3	5.75	4	10.89	A		
4	2	8.5	4	10.89	A		
4	1	13.25	4	10.89	A		
3	4	70	4	10.89		B	
3	1	82.25	4	10.89		B	
1	1	83	4	10.89		B	
3	3	89.25	4	10.89		B	C
2	1	97.5	4	10.89		B	C
3	2	98.75	4	10.89		B	C
2	3	117	4	10.89			C D
2	4	117.75	4	10.89			C D
1	4	118.25	4	10.89			C D
2	2	133.75	4	10.89			D
1	2	136.25	4	10.89			D
1	3	136.25	4	10.89			D

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ALTURA DE PLANTA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTA	80	0.8	0.72	38.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5352.56	22	243.3	10.44	<0.0001
A	1483.84	4	370.96	15.92	<0.0001
B	2660.49	3	886.83	38.06	<0.0001
REPETICIONES	764.79	3	254.93	10.94	<0.0001
A*B	443.45	12	36.95	1.59	0.1219
Error	1328.22	57	23.3		
Total	6680.78	79			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.41758

Error: 23.3022 gl: 57

A	Medías	n	E.E.	
5	7.27	16	1.21	A
4	7.84	16	1.21	A
3	14.19	16	1.21	B

1	15.99	16	1.21	B	C
2	17.86	16	1.21		C

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.05677
 Error: 23.3022 gl: 57

B	Medías	n	E.E.			
1	5.11	20	1.08	A		
2	9.63	20	1.08		B	
3	15.42	20	1.08			C
4	20.36	20	1.08			D

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.05677
 Error: 23.3022 gl: 57

REPETICIONES	Medías	n	E.E.		
4	9.83	20	1.08	A	
3	10.55	20	1.08	A	
2	12.41	20	1.08	A	
1	17.73	20	1.08		B

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0.05
 DMS=6.83515
 Error: 23.3022 gl: 57

A	B	Medías	n	E.E.
---	---	--------	---	------

5	1	2.84	4	2.41	A														
4	1	4.14	4	2.41	A														
3	1	5.18	4	2.41	A	B													
1	1	5.97	4	2.41	A	B	C												
5	2	6.19	4	2.41	A	B	C												
4	2	6.71	4	2.41	A	B	C												
2	1	7.44	4	2.41	A	B	C												
5	3	8.45	4	2.41	A	B	C	D											
4	3	8.59	4	2.41	A	B	C	D											
3	2	8.67	4	2.41	A	B	C	D											
5	4	11.6	4	2.41		B	C	D	E										
4	4	11.94	4	2.41		B	C	D	E										
1	2	12.04	4	2.41			C	D	E										
2	2	14.56	4	2.41				D	E	F									
3	3	17.57	4	2.41					E	F	G								
1	3	20.72	4	2.41						F	G	H							
2	3	21.76	4	2.41							G	H	I						
1	4	25.23	4	2.41								H	I						
3	4	25.35	4	2.41									H	I					
2	4	27.69	4	2.41															I

Medías con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 3. Caracterizadoras cuantitativas pasto Janeiro. FACIAG 2019.

n	Altura de planta (m)	Altura del follaje (m)	Diámetro del tallo (mm)	Long de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Long. de inflorescencia (cm)	Ancho de inflorescencia (cm)	Longitud de pedicelo (cm)	Longitud de vaina (cm)	Nudos por planta	Espigas/planta	Numero de espiguillas	Semilla/espiguilla	Numero de vástagos	Hojas por planta	Longitud de cariópside	Peso de 100 semillas	Área lamina foliar cm ²
n	AP	AF	DT	LH	AH	LI	AI	LPI	LV	NP	EP	NE	SE	NV	NH	LC	PS	ALF
1	2,54	2,25	3,00	22,00	2,50	26,00	6,00	29,00	16,00	68,00	1,00	17,00	67,00	6,00	73,00	3,00	0,06	38,67
2	3,35	3,00	3,00	26,00	2,50	35,00	12,00	32,90	20,00	52,00	1,00	19,00	87,00	14,00	80,00	3,00	0,08	45,70
3	3,10	2,73	3,00	26,00	2,00	25,00	6,00	31,00	15,00	64,00	1,00	21,00	51,00	7,00	39,00	3,00	0,10	36,56
4	1,75	1,47	3,00	18,00	2,00	26,00	4,00	28,70	11,00	42,00	1,00	17,00	71,00	5,00	41,00	4,00	0,06	25,31
5	1,85	1,55	3,00	19,00	2,20	26,00	5,00	22,60	11,50	45,00	2,00	18,00	74,00	6,00	47,00	3,00	0,10	29,39
6	2,60	2,20	4,00	19,00	2,20	30,00	8,00	20,60	15,00	41,00	1,00	21,00	54,00	5,00	51,00	4,00	0,08	29,39
7	2,66	2,36	3,00	21,30	2,10	23,50	4,00	15,10	10,00	30,00	1,00	15,00	67,00	3,00	35,00	3,00	0,08	31,45
8	3,05	2,80	4,00	17,00	2,20	26,50	10,00	32,20	13,00	46,00	1,00	16,00	47,00	5,00	65,00	3,00	0,08	26,29
9	2,35	2,05	4,00	17,00	1,90	19,00	4,00	25,10	11,00	45,00	1,00	2,00	72,00	3,00	48,00	3,00	0,09	22,71
10	2,40	2,00	4,00	21,00	2,00	25,00	11,00	26,60	17,00	71,00	1,00	19,00	57,00	8,00	103,00	3,00	0,10	29,53
11	3,12	2,25	3,00	27,00	2,30	35,00	13,00	32,00	14,50	71,00	2,00	19,00	54,00	3,00	27,00	3,00	0,05	43,66
12	2,43	2,73	3,00	19,00	2,00	27,00	8,00	35,20	13,00	55,00	2,00	27,00	49,00	20,00	42,00	3,00	0,07	26,71
13	3,21	2,36	3,00	17,00	2,00	32,00	8,00	27,90	11,00	78,00	1,00	16,00	68,00	8,00	113,00	3,00	0,07	23,90
14	1,27	2,80	3,00	25,00	2,50	26,50	5,00	30,40	12,00	81,00	1,00	16,00	41,00	9,00	95,00	4,00	0,11	43,94
15	2,85	1,55	3,00	24,00	2,20	24,70	10,00	36,40	12,00	61,00	1,00	14,00	101,00	7,00	70,00	3,00	0,07	37,12
16	3,21	2,62	3,00	13,00	2,10	33,00	12,00	33,70	13,00	109,00	1,00	22,00	73,00	15,00	117,00	4,00	0,05	19,19
17	2,63	2,00	3,00	19,00	2,00	19,00	8,00	30,40	17,00	75,00	2,00	21,00	116,00	20,00	98,00	3,00	0,06	26,71
18	3,35	2,25	3,00	21,00	1,90	22,00	4,00	38,30	17,00	55,00	1,00	18,00	58,00	17,00	75,00	3,00	0,10	28,05
19	2,47	3,12	3,00	21,50	2,20	26,00	8,00	24,50	20,00	80,00	1,00	18,00	54,00	6,00	42,00	3,00	0,09	33,25
20	3,32	1,72	3,00	26,00	2,00	25,00	6,00	31,90	12,00	65,00	1,00	24,00	118,00	15,00	47,00	3,00	0,04	36,56
21	2,21	2,49	3,00	23,20	2,20	25,00	6,00	31,40	15,00	87,00	1,00	20,00	91,00	12,00	78,00	4,00	0,05	35,88

22	3,13	1,78	4,00	28,00	2,10	33,00	6,20	34,00	18,00	121,00	1,00	19,00	46,00	16,00	87,00	3,00	0,07	41,34
23	3,13	2,74	3,00	21,00	2,00	27,00	8,00	41,50	15,00	64,00	1,00	17,00	44,00	7,00	113,00	4,00	0,09	29,53
24	1,78	2,91	3,00	24,00	2,00	32,00	10,00	37,00	16,00	47,00	1,00	21,00	116,00	8,00	41,00	3,00	0,07	33,74
25	2,15	2,35	3,00	19,00	2,50	25,00	4,00	28,00	20,00	85,00	2,00	21,00	42,00	7,00	92,00	3,00	0,09	33,39
26	1,75	2,30	3,00	23,00	2,50	23,00	6,00	29,00	16,00	72,00	2,00	24,00	86,00	7,00	80,00	3,00	0,08	40,42
27	2,60	2,35	4,00	23,00	2,20	19,30	4,00	23,70	12,00	31,00	1,00	15,00	54,00	13,00	87,00	3,00	0,07	35,57
28	2,80	1,74	4,00	19,00	2,60	20,50	11,00	15,00	14,00	47,00	2,00	17,00	66,00	8,00	65,00	3,00	0,10	34,73
29	1,72	2,25	3,00	17,00	2,00	24,00	8,00	35,70	20,00	113,00	1,00	19,00	81,00	11,00	35,00	4,00	0,09	23,90
30	2,54	1,40	3,00	21,00	2,00	23,00	8,00	26,50	18,00	81,00	1,00	23,00	81,00	6,00	48,00	3,00	0,08	29,53
31	3,31	1,72	3,00	24,00	2,90	19,00	10,00	33,20	13,20	47,00	1,00	19,00	60,00	8,00	113,00	3,00	0,07	48,93
32	2,60	2,43	3,00	21,00	2,40	18,90	7,00	39,20	16,00	45,00	1,00	21,00	98,00	5,00	105,00	3,00	0,10	35,43
33	3,05	3,21	3,00	19,00	2,50	25,00	4,00	28,00	20,00	95,00	1,00	15,00	71,00	11,00	102,00	3,00	0,07	33,39
34	2,35	2,80	4,00	18,00	2,70	25,00	12,00	33,70	12,00	83,00	1,00	18,00	45,00	16,00	87,00	4,00	0,05	34,17
35	1,75	2,00	3,00	21,00	2,00	23,50	10,00	42,20	12,00	62,00	1,00	21,00	93,00	11,00	113,00	3,00	0,10	29,53
36	2,50	2,73	4,00	24,00	2,50	27,00	8,00	19,00	14,00	105,00	2,00	17,00	80,00	8,00	92,00	4,00	0,07	42,18
37	3,11	2,80	3,00	23,00	2,00	18,00	11,00	38,70	16,00	97,00	1,00	19,00	96,00	14,00	95,00	3,00	0,11	32,34
38	3,20	1,55	3,00	24,00	1,90	27,00	10,00	36,50	20,00	123,00	2,00	16,00	93,00	20,00	77,00	3,00	0,06	32,06
39	2,50	2,36	3,00	16,00	2,20	25,50	10,00	38,00	12,00	80,00	2,00	21,00	127,00	15,00	48,00	3,00	0,10	24,75
40	2,30	2,25	3,00	21,00	2,00	23,00	4,00	33,10	12,00	47,00	1,00	14,00	70,00	17,00	62,00	4,00	0,10	29,53
41	1,85	2,00	3,00	17,00	2,20	25,00	9,00	42,50	16,00	116,00	1,00	19,00	48,00	8,00	80,00	3,00	0,09	26,29
42	1,35	2,80	4,00	22,00	2,70	19,00	7,00	22,00	11,00	72,00	1,00	21,00	77,00	16,00	41,00	4,00	0,09	41,76
43	3,35	1,27	3,00	26,00	2,00	17,00	6,00	33,20	15,00	48,00	1,00	17,00	121,00	8,00	51,00	3,00	0,08	36,56
44	2,95	2,72	3,00	26,00	2,00	23,00	8,00	29,50	10,00	75,00	1,00	18,00	70,00	7,00	35,00	3,00	0,10	36,56
45	2,10	2,43	3,00	19,00	2,30	42,00	5,00	31,10	16,00	98,00	2,00	23,00	97,00	14,00	113,00	3,00	0,10	30,72

ANEXO 4. Caracterizadoras cualitativas pasto Janeiro. FACIAG 2019.

Forma de lígula	Presencia de estolones	Intensidad de color verde en el follaje	Color verde de tallo	Pubescencia de tallo	Pubescencia de hoja	Pubescencia en nudos	Color de flor	Color de gluma	Color de cariópsides
FL	PE	ICF	CT	PT	PH	PN	CF	CG	CC
1,00	1,00	5,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	5,00	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	5,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	5,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	5,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	5,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	5,00	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00
1,00	1,00	7,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00

Anexo 5. Tablas resúmenes 25, 50, 75 y 100 Gy y correlaciones.

Variabilidad morfológica de parámetros cuantitativos (a) parámetros culitativas (b) correspondientes a las accesiones evaluadas M1-V3 en pasto Janeiro (25 Gy).

a					
Variables cuantitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV
Longitud de planta (m)	15	2,42	0,52	0,13	21,51
Longitud de Follaje (m)	15	2,29	0,61	0,16	26,54
Diámetro de tallo (mm)	15	3,4	0,63	0,16	18,6
Número de Hojas por planta.	15	258	105,32	27,19	40,82
Longitud de Hoja (cm)	15	14,78	2,28	0,59	15,45
Ancho de Hoja (cm)	15	1,34	0,15	0,04	10,85
Área foliar (cm ²)	15	15,03	3,48	0,9	23,17
Número de nudos por planta.	15	206,6	86,49	22,33	41,87
Número de Vástagos	15	15,67	7,09	1,83	45,24
Longitud de pedicelo	15	10,89	3,64	0,94	33,41
Longitud de Cariópside (mm)	15	3,4	0,63	0,16	18,6
Longitud de vaina	15	12,3	1,85	0,48	15,04
Ancho de Inflorescencia (cm).	15	11,05	2,35	0,61	21,24
Longitud de Inflorescencia (cm)	15	15,68	1,23	0,32	7,85
Espigas/planta	15	1,0	0,54	1,05	12,5
Número de espiguillas	15	10,93	3,01	0,78	27,54
Peso de 1000 semilla	15	0,39	0,08	0,02	19,31
Porcentaje de rendimiento de materia seca (%)	15	33,93	4,93	1,27	14,54

b

Variables cualitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV
Forma de lígula	15	3,00	0,00	0,00	0,00
Intensidad del color	15	5,27	0,70	0,18	13,36
Presencia de estolones	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color del Tallo	15	2,00	0,85	0,22	42,26
Color de Gluma	15	2,60	0,51	0,13	19,50
Pubescencia en tallo	15	0,00	0,00	0,00	sd
Color de cari�psides	15	1,27	0,46	0,12	36,14
Pubescencia de hoja	15	0,00	0,00	0,00	sd
Pubescencia en nudos	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color de inflorescencia	15	1,13	0,35	0,09	31,05

Anexo 6. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 25 Gy.

	AP	AF	DT	NH	LH	AH	NN	NV	LP	LC	LV	AI	LI	NE	PS	%RMS	CF	PE	CT	CG	PT	CC	PH	PN	CF1
AP	1.00	0.00000001	0.75	0.01	0.36	0.07	0.03	0.16	0.42	0.42	0.67	0.69	0.68	0.21	0.83	0.27	0.43	1.00	0.66	0.11	1.00	0.16	1.00	1.00	0.30
AF	0.97	1.00	0.58	0.01	0.85	0.28	0.01	0.19	0.46	0.41	0.50	0.91	0.45	0.18	0.81	0.61	0.50	1.00	0.52	0.09	1.00	0.09	1.00	1.00	0.37
DT	0.09	0.15	1.00	0.16	0.11	0.21	0.11	0.16	0.87	0.08	0.41	0.69	0.64	0.83	0.91	0.90	0.16	1.00	1.00	0.63	1.00	0.21	1.00	1.00	0.36
NH	0.62	0.65	0.39	1.00	0.79	0.74	0.0013	0.00	0.10	0.51	0.07	0.87	0.48	0.11	0.57	0.59	0.10	1.00	0.84	0.36	1.00	0.19	1.00	1.00	0.33
LH	0.26	0.05	-0.43	-0.07	1.00	0.00	0.20	0.93	0.22	0.84	0.39	0.04	0.34	0.61	0.62	0.08	0.77	1.00	0.88	0.97	1.00	0.16	1.00	1.00	0.50
AH	0.48	0.30	-0.34	-0.09	0.75	1.00	0.69	0.90	0.98	0.91	0.26	0.46	0.29	0.46	0.85	0.0020	0.92	1.00	0.68	0.89	1.00	0.54	1.00	1.00	0.92
NN	0.57	0.65	0.43	0.75	-0.35	-0.11	1.00	0.07	0.65	0.16	0.25	0.54	0.27	0.58	0.98	0.70	0.52	1.00	0.50	0.99	1.00	0.01	1.00	1.00	0.57
NV	0.38	0.36	0.38	0.80	-0.03	0.03	0.49	1.00	0.41	0.78	0.10	0.38	0.42	0.93	0.80	0.13	0.01	1.00	0.39	0.67	1.00	0.57	1.00	1.00	0.28
LP	0.22	0.21	-0.05	0.44	0.34	-0.01	0.13	0.23	1.00	0.71	0.76	0.04	0.07	0.01	0.06	0.40	0.40	1.00	0.06	0.43	1.00	0.41	1.00	1.00	0.59
LC	-0.22	-0.23	0.46	-0.19	-0.06	-0.03	-0.38	-0.08	0.10	1.00	0.56	0.53	0.53	0.54	0.32	0.78	0.82	1.00	0.04	0.63	1.00	0.15	1.00	1.00	0.82
LV	-0.12	-0.19	-0.23	-0.48	0.24	0.31	-0.31	-0.45	-0.09	0.16	1.00	0.14	0.56	0.56	0.15	0.62	0.41	1.00	0.87	0.07	1.00	0.26	1.00	1.00	0.34
AI	0.11	0.03	-0.11	0.05	0.53	0.21	-0.17	-0.25	0.54	0.18	0.40	1.00	0.16	0.02	0.10	0.85	0.42	1.00	0.04	0.97	1.00	0.38	1.00	1.00	0.71
LI	0.12	0.21	0.13	0.20	-0.27	-0.29	0.30	-0.23	0.48	0.18	0.16	0.38	1.00	0.02	0.51	0.42	0.27	1.00	0.02	0.43	1.00	0.75	1.00	1.00	0.71
NE	0.35	0.36	-0.06	0.43	0.14	-0.21	0.16	0.03	0.67	-0.17	-0.16	0.58	0.59	1.00	0.83	0.35	0.84	1.00	0.04	0.02	1.00	0.96	1.00	1.00	0.49
PS	0.06	0.07	-0.03	0.16	0.14	0.05	0.01	0.07	0.50	0.27	0.39	0.44	0.18	0.06	1.00	0.41	0.80	1.00	0.21	0.12	1.00	0.26	1.00	1.00	0.80
%RMS	0.30	0.14	-0.04	0.15	0.47	0.73	0.11	0.41	0.24	0.08	0.14	0.05	-0.22	-0.26	0.23	1.00	0.12	1.00	0.54	0.50	1.00	0.76	1.00	1.00	0.68
CF	0.22	0.19	0.39	0.44	0.08	0.03	0.18	0.65	0.24	0.06	-0.23	-0.23	-0.31	-0.06	0.07	0.42	1.00	1.00	0.39	0.78	1.00	0.46	1.00	1.00	0.58
PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CT	-0.13	-0.18	0.00	-0.06	0.04	0.12	0.19	0.24	-0.49	-0.53	-0.05	-0.53	-0.58	-0.53	-0.34	0.17	0.24	0.00	1.00	0.06	1.00	0.51	1.00	1.00	1.00
CG	-0.43	-0.45	-0.13	-0.26	0.01	0.04	0.00	-0.12	-0.22	-0.13	0.48	-0.01	-0.22	-0.58	0.42	0.19	-0.08	0.00	0.50	1.00	1.00	0.66	1.00	1.00	0.24
PT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CC	0.39	0.45	0.35	0.36	-0.38	-0.17	0.65	0.16	-0.23	-0.39	-0.31	-0.25	-0.09	0.01	-0.31	-0.09	0.21	0.00	0.18	-0.12	0.00	1.00	1.00	1.00	0.40
PH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
PN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
CF1	-0.29	-0.25	-0.26	-0.27	0.19	0.03	-0.16	-0.30	0.15	0.06	0.26	0.10	0.11	-0.19	0.07	-0.12	-0.15	0.00	0.00	0.32	0.00	-0.24	0.00	0.00	1.00

Variabilidad morfológica de parámetros cuantitativos (a) parámetros cualitativos (b) correspondientes a las accesiones evaluadas M1-V3 en pasto Janeiro (50 Gy).

a					
Variables cuantitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV
Longitud de planta (m)	15	2,46	0,6	0,15	24,31
Longitud de Follaje (m)	15	2,1	0,45	0,12	21,37
Diámetro de tallo (mm)	15	3,27	0,88	0,23	27,05
Número de hojas por planta	15	224,67	74,58	19,26	33,19
Longitud de Hoja (cm)	15	16,23	1,65	0,43	10,17
Ancho de Hoja (cm)	15	1,44	0,17	0,04	11,97
Área foliar (cm ²)	15	17,68	3,58	0,92	20,25
Número de nudos por planta.	15	201,27	73,72	19,03	36,63
Número de Vástagos	15	17,13	7,2	1,86	42,02
Longitud de pedicelo.	15	11,58	3,01	0,78	26
Longitud de Cariópside (mm)	15	3,07	0,7	0,18	22,95
Longitud de vaina	15	11,81	1,62	0,42	13,69
Ancho de Inflorescencia (cm).	15	12,94	2,01	0,52	15,5
Longitud de Inflorescencia (cm)	15	17,27	2,87	0,74	16,63
Espigas/planta	15	1,07	0,26	0,07	24,21
Número de espiguillas	15	11,13	2,13	0,55	19,16
Peso de 1000 semilla	15	0,37	0,08	0,02	20,66
Porcentaje de rendimiento de materia seca (%)	15	32,87	7,28	1,88	22,15

b					
Variables cualitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV
Forma de lígula	15	3,00	0,00	0,00	0,00
Intensidad del color	15	5,40	0,83	0,21	15,33

Presencia de estolones	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color del Tallo	15	2,73	0,46	0,12	16,75
Color de Gluma	15	2,33	0,49	0,13	20,91
Pubescencia en tallo	15	0,00	0,00	0,00	sd
Color de cariósides	15	1,33	0,49	0,13	36,60
Pubescencia de hoja	15	0,00	0,00	0,00	sd
Pubescencia en nudos	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color de inflorescencia	15	1,20	0,41	0,11	34,50

Anexo 7. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 50 Gy.

	AP	AF	DT	NH	LH	AH	NN	NV	LP	LC	LV	AI	LI	NE	PS	%RMS	CF	PE	CT	CG	PT	CC	PH	PN	CF1
AP	1.00	0.00004	0.06	0.47	0.10	0.31	0.42	0.61	0.09	0.81	0.40	0.67	0.86	0.03	0.08	0.22	0.82	1.00	0.04	0.65	1.00	0.63	1.00	1.00	0.54
AF	0.86	1.00	0.08	0.44	0.21	0.32	0.45	0.18	0.04	0.54	0.02	0.59	0.46	0.12	0.50	0.16	0.73	1.00	0.09	0.81	1.00	0.96	1.00	1.00	0.90
DT	0.50	0.47	1.00	0.60	0.20	0.46	0.89	0.76	0.02	0.11	0.20	0.47	0.13	0.11	0.74	0.20	0.40	1.00	0.50	0.85	1.00	0.43	1.00	1.00	0.58
NH	0.20	0.22	0.15	1.00	0.75	0.46	0.00004	0.02	0.84	0.88	0.04	0.23	0.24	0.90	0.52	0.05	0.06	1.00	0.71	0.01	1.00	0.90	1.00	1.00	0.45
LH	0.45	0.35	0.35	-0.09	1.00	0.001	0.37	0.84	0.89	0.02	0.72	0.27	0.36	0.40	0.70	0.33	0.24	1.00	0.21	0.71	1.00	0.79	1.00	1.00	0.55
AH	0.28	0.27	0.21	0.20	0.76	1.00	0.07	0.26	0.39	0.23	0.17	0.01	0.78	0.72	0.94	0.01	0.67	1.00	0.40	0.55	1.00	0.36	1.00	1.00	0.94
NN	0.22	0.21	0.04	0.86	0.25	0.47	1.00	0.00	0.37	0.64	0.15	0.21	0.23	0.62	0.36	0.04	0.13	1.00	0.54	0.01	1.00	0.59	1.00	1.00	0.34
NV	-0.14	-0.36	-0.08	0.61	0.06	0.31	0.69	1.00	0.13	0.72	0.88	0.11	0.67	0.64	0.91	0.12	0.06	1.00	0.33	0.11	1.00	0.96	1.00	1.00	0.76
LP	0.45	0.54	0.59	-0.06	-0.04	-0.24	-0.25	-0.41	1.00	0.50	0.30	0.55	0.92	0.45	0.48	0.91	0.57	1.00	0.34	0.84	1.00	0.50	1.00	1.00	0.47
LC	0.07	0.17	0.43	0.04	0.58	0.33	0.13	-0.10	0.19	1.00	0.34	0.23	0.55	0.31	0.57	0.34	0.29	1.00	0.83	0.21	1.00	0.62	1.00	1.00	0.48
LV	0.23	0.59	0.35	0.53	0.10	0.37	0.39	-0.04	0.28	0.26	1.00	0.40	0.31	0.65	0.21	0.05	0.43	1.00	0.67	0.12	1.00	0.72	1.00	1.00	0.39
AI	-0.12	-0.15	0.20	0.33	0.30	0.67	0.34	0.43	-0.17	0.33	0.24	1.00	0.90	0.80	0.87	0.02	0.84	1.00	0.48	0.52	1.00	0.62	1.00	1.00	0.62
LI	0.05	-0.21	0.41	-0.33	0.25	0.08	-0.33	0.12	-0.03	-0.17	-0.28	0.04	1.00	0.44	0.92	0.60	0.80	1.00	0.43	0.11	1.00	0.24	1.00	1.00	0.30
NE	0.55	0.42	0.43	0.03	0.23	0.10	-0.14	-0.13	0.21	0.28	0.13	0.07	0.22	1.00	0.50	0.15	0.91	1.00	0.01	0.37	1.00	0.87	1.00	1.00	0.91
PS	-0.46	-0.19	-0.09	-0.18	-0.11	-0.02	-0.25	-0.03	0.20	0.16	0.35	0.05	-0.03	-0.19	1.00	0.81	0.88	1.00	0.46	0.38	1.00	0.66	1.00	1.00	0.07
%RMS	0.33	0.38	0.35	0.51	0.27	0.63	0.54	0.42	0.03	0.27	0.52	0.60	-0.15	0.39	-0.07	1.00	0.08	1.00	0.42	0.40	1.00	0.19	1.00	1.00	0.52
CF	0.06	0.10	0.23	0.50	-0.32	-0.12	0.41	0.49	0.16	-0.29	0.22	0.06	0.07	-0.03	-0.04	0.46	1.00	1.00	0.79	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	0.37
PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CT	0.53	0.46	0.19	-0.10	0.34	0.24	-0.17	-0.27	0.27	0.06	0.12	0.20	0.22	0.62	-0.21	0.22	-0.08	0.00	1.00	0.45	1.00	0.71	1.00	1.00	0.79
CG	-0.13	0.07	-0.06	0.61	0.10	0.17	0.67	0.43	-0.06	0.35	0.42	0.18	-0.42	-0.25	0.24	0.23	0.35	0.00	-0.21	1.00	1.00	0.72	1.00	1.00	0.20
PT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CC	-0.14	0.01	-0.22	-0.03	0.08	0.25	0.15	-0.01	-0.19	0.14	0.10	0.14	-0.32	-0.05	-0.12	0.36	0.00	0.00	0.11	0.10	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
PN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
CF1	0.17	0.03	-0.16	0.21	0.17	-0.02	0.27	0.09	-0.20	0.20	-0.24	-0.14	-0.29	-0.03	-0.48	-0.18	-0.25	0.00	-0.08	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Anexo 8. Variabilidad de la especie (75 Gy)

Variabilidad morfológica de parámetros cuantitativos (a) parámetros cualitativas (b) correspondientes a las accesiones evaluadas M1-V3 en pasto Janeiro (75 Gy).

a					
Variables cuantitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV
Longitud de planta (m)	15	2,17	0,44	0,11	20,37
Longitud de Follaje (m)	15	1,97	0,41	0,11	20,67
Diámetro de tallo (mm)	15	3,47	0,52	0,13	14,90
Número de Hojas por planta	15	226,67	72,28	18,66	31,89
Longitud de Hoja (cm)	15	14,68	2,15	0,55	14,62
Ancho de Hoja (cm)	15	1,37	0,15	0,04	10,82
Área foliar (cm ²)	15	15,20	3,28	0,85	21,61
Número de nudos por planta.	15	201,87	69,92	18,05	34,64
Número de Vástagos	15	17,07	5,06	1,31	29,67
Longitud de pedicelo	15	12,29	2,89	0,75	23,55
Longitud de Cariópside (mm).	15	3,33	0,62	0,16	18,52
Longitud de vaina	15	11,34	2,53	0,65	22,31
Ancho de Inflorescencia (cm).	15	9,63	1,08	0,28	11,18
Longitud de Inflorescencia (mm)	15	16,12	1,57	0,41	9,74
Espigas/planta	15	1,13	0,35	0,09	31,05
Número de espiguillas	15	10,53	2,10	0,54	19,94
Peso de 1000 semilla	15	0,37	0,07	0,02	17,74
Porcentaje de rendimiento de materia seca (%)	15	37,40	4,61	1,19	12,33

b					
Variables cualitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV

Forma de lígula	15	3,00	0,00	0,00	0,00
Intensidad del color	15	5,40	0,83	0,21	15,33
Presencia de estolones	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color del Tallo	15	2,53	0,74	0,19	29,34
Color de Gluma	15	2,60	0,51	0,13	19,50
Pubescencia en tallo	15	0,00	0,00	0,00	sd
Color de cari�psides	15	1,73	0,70	0,18	40,60
Pubescencia de hoja	15	0,00	0,00	0,00	sd
Pubescencia en nudos	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color de inflorescencia	15	1,13	0,35	0,09	31,05

Anexo 9. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 75 Gy.

	AP	AF	DT	NH	LH	AH	NN	NV	LP	LC	LV	AI	LI	NE	PS	%RMS	CF	PE	CT	CG	PT	CC	PH	PN	CF1
AP	1.00	0.000000000008	0.54	0.16	0.47	0.03	0.14	0.09	0.69	0.22	0.95	0.37	0.18	0.06	0.72	0.07	0.28	1.00	0.47	0.50	1.00	0.84	1.00	1.00	0.75
AF	0.99	1.00	0.62	0.22	0.40	0.02	0.17	0.12	0.76	0.24	0.79	0.34	0.34	0.06	0.85	0.10	0.27	1.00	0.66	0.46	1.00	0.92	1.00	1.00	0.78
DT	0.17	0.14	1.00	0.51	0.78	0.78	0.56	0.89	0.54	0.79	0.96	0.34	0.44	0.31	0.57	0.27	0.47	1.00	0.24	0.85	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93
NH	0.38	0.34	-0.18	1.00	0.12	0.03	-0.0000002	0.06	0.44	0.69	0.12	0.42	0.72	0.86	0.61	0.70	0.42	1.00	0.75	0.94	1.00	0.21	1.00	1.00	0.05
LH	-0.20	-0.23	0.08	0.42	1.00	0.23	0.11	0.81	0.87	0.12	0.14	0.10	0.77	0.66	0.68	0.30	0.19	1.00	0.78	0.54	1.00	0.00	1.00	1.00	0.37
AH	0.55	0.58	0.08	0.55	0.33	1.00	0.00	0.17	0.05	0.85	0.03	0.75	0.56	0.02	0.08	0.72	0.45	1.00	0.84	0.59	1.00	0.32	1.00	1.00	0.45
NN	0.40	0.38	-0.16	0.94	0.43	0.70	1.00	0.06	0.30	0.98	0.07	0.59	0.55	0.55	0.30	0.73	0.29	1.00	0.46	0.68	1.00	0.16	1.00	1.00	0.05
NV	0.46	0.42	-0.04	0.50	-0.07	0.37	0.50	1.00	0.26	0.01	0.53	0.55	0.12	0.16	0.72	0.76	0.74	1.00	0.20	0.97	1.00	0.98	1.00	1.00	0.68
LP	0.11	0.09	0.17	0.21	0.05	0.52	0.29	0.31	1.00	0.92	0.29	0.75	0.33	0.02	0.18	0.50	0.50	1.00	0.23	0.08	1.00	0.96	1.00	1.00	0.26
LC	-0.34	-0.32	-0.07	-0.11	0.42	-0.05	-0.01	-0.62	-0.03	1.00	0.30	0.95	0.68	0.35	0.39	0.24	1.00	1.00	0.71	0.41	1.00	0.02	1.00	1.00	0.70
LV	0.02	0.08	-0.02	0.41	0.40	0.57	0.48	-0.17	0.29	0.29	1.00	0.77	0.10	0.93	0.13	0.57	0.33	1.00	0.24	0.64	1.00	0.70	1.00	1.00	0.03
AI	-0.25	-0.26	0.27	0.22	0.44	0.09	0.15	0.17	-0.09	-0.02	-0.08	1.00	0.80	0.96	0.60	0.12	0.06	1.00	0.74	0.40	1.00	0.17	1.00	1.00	0.86
LI	0.37	0.27	0.22	0.10	0.08	0.16	0.17	0.42	0.27	-0.12	-0.44	0.07	1.00	0.02	0.79	0.52	0.80	1.00	0.01	0.24	1.00	0.22	1.00	1.00	0.57
NE	0.50	0.49	0.28	0.05	-0.13	0.58	0.17	0.39	0.60	-0.26	-0.03	0.01	0.57	1.00	0.48	0.19	0.64	1.00	0.05	0.24	1.00	0.71	1.00	1.00	0.71
PS	-0.10	-0.05	-0.16	0.14	0.12	0.46	0.29	-0.10	0.36	0.24	0.41	0.15	0.07	0.20	1.00	0.25	0.01	1.00	0.70	0.53	1.00	0.28	1.00	1.00	0.28
%RMS	0.48	0.44	0.31	0.11	-0.29	0.10	0.10	0.09	0.19	-0.33	-0.16	-0.42	0.18	0.36	-0.32	1.00	0.12	1.00	0.36	0.34	1.00	0.18	1.00	1.00	0.51
CF	-0.30	-0.31	0.20	0.23	0.36	0.21	0.29	0.10	0.19	0.00	0.27	0.50	0.07	-0.13	0.65	-0.42	1.00	1.00	0.74	0.81	1.00	0.29	1.00	1.00	0.29
PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CT	-0.20	-0.12	-0.32	-0.09	0.08	-0.06	-0.21	-0.35	-0.33	-0.10	0.32	-0.10	-0.68	-0.52	0.11	-0.25	0.09	0.00	1.00	0.12	1.00	0.58	1.00	1.00	0.95
CG	0.19	0.21	-0.05	0.02	-0.17	-0.15	-0.12	0.01	-0.47	-0.23	-0.13	0.24	-0.32	-0.32	-0.18	-0.26	0.07	0.00	0.42	1.00	1.00	0.78	1.00	1.00	0.07
PT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CC	-0.06	-0.03	-0.03	-0.35	-0.68	-0.28	-0.38	0.01	-0.02	-0.60	-0.11	-0.37	-0.34	0.10	-0.30	0.37	-0.29	0.00	0.15	0.08	0.00	1.00	1.00	1.00	0.63
PH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
PN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
CF1	-0.09	-0.08	0.03	0.51	0.25	0.21	0.51	0.11	0.31	0.11	0.55	-0.05	-0.16	-0.10	0.30	0.18	0.29	0.00	-0.02	-0.48	0.00	-0.13	0.00	0.00	1.00

Anexo 10. Variabilidad de la especie (100 Gy)

Los valores expuestos evidencian la estabilidad de la especie, ya que 100% de las variables no superan el CV > a 50%.

Variabilidad morfológica de parámetros cuantitativos (a) parámetros cualitativas (b) correspondientes a las accesiones evaluadas M1-V3 en pasto Janeiro (100 Gy).

a					
Variables cuantitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV
Longitud de planta (m)	15	1,81	0,24	0,06	13,52
Longitud de Follaje (m)	15	1,61	0,24	0,06	14,83
Diámetro de tallo (mm)	15	2,6	0,63	0,16	24,33
Número de Hojas por planta	15	143,07	52,95	13,67	37,01
Longitud de Hoja (cm)	15	14,65	1,41	0,37	9,65
Ancho de Hoja (cm)	15	1,37	0,16	0,04	11,5
Área foliar (cm ²)	15	15,15	2,68	0,69	17,67
Número de nudos por planta.	15	125,67	52,84	13,64	42,05
Número de Vástagos	15	13,73	4,53	1,17	32,96
Longitud de pedicelo	15	11,47	3,67	0,95	31,99
Longitud de Cariópside (mm).	15	3,07	0,7	0,18	22,95
Longitud de vaina	15	12,63	2,03	0,53	16,1
Ancho de Inflorescencia (cm).	15	11,35	1,68	0,43	14,78
Longitud de Inflorescencia (mm)	15	14,57	2,63	0,68	18,06
Espigas/planta	15	1	0	0	0
Número de espiguillas	15	8,87	1,36	0,35	15,29
Peso de 1000 semilla	15	0,37	0,07	0,02	18,27
Porcentaje de rendimiento de materia seca (%)	15	34,53	4,14	1,07	11,98

b					
Variables cualitativas	n	Media	D.E.	E.E.	CV
Forma de lígula	15	3,00	0,00	0,00	0,00
Intensidad del color	15	5,27	0,70	0,18	13,36
Presencia de estolones	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color del Tallo	15	2,53	0,64	0,17	25,26
Color de Gluma	15	2,33	0,49	0,13	20,91
Pubescencia en tallo	15	0,00	0,00	0,00	sd
Color de cariósides	15	1,27	0,46	0,12	36,14
Pubescencia de hoja	15	0,00	0,00	0,00	sd
Pubescencia en nudos	15	1,00	0,00	0,00	0,00
Color de inflorescencia	15	1,20	0,41	0,11	34,50

Anexo 11. Correlación de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro irradiado a 100 Gy.

	AP	AF	DT	NH	LH	AH	NN	NV	LP	LC	LV	AI	LI	NE	PS	%RMS	CF	PE	CT	CG	PT	CC	PH	PN	CFI
AP	1.00	0.00	0.55	0.19	0.27	0.08	0.44	0.31	0.66	0.56	0.03	0.24	0.00	0.07	0.08	0.91	0.86	1.00	0.95	0.87	1.00	0.57	1.00	1.00	0.32
AF	0.94	1.00	0.16	0.04	0.30	0.15	0.11	0.09	0.91	0.90	0.08	0.68	0.04	0.07	0.06	0.62	0.94	1.00	0.65	0.96	1.00	0.22	1.00	1.00	0.15
DT	0.17	0.39	1.00	0.12	0.63	0.72	0.10	0.13	0.54	0.73	0.78	0.30	0.64	0.72	0.50	0.19	0.36	1.00	0.90	0.08	1.00	0.60	1.00	1.00	0.43
NH	0.36	0.53	0.42	1.00	0.22	0.16	0.00	0.00	0.42	0.30	0.65	0.04	0.70	0.59	0.09	0.36	0.81	1.00	0.12	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.02
LH	0.31	0.29	-0.14	0.33	1.00	0.13	0.38	0.45	0.28	0.55	0.00	0.71	0.03	0.24	0.06	0.82	0.58	1.00	0.65	0.39	1.00	0.67	1.00	1.00	0.59
AH	0.47	0.39	0.10	0.38	0.41	1.00	0.28	0.20	0.73	0.22	0.08	0.15	0.05	0.86	0.19	0.65	0.00	1.00	0.43	0.83	1.00	0.15	1.00	1.00	0.20
NN	0.22	0.43	0.45	0.97	0.24	0.30	1.00	0.00	0.27	0.20	0.86	0.02	0.32	0.98	0.19	0.21	0.79	1.00	0.05	0.87	1.00	0.87	1.00	1.00	0.01
NV	0.28	0.45	0.41	0.82	0.21	0.35	0.82	1.00	0.04	0.12	0.68	0.21	0.73	0.42	0.03	0.03	0.47	1.00	0.24	0.79	1.00	0.90	1.00	1.00	0.11
LP	0.12	-0.03	-0.17	-0.22	0.30	-0.10	-0.31	-0.55	1.00	0.36	0.17	0.86	0.36	0.69	0.79	0.36	0.13	1.00	0.39	0.58	1.00	0.23	1.00	1.00	0.67
LC	0.16	0.04	-0.10	-0.29	0.17	0.34	-0.35	-0.42	0.25	1.00	0.51	0.07	0.12	0.57	0.79	0.35	0.37	1.00	0.14	0.81	1.00	0.31	1.00	1.00	0.10
LV	0.56	0.46	-0.08	0.13	0.70	0.47	0.05	0.11	0.37	0.18	1.00	0.22	0.01	0.28	0.02	0.81	0.84	1.00	0.64	0.25	1.00	0.53	1.00	1.00	0.47
AI	0.32	0.12	-0.29	-0.55	0.11	0.39	-0.61	-0.35	0.05	0.48	0.33	1.00	0.00	0.51	0.99	0.73	0.14	1.00	0.23	0.94	1.00	0.71	1.00	1.00	0.20
LI	0.69	0.53	-0.13	-0.11	0.55	0.51	-0.27	-0.10	0.26	0.42	0.67	0.72	1.00	0.02	0.08	0.52	0.51	1.00	0.28	0.95	1.00	0.96	1.00	1.00	0.76
NE	0.48	0.48	0.10	0.15	0.32	0.05	0.01	0.23	-0.11	0.16	0.30	0.19	0.59	1.00	0.00	0.75	0.70	1.00	0.06	0.14	1.00	0.53	1.00	1.00	0.27
PS	-0.47	-0.49	-0.19	-0.46	-0.50	-0.36	-0.36	-0.56	0.07	-0.07	-0.60	0.00	-0.46	-0.75	1.00	0.23	0.86	1.00	0.56	0.53	1.00	0.69	1.00	1.00	0.88
%RMS	-0.03	0.14	0.36	0.25	0.06	-0.13	0.34	0.55	-0.26	-0.26	0.07	-0.10	-0.18	0.09	-0.33	1.00	0.72	1.00	0.72	0.68	1.00	0.70	1.00	1.00	0.72
CF	0.05	0.02	0.26	0.07	-0.16	0.71	0.08	0.20	-0.41	0.25	-0.06	0.40	0.18	-0.11	-0.05	-0.10	1.00	1.00	0.94	0.62	1.00	0.40	1.00	1.00	0.48
PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CT	-0.02	0.13	0.04	0.42	0.13	0.22	0.52	0.32	-0.24	-0.40	0.13	-0.33	-0.30	-0.49	0.16	0.10	-0.02	0.00	1.00	0.16	1.00	0.45	1.00	1.00	0.00
CG	-0.05	0.01	0.46	0.01	-0.24	-0.06	-0.05	0.08	-0.15	-0.07	-0.32	0.02	-0.02	0.40	-0.18	0.12	0.14	0.00	-0.38	1.00	1.00	0.71	1.00	1.00	0.20
PT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CC	0.16	0.33	0.15	-0.01	-0.12	-0.39	0.05	0.04	-0.33	-0.28	-0.18	-0.10	0.01	0.18	0.11	0.11	-0.24	0.00	0.21	-0.11	0.00	1.00	1.00	1.00	0.27
PH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
PN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
CFI	-0.28	-0.39	-0.22	-0.58	-0.15	-0.35	-0.62	-0.43	0.12	0.44	-0.20	0.35	0.09	0.31	0.04	0.10	-0.20	0.00	-0.70	0.35	0.00	-0.30	0.00	0.00	1.00

