



Ecuador – Septiembre 2017 - ISSN: 1696-8352

MUTACIONES MEDIANTE RADIACIONES GAMMA EN ARROZ

Bildrudis Dolores Silvera Coca

Docente De La Universidad Técnica De Babahoyo
lolitamol_12@hotmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Bildrudis Dolores Silvera Coca (2017): "Mutaciones mediante radiaciones gamma en arroz", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador, (septiembre 2017). En línea: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/mutaciones-arroz-ecuador.html>

RESUMEN

Las **mutaciones** inducidas mediante radiaciones gamma en arroz, se observaron en el Centro de Investigación y Multiplicación de semillas de la Universidad Técnica de Babahoyo, localizado dentro del proyecto de riego Babahoyo, en el Km. 12 vía a Montalvo.

El material genético empleado son las variedades de arroz Donato Alto e Isabel, con el siguiente objetivo:

Determina los efectos que ocasionan las diferentes dosis de rayos gamma.

La semilla de las variedades de arroz mencionadas es irradiada con dosis de 15, 30, 45 y 60 Krads para cuyo efecto cuenta con una fuente de Co-60 marca Shepherd, modelo 109.

Se selecciona 120 fenotipos deseables de los cuales a la variedad Isabel corresponden en la dosis de 15, 30 y 45 Krads 11, 35 y 13 selecciones respectivamente, mientras que a la variedad Donato en la dosis de 15, 30, 45 y 60 Krads. 12, 15, 13 y 21 selecciones en su respectivo orden.

El análisis de los resultados indica que existe un mutante que produjo 79 gramos por planta con un porcentaje de esterilidad de panícula de 10,83 al cual se lo considera promisorio.

Se recomienda continuar con la siembra de los mutantes M1 con el fin de poder seleccionar los mejores genotipos.

Palabras claves: mejoramiento genético, biotecnología vegetal,

ABSTRACT

Mutations induced by gamma radiation in rice were observed at the Center for Research and Multiplication of seeds of the Technical University of Babahoyo, located within the Babahoyo irrigation project, at Km. 12 via Montalvo.

The genetic material used is the Donato Alto and Isabel rice varieties, with the following objective:

Determine the effects of different doses of gamma rays.

The seed of the rice varieties mentioned was irradiated with doses of 15, 30, 45 and 60 Krads for which it has a source of Co-60 Shepherd brand, model 109.

We selected 120 desirable phenotypes of which the Isabel variety corresponded at the dose of 15, 30 and 45 Krads 11, 35 and 13 selections respectively, whereas the Donato variety at the dose of 15, 30, 45 and 60 Krads. 12, 15, 13 and 21 selections in their respective order.

Analysis of the results indicates that there was a mutant that produced 79 grams per plant with a percentage of panicle sterility of 10.83 which is considered promising.

It is recommended to continue sowing the M1 mutants in order to be able to select the best genotypes.

Key words: genetic improvement, plant biotechnology

INTRODUCCIÓN

Una de las principales fuentes de alimento del pueblo Ecuatoriano es el Arroz (*Oryza sativa*), el rápido alimento de la población exige una producción mayor, esta se la obtiene si se maneja eficientemente los cultivos y si se mejora genéticamente las variedades que tradicionalmente siembra nuestro hombre de campo.

Uno de los métodos de mejoramiento, conocido desde hace mucho tiempo son las mutaciones llamadas también variaciones discontinuas, estas son alteraciones ocurridas en uno o más genes pudiendo transmitirse hereditariamente con mayor frecuencia en las plantas.

El empleo de agentes mutagénicos sobre semillas de variedades, se utiliza con el fin de producir cambios cromosómicos así como también génicos, lo cual origina nuevos genotipos; es decir, se crea variabilidad genética siendo de suma importancia para el mejorador de plantas.

El uso de ciertas radiaciones ionizantes como los rayos gamma es de gran utilidad en la aparición de nuevos genotipos y esto se emplea cuando mediante hibridaciones no es posible lograr cambios o mejoras en los fenotipos. Además el mejoramiento de plantas mediante mutaciones da resultados más rápidos que el método convencional.

En nuestro país, en el cultivo del arroz poco o nada se ha hecho hasta el momento mediante la utilización de radiaciones, otros países como México lo han venido utilizando años atrás en varios cultivos obteniéndose ciertas variedades. Así en arroz se logró acortar la altura de plantas de una variedad de arroz mediante este método, logrando el nuevo genotipo alta resistencia al volcamiento, menor variación en el rendimiento debido a las condiciones ambientales además de una mejor capacidad germinativa y un crecimiento de las plántulas superior cuando se cultiva a baja temperatura.

El significado de las mutaciones radica esencialmente en que contribuyen al aumento de la variabilidad ya sea de los caracteres existentes o bien por la aparición de otros nuevos. Esta variabilidad sirve de base para los procesos de selección y si se realizan bajo el control del hombre, conduce al mejoramiento del cultivo que llevará a una mejor producción, y buena calidad de los productos vegetales.

Actualmente se posee variedades de arroz como **Donato Alto e Isabel**, que presente problemas de acame cuando se fertiliza si sus semillas son irradiadas con diferentes dosis de rayos gamma se originan nuevos genotipos que podrían afectar: La altura de plantas, forma del grano, tamaño de panícula, contenido proteínico del grano, etc.

En síntesis, la importancia del presente trabajo radica en darle una aplicación práctica a las radiaciones gamma, dado que es uno de los agentes mutagénicos que presenta ventajas al obtener un mutante benéfico que reúna las características que se deseen en un tiempo más corto o, cuando menos, obtener material genético para el complemento del mejoramiento por el método clásico.

Por las razones anteriormente expuestas radica la importancia de realizar el presente trabajo de Fito mejoramiento que tiene como objetivos:

1. Determina los efectos que ocasionan las diferentes dosis de rayos gamma sobre las semillas de las variedades de arroz: **Donato Alto o Isabel**
2. Selecciona los mejores mutantes

REVISIÓN DE LITERATURA

El término "**Radiación**", tiene un sentido muy amplio sin embargo suele emplearse por lo general para designar a la radiación "**ionizante**", es decir la que altera el estado físico de los átomos en los que incide, haciendo que queden cargados eléctricamente o ionizados, según (Tomás, J. V., Alepuz, I. P., & Fayos, M. D. C. O. (2005).

Almeida Arteaga, V. H. (2009). Dice: que las radiaciones inductoras de mutaciones son de dos clases: ionizantes y no ionizantes Las radiaciones ionizante de primordial interés para el Fito mejorador son las radiaciones beta y gamma de sustancias radiactivas, **rayos x y neutrones**. La única radiación genéticamente efectiva que se conoce a la fecha, es la luz ultravioleta.

Miranda Castellanos, C. I. (2010). Indica que las radiaciones ionizantes son corrientes o flujos de partículas que surgen a enormes velocidades, u ondas que se emiten de átomos inestables. Los rayos gamma constituyen una forma de radiación electromagnética similar a los **rayos x**.

Kumar, V., Corán, R. S., & Robbins, S. L. (2008). Manifiestan: que las radiaciones ionizantes tienen efecto sobre la estructura y propiedades de loa ácidos nucleicos y nucleoproteínas. Afectan también fenómenos tales como inhibición de la mitosis, producción de mutaciones y aberraciones cromosómicas e interfiere en Los sistemas enzimáticos y con el metabolismo de cédalas y tejidos.

Zamorano, T., & Javier, F. (2017). Dicen que sí se utilizan diversas radiaciones ionizantes el efecto obtenido depende del número de roentgen (ionización por unidad de volumen) recibidos y poco de la naturaleza de la radiación.

Levine, R. P., & Raúl, J. (1969) Manifiesta que una de las maneras a través de la cual es posible que las radiaciones ionizantes produzcan mutaciones, se debe a que las radiaciones actúan directamente sobre el material genético. Una cantidad dada de radiación golpea a un gen y altera o destruye una porción del material genético.

Desde 1.928 en datos de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, se conoce que se puede inducir mutación en las plantas mediante vanas formas de radiación. Esté método de mejoramiento se basa en el principio de que se puede aumentar la proporción de mutaciones exponiendo plantas o semillas a las radiaciones. Escuela Nacional de Agricultura. Sadao-Ichikawa. 26 p. 1,975,

(Gardner, E.1967) considera, que el botánico Holandés Hugo de Vries (1.848 – 1.935) 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, más bien que por La acumulación gradual de pequeñas variaciones. Señales además que en 1.928: Hansen, Heys y especialmente Multar trabajando por separado mostraron que las radiaciones gamma inducen mutaciones.

La Escuela Nacional de Agricultura. Sadao-Ichikawa. 26 p. 1,975) señala que las mutaciones observadas en el reino vegetal son más numerosas que las presentadas en animales debido a que estos cambios son más frecuentes en las especies que producen progenies numerosas. Es así, que son evidentes las mutaciones en frijol, trigo, cebada, avena, papa, algodón, tabaco, diversas especies ornamentales, algunos frutales, etc.

Poehlman, J.M 1969) manifiesta que el mejoramiento por irradiación ofrece posibilidades intrigantes para obtener un nuevo carácter, pero como el Fito mejorador no dispone de genes conocidos, su uso tiene las siguientes limitaciones:

1. La mayor parte de las pululaciones que se presentan son indeseables, muchas de ellas son letales.
2. La proporción de mutaciones producidas en el mejor de loa casos es baja, y es necesario examinar poblaciones de plantas muy numerosas para encontrar mutaciones favorables.

3. La estabilidad de una línea mutante es todavía desconocida.
4. Es posible que haya que modificar la idea de que el Fito mejorador pueda mejorar una o dos características y al tiempo mantener la identidad y comportamiento de una variedad en todos los demás aspectos.

(Grist, D.H. 1.982) señala que un gran número de mutantes mediante el uso de rayos gamma se han obtenido, pero pocos de ellos han tenido un valor agrícola directo, ya que las mutaciones artificiales casi siempre las causan genes deletéreos recesivos provocando la radiación daño en los cromosomas conduciéndolos a la esterilidad; sin embargo, se han producido mutaciones útiles que después se han incorporado a las variedades comerciales empleando los métodos convencionales de mejoramiento.

La Escuela Nacional de Agricultura. Sadao-Ichikawa. 26 p. 1,975 designa a la mutación como el proceso que se realiza en el material genético y como mutante al resultado de esa acción o sea la expresión fenotípica (cambios anatómico-morfológicos).

Los mutantes de acuerdo a la expresión fenotípica se dividen en:

- **Mutantes grandes**, drásticos o macro mutantes y se refieren a cambios cualitativos o discontinuos pudiendo detectarlos mediante un análisis visual y en una sola planta.
- **Mutantes pequeños o micro mutantes**, indican los cambios en los caracteres cuantitativos o continuos y solo se pueden reconocer en un grupo considerable de plantas mediante auxilio estadístico.

En el Simposio Mexicano sobre Mutaciones. Rama de la Genética del Colegio de Post-Graduados de la ENA.(1973) De La Loma menciona que las mutaciones pueden ser: Cromosómicas, Génicas o Somáticas.

Las mutaciones cromosómicas se deben a que el número de cromosomas es diferente del número normal. Los organismos normales tienen en sus núcleos dos juegos de cromosomas o gametos llamándose diploides.

Se conoce como Ploidía al fenómeno mediante el cual los individuos poseen en sus núcleos un número mayor de juego de cromosomas, se estima que la tercera parte de plantas angiospermas son afectadas es decir poliploides y por lo tanto mutantes.

Brauer, O. 1969 manifiesta que dentro de las mutaciones cromosómicas se van a encontrar translocaciones, inversiones, duplicaciones, deficiencias y deleciones.

Translocaciones se debe a los cambios en que parte de un cromosoma se desprende para adherirse a otro cromosoma.

Inversiones son los casos en que parte de un cromosoma se desprende y se vuelve a colocar en el mismo cromosoma pero invertido, de modo que el orden de colocación de los genes (loci) es diferente al normal.

Duplicaciones se presentan cuando una parte del mismo cromosoma se repite dentro de él.

Deficiencias y Deleciones se refieren a la pérdida que un cromosoma puede sufrir de parte del material que lo constituye.

“Las mutaciones génicas son las que corresponden a cambios físicos o químicos en la naturaleza, de los genes, cuyos cambios son en general estables y se transmiten por herencia” (Brauer, O. 1969).

Poehlman, J, (1969), dice que las mutaciones de genes pueden ser dominantes o recesivas. Las mutaciones dominantes generalmente producen un efecto inmediato en el individuo; mientras que, el efecto de la mutación recesiva no se manifiesta hasta que dos genes recesivos se unen en un individuo como resultado de segregaciones.

Las mutaciones somáticas se presentan en células no sexuales del organismo y que con frecuencia producen un genotipo mutante en un solo sector del mismo

El mejoramiento de arroz mediante radiaciones gamma, tiene varios factores que afectan el máximo aprovechamiento que se pudiera obtener de una mayor frecuencia de mutaciones, como es el factor de las semillas; el contenido de humedad, la edad de las semillas al momento de la irradiación, el tiempo entre la irradiación y la siembra, y, el tipo de variedad. Villeda Castillo, D. A. (2014)

Herráez Panamá, M. S., & Orozco Tupacyupanqui, C. F. (2011) indican la necesidad de determinar la dosis óptima de irradiación para provocar el máximo de mutaciones para lo cual en cada especie se deben hacer experimentos a diversas dosis con el objeto de determinar efectos sobre la supervivencia y fertilidad.

Según Sigurbjornsson, B, 1977 en un programa de mejoramiento de plantas autógamas las mutaciones inducidas por radiaciones, pueden utilizarse de dos maneras:

En forma directa, donde el imitante obtenido pasa a ser la línea mejorada y la utilización de las mutaciones en cruzamiento (uso indirecto):

- Cruzar el mutante con la variedad original.
- Cruzar diferentes imitantes del mismo material original.
- Cruzar diferentes mutantes de diferentes materiales.
- Cruzar el mutante con una línea o variedad diferente,
- Cruzar dos variedades que aparentemente contengan el mismo mutante.

La radio sensibilidad difiere entre variedades, razas o tipos, por estado de desarrollo, órganos, tejidos y condiciones ambientales con diferentes radiaciones y en diferentes intensidades de dosis. Hernández, J. L. (2009)

Rubio, M. (2014) considera que la detección de mutantes deseables demanda observaciones muy cuidadosas que requieren habilidad, paciencia y tiempo. Donde esto sea posible se deberá recurrir a técnicas de selección natural a artificial que ayuden a este proceso.

Para obtener y detectar mejoras deseadas, es necesario cultivar, en la segunda generación, poblaciones muy numerosas, además en la mejora por mutación las probabilidades de éxito son mayores cuando se aplica a características para las que existen técnicas eficientes de selección. Mainero, F. X. S. (2015)

“Un método para inducir e identificar mutaciones benéficas implica la irradiación repetida del material. Como resultado de ello, las mutaciones se acumulan en el material y se fomenta la selección de mutaciones benéficas.” Álvarez Marcillo, K. G. (2014).

Castillo Moreno, M. E., & Blanch i Ribas, J. M. (2006). Al observar el éxito que en relativamente poco tiempo ha tenido el mejoramiento de plantas mediante la inducción de mutaciones, manifiesta que se ha abierto otro camino en el mejoramiento de la misma, que conducirá al mayor incremento de los rendimientos, pero también a un mejoramiento esencial en la calidad de los productos vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación

El presente trabajo de Fito mejoramiento mediante irradiación se realizó en los terrenos del Centro de Investigación y Multiplicación de Semillas de la Universidad Técnica de Babahoyo, localizado dentro del Proyecto de Riego Babahoyo, vía a Montalvo, a 12 Km. Del noreste de La Ciudad de Babahoyo, con 01° 48' de latitud sur y 79° 32' de longitud oeste, a 8 msnm.

El clima reinante en esta zona es tropical con una temperatura media anual de 25,5° c., una precipitación anual de 1.800 mm. Y 1.006 horas luz anual 1/.

La textura de estos suelos es franco-arcillosa.

4.2. Material Genético

Para el presente trabajo de investigación se utilizó semilla de las variedades Donato Alto e Isabel, cuyas características son: Tallos largos, Altura de Planta a la cosecha de hasta 150-160 cm., panículas grandes, hojas largas y de color verde ligeramente oscuro, moderadamente susceptible bajo condiciones de campo a Pyricularia. orizae, poca respuesta a la aplicación de Nitrógeno, aceptable rendimiento de grano, buena calidad culinaria y molinera.

4.3. Método de Campo

Irradiación las semillas de las variedades mencionadas fueron irradiadas de rayos gamma con dosis de 15, 30, 45 y 60 Krads. En el departamento de mutaciones de la COMISIÓN ECUATORIANA DE ENERGÍA ATÓMICA, el mismo que para el efecto cuenta con una fuente de Co-60 marca Shepherd, modelo 109.

1/ Datos tomados de la Estación Agro meteorológica BABAHOYO-UTB

Semillero una vez irradiada las semillas se hizo semillero con la densidad de apenas 50 gr. /m² (500 kg. /Ha.); con la particularidad de que el semillero se realizó en macetas, se ubicó en ellas suelo limpio; es decir, de donde no se ha sembrado arroz para que no se mezclen las variedades.

Transplante el área utilizada fue de 280 m² a la que se dividió en dos bloques, siendo estos suelos preparados mediante el sistema de fangueo.

A los 30 días se llevó las plántulas a el sitio definitivo, colocando una por sitio a la distancia de 30 cm. entre plantas y 40 cm, entre calle.

Fertilización con el objeto de probar la respuesta a la aplicación de nitrógeno se fertilizó con urea al 46% en la dosis de 180 Kg. de N puro/Ha, repartida en tres aplicaciones: al inicio del macollamiento, del primordio floral y al momento de la floración aplicada al voleo.

Riego el cultivo se lo mantuvo bajo inundación permanente, solo se retiró el agua para la aplicación del insecticida fertilizante y cosecha.

Control de Malezas para controlar las malezas existentes en el cultivo, se hicieron controles manuales en épocas oportunas, no se utilizó herbicidas para que no interfieran en la fisiología de la planta y poder observar mejor el funcionamiento de la misma.

Control de Plagas se presentó el insecto Hydrellia.Sp a los 10 días después del transplante, cuyo control se lo hizo con el insecticida Monitor en la dosis de 1 lt. /Ha.

Selecciones para el proceso de selección se examinó planta por planta en el estado de llenado de grano a maduración, tomando en cuenta las características deseables baja altura, tallos cortos y fuertes, resistentes al acame y en especial buena capacidad de macollamiento y panículas grandes con buen número de granos.

Datos Tomados con el fin de poder evaluar cada selección se tomaron los siguientes datos:

Vigor de Plantas se lo realizó de manera visual desde el estado de germinación hasta Los 50 días de edad del cultivo.

Altura de Planta a los 60 días y a la Cosecha para obtener este dato, se midió la distancia comprendida entre el suelo y el ápice de la hoja más alta a los 60 días. Posteriormente al momento de la cosecha estuvo determinado desde el suelo hasta el ápice de la panícula más alta de la planta seleccionada.

Días a la Floración se consideró los días desde la siembra en macetas hasta cuando el 50% más una del total de plantas presentaron panículas.

Capacidad de Macollamiento para ello, se procedió a contar el número de macollos de cada planta seleccionada.

Longitud de Panícula se tomaron 3 panículas al azar de cada planta seleccionada y se midió la longitud desde la base al ápice de la panícula, para luego sacar un promedio.

Excursión de Panícula en cada planta seleccionada, se contaron las panículas libres; es decir las panículas no cubiertas por la hoja bandera y las no excertas o no libres, luego mediante cálculos aritméticos se obtuvo el porcentaje

Ciclo Vegetativo está expresado en días y es el tiempo transcurrido desde la siembra en el semillero hasta la cosecha.

Esterilidad de Panícula se tomaron 3 panículas al azar por plantas seleccionada, luego se contó el número de granos llenos y estériles y mediante cálculos aritméticos se determinó el porcentaje.

Desgrane para evaluar el desgrane se tomaron 3 panículas al azar de cada planta seleccionada, se las presionó manualmente por la parte media para luego estimar la proporción de granos desprendidos y el desgrane tomando en cuenta la siguiente escala:

Menos del 1%	Material muy resistente
1 – 5%	Resistente
6 – 25%	Intermedio
26 – 50%	Susceptible
51 – 100%	Muy susceptible

Número de Panículas este dato se lo tomó igual que la variable capacidad de macollamiento, solo que esta vez se contó las panículas por plantas seleccionada.

Relación Grano-Paja este dato se determinó en base al peso de granos llenos y secos; y al peso de la paja, al mismo porcentaje de humedad, para obtener el valor.

Granos por Panícula se tomaron al azar 3 panículas por plantas seleccionadas, se contaron los granos llenos y estériles para luego obtener un promedio.

Longitud Grano para esto se utilizaron 10 granos llenos y con tascara por cada planta seleccionada, se lo midió desde un extremo a otro, expresando la longitud en mm y luego se obtuvo un promedio.

Rendimiento de Grano estuvo determinado por el peso del forano lleno y seco de cada planta seleccionada expresado en gramos.

V. RESULTADOS

5.1. Irradiación de Semillas de la Variedad Isabel

Las semillas de la variedad Isabel fueron irradiadas con 15, 30, 45, 60 Krads.; las irradiadas con 60 Krads. Germinación pero las plántulas murieron aproximadamente a los 7 días de edad. En las demás dosis las semillas germinaron con normalidad y sus plañías se desarrollaron hasta la recolección de los granos.

En la dosis de 15 Krads se realizaron 11 selecciones, es decir plañías que presentaron características genotípicas deseables, se pueden observar en los cuadros 1 y 2. En lo que respecta a rendimiento de grano, estos variaron de 1,8 a 19,2 gramos por planta, con promedio de 9,5 gramos por planta.

La altura de plañía osciló de 99 a 129 cm.; el porcentaje de macollos efectivos fue bajo, es decir que todos los macollos no produjeron panículas, a pesar de que estas alcanzaron un tamaño máximo de 29,7 cm; mientras que la más pequeña fue de 24 cm.

La radiación gamma afectó la fertilidad de la panícula, pues los porcentajes de esterilidad variaron de 12,53 a 80,46 quizás esta sea la causa del bajo rendimiento obtenido en algunas selecciones.

La relación grano-paja presentó valores muy por debajo de lo normal pues variaron de 0,021 a 0,353 correspondientes las selecciones 3 y 1 respectivamente.

En lo que respecta, a la característica desgrane, se observó que la mayoría de las selecciones presentaron resistencia.

Cuando la semilla de la variedad Isabel se irradió con 30 Krads., se pudieron seleccionar 35 mulantes M1, es decir que la irradiación afectó más la estructura génica de las semillas en relación a la dosis de 15 Krads.(cuadro 3 y 4)

En lo que se refiere, al rendimiento de grano se apreció que algunas selecciones superaron a las de 15 Krads., pues existieron 4 genotipos mulantes con rendimientos considerables, con 41,5 46,5 46,5 y 46,7 gramos, luego siguieron otras selecciones con 35,7 36,8 gramos.

Para macollos y panículas, los valores obtenidos con la dosis de 30 Krads fueron similares a la de 15 Krads., con promedios de 26 y 18 macollos y panículas por planta respectivamente,

La altura de planta se vio afectada por la dosis de irradiación, pues las plantas fueron más pequeñas, variando de 87 a 137 cm; con un promedio de 110,5 cm. para todas las selecciones.

El ciclo vegetativo, aparentemente no se vio afectado por la irradiación, ya que presentó un ciclo similar a la semilla no tratada.

Los porcentajes de esterilidad fueron más altos en relación a la dosis de 15 Krads pues oscilaron de 8,66 al 100%, con un promedio de 69,83% siendo más alto al promedio de la irradiación de 15 Krads que fue de 49,20.

La relación grano-paja, mejoró en algunas selecciones, con valores de 1,269 1,206 1,010 0,972 0,906 lo cual refleja el incremento de granos por planta.

El tamaño de las panículas, se comportó similar a la dosis de 15 Krads., sucediendo lo mismo con la resistencia al desgrane y longitud de grano.

En los cuadros 5 y 6, se pueden observar los datos de las diferentes variables tomados en las 13 selecciones que se realizaron cuando la semilla de la variedad Isabel fue irradiada con 45

Krads. De las 13 selecciones realizadas en cuanto a las características fenotípicas., apenas 4 lograron la producción de grano con 12,4 27 48,8 y 61 gramos por planta, además una selección apenas produjo 0,4 gramos, las restantes selecciones antes de la fructificación no lograron producir materia seca.

El número de macollos y panículas, si se vio incrementado por planta. La altura de planta, también disminuyó en relación a las dosis anteriores.

Los porcentajes de esterilidad de panícula, se vieron grandemente aumentados en la mayoría de las selecciones (las que no produjeron grano) siendo de 100%.

El desgrane se calificó como susceptible, lo cual indica que la irradiación afectó en dicha característica; también la longitud de panícula con un promedio de 25,5 cm y el número de granos por panícula fueron menores en relación a las dosis de 15 y 30 Krads con promedios de 129 granos por panícula.

5.2. Irradiación de Semillas la Variedad Donato Alto

En los cuadros 1 y 8, se pueden observar los valores de las características fenotípicas de las 12 selecciones mutantes realizadas en la semilla de la variedad Donato Alto irradiada con 15 Krads.

En lo que respecta al rendimiento de granos, estos variaron de 24 a 53 gramos por planta, siendo el promedio 38,9 gramos.

El número de macollos y panículas estuvieron entre los valores esperados para la variedad Donato, un porcentaje de 80,26 de macollos efectivos.

Las plantas seleccionadas presentaron alturas superiores a 100 cm.; esto es la selección 4 y 9 con 105 y 101 cm., cuyo promedio fue de 94,3 cm., es decir que la irradiación afectó dicha característica moderadamente.

Los porcentajes de esterilidad de panícula variaron de 8,84 a 49,76; con promedio para las selecciones de 23,60%, lo cual está dentro del rango esperado cuando la semilla es irradiada.

La longitud de panícula oscila de 20,7 a 26 cm, y con número de granos que varían de 81 a 176, cuyo promedio fue 132 granos por panícula.

En lo que respecta a la relación grano-paja., estos valores estuvieron cercanos a la unidad; pues algunos mutantes presentaron valores superiores a la unidad 1,032 1,093 1,200 1,303 1,430; lo que se refleja por los rendimientos obtenidos.

En los genotipos seleccionados se presentaron, el desgrane a calificaciones de susceptible, intermedio y resistente, lo cual indica que la irradiación tuvo su efecto.

Cuando la semilla se la irradió con 30 Krads., se seleccionaron 15 plantas mutantes, cuadro 9 y 10; cuyos rendimientos variaron de 1,2 a 39 gramos por planta, con promedio de 15,2 gramos, siendo inferior a la dosis de 15 Krads., el número de macollos por planta, se vio incrementado pero el número de panículas fue casi similar a la dosis de 15 Krads., por consiguiente presentaron menores porcentajes de macollas efectivos siendo su promedio de 69,35%.

En lo que se refiere a la altura de planta a la cosecha, la irradiación tuvo su efecto, pues las plantas fueron más pequeñas que la dosis de 15 Krads.

El porcentaje de esterilidad se incrementó con la dosis de 30 Krads variando de 12,92 a 92,72%, con promedio de 54,13; siendo muy superior a la dosis de 15 Krads.

La relación grano-paja se vio disminuida significativamente, ya que el promedio fue de apenas 0,227; no existiendo genotipos que presenten valores superiores a la unidad, el más alto correspondió a la selección 10 que presentó una relación grano-paja de 0,716.

La longitud de panícula no se vio afectada por la irradiación, pero si el número de granos por panícula que fue inferior a la dosis de 15 Krads cuyo promedio fue de 11 granos por panícula; mientras que en la otra dosis fue de 132 granos.

Existió variabilidad en cuanto al desgrane de las panículas, las calificaciones fueron de intermedio resistente, no estuvo afectado el tamaño del grano; pues casi fue similar.

Para la dosis de 45 Krads, se seleccionaron 13 mutantes que se pueden observar sus características en los cuadros 11 y 12.

En rendimiento de grano se vio netamente afectado por la dosis de irradiación, los promedios variaron de 0 a 20,8 gramos por planta. Solamente existieron 2 genotipos que presentaron rendimientos algo considerables 14,9 y 20,8 gramos, los demás genotipos presentaron valores muy inferiores.

Los números de macollos y panículas no se vieron afectados por la irradiación, observando valores semejantes a la irradiación con 30 Krads.

La altura de planta se vio algo disminuida por la irradiación, los promedios fueron de 80 a 94 cm, y con media general de 89 cm.

Los porcentajes de esterilidad de panícula también estuvieron influenciados por la irradiación, siendo el promedio de 70,64% para las 13 selecciones.

La longitud de panícula y el número de granos de las mismas, prácticamente fueron semejantes a las 15 selecciones anteriores cuyos promedios fueron de 23,1 cm. y 105 respectivamente. En cambio la relación grano-paja se vio afectada, los promedios fueron 0,116; siendo el valor más alto el de la selección 9 con 0,392 reflejándose el pobre rendimiento de grano obtenido en dicho mutante.

El desgrane de las panículas se calificó de intermedio y resistente, predominando mulantes con la calificación intermedio; así mismo la longitud de los granos fue de 9 a 10 mm.

Cuando la semilla de Donato se irradió con 60 Krads. Se pudieron seleccionar 21 mulantes, cuyas características fenotípicas se registran en los cuadros 13 y 14.

En lo que respecta al rendimiento de grano por planta, los genotipos seleccionados presentaron mayores promedios en relación a las dosis anteriores, siendo su promedio 20,3 gramos por plantas, la selección 20 presentó la mayor producción con 79 gramos por planta, luego siguió la selección 21 y 10 con 38,2 y 35 gramos respectivamente.

Tanto la capacidad de macollamiento como el número de panículas por plantas se incrementaron; es decir que presentaron valores superiores a las dosis anteriores, con promedios de 37 y 25 macollos y panículas por planta.

La longitud de panícula no se vio afectada por la irradiación, en cambio el número de granos por panícula se incrementó con la dosis aplicada.

En lo que respecta a la esterilidad de panícula, los genotipos presentaron valores inferiores a la dosis de 45 Krads., obteniendo un promedio de 45,17. Así mismo la relación grano-paja, fue mayor presentando la selección 20 un valor de 1,133; siendo su promedio de 0,306 superior a la dosificación de 45 Krads.

En cuanto al desgrane, los genotipos calificaron como intermedio a excepción de la selección 10 que fue susceptible.

VI. DISCUSIÓN

La presente investigación trata sobre la irradiación de semilla de las variedades de arroz Isabel y Donato Alto, variedades de buen rendimiento de grano pero posee tallos altos lo cual las hace susceptible al acame y por consiguiente al fertilizarlas disminuyen el rendimiento de grano.

En lo que respecta a la variedad Isabel se observó que cuando se la irradió con 60 Krads, las semillas germinaron pero sus plantitas fracasaron a los 7 días mientras que a la dosis de 15,30 y 45 Krads, se produjeron mutantes con ciertas características fenotípicas deseables, lo cual demuestra que las irradiaciones tuvieron un efecto positivo hasta cierta dosificación.

En referencia al rendimiento de grano, se obtuvieron mutantes M1 con bajo rendimiento pues con las dosis de 15 Krads, el promedio fue de 9,5 gramos por planta, con 30 y 45 Krads promediaron 13 y 11,5 gramos por planta demostrando que las irradiaciones tuvieron un efecto no deseado pues posiblemente existió alguna aberración cromosómica del tipo de pérdida de segmento cromosoma. Además los porcentajes de esterilidad de panícula se vieron incrementados conforme la dosis de irradiación pues dichos porcentajes fueron de 49,20 69,83 y 76,16%, quizás esta sea la causa de los bajos rendimientos obtenidos.

En lo que respecta al número de macollos y panículas parece ser que las irradiaciones no afectaron, pues en las dosis aplicadas no varió la capacidad de macollamiento de la variedad Isabel.

Como era de esperarse, cuando se realizan irradiaciones en algún material genético se presentan pocos mutantes con características fenotípicas deseables para el mejorador de plantas pues la frecuencia es relativamente baja lo cual presento en la siguiente investigación donde existieron muy pocos mutantes con rendimientos de grano considerable, así algunos genotipos M1 produjeron 61, 48,8 46,7 46,5 41,5 35,7 gramos por planta cuando la semilla se irradió con 30 y 45 Krads.

Sería interesante seguir probando dichos mutantes pues en la M2 se van a presentar segregaciones en las características tanto fenotípicas como de rendimiento de grano, pues dichos mutantes están en la condición heterocigótica, precisamente de acuerdo a las leyes de la herencia en la f2 es donde va a existir la mayor variabilidad genética y fenotípica, que serán de mucha ayuda para el mejorador de plantas.

Con respecto a la variedad Donato, las irradiaciones no afectaron en forma drástica, es decir letalmente pues los mutantes M1 seleccionados poseen rendimientos de grano acorde con la variedad antes de ser sometidas a la irradiación.

Se observó que cuando la dosis de irradiación fue de 15 Krads. los rendimientos variaron poco entre los mutantes seleccionados pero cuando la dosis de irradiación se incrementó se presentó variabilidad entre los mutantes pues hubieron ciertos genotipos seleccionados que por sus características fenotípicas antes de la recolección del fruto, quedaron completamente estériles es decir que el rendimiento fue nulo, en cambio hubieron mutantes que llegaron a producir hasta 79 gramos por planta, con un porcentaje de esterilidad de panícula de apenas 10,83; por lo tanto a este genotipo se lo puede considerar promisorio en futuras generaciones y además posee características de buen macollamiento, altura de planta de 105 cm., buen número de granos por panícula, desgrane intermedio, y no presentó síntomas de alguna enfermedad.

En lo que se refiere al macollamiento y número de panículas tampoco estuvieron influenciados por las dosis de irradiación es decir que estas no actuaron sobre los genes que controlan dichas características, algo igual sucedió con el ciclo vegetativo, longitud de panícula y número de granos de las mismas. Observándose cierta influencia en la característica desgrane de panícula pues los genotipos calificaron de susceptibles, intermedio y resistente.

La variable esterilidad de panícula fue mayor con la dosificación de 45 Krads., habría que esperar alguna disminución en dicho porcentaje en la M2 y seleccionar los genotipos que presenten más fertilidad de espiguillas, debido a que dicha característica es de suma importancia en la obtención de considerables rendimientos de grano; además hay que tomar en cuenta que la esterilidad a veces está influenciada por las características ambientales y problemas de plagas y enfermedades.

En resumen, comparando los mutantes de las dos variedades irradiadas se pueda manifestar que las irradiaciones si provocan algún efecto positivo pues existió variabilidad genética, que determina la obtención o selección de genotipos mutantes que podrían servir en el mejoramiento genético del cultivo de arroz. Además se logró disminuir la altura de planta que es uno de los objetivos del presente trabajo, pues al tener genotipos de corta estatura (100-120 cm.) se podrían fertilizarlos con niveles considerables de nitrógeno, y de esta manera aumentar el rendimiento de grano, pues todos los genotipos seleccionados se comportaron resistentes al acame; característica de suma importancia cuando se realiza fertilización nitrogenada, y conociendo que el arroz responde exclusiva y positivamente en grano a la aplicación de nitrógeno.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de Fito mejoramiento, se derivan las siguientes conclusiones:

1. Las irradiaciones tuvieron mayor efecto en la variedad Isabel, no así en la variedad Donato Alto.
2. Cuando la variedad Isabel se irradió con 60 Krads las plántulas murieron a los 7 días después de germinadas.
3. Las dosis de 15, 30 y 45 Krads. en la variedad Isabel produjeron mutantes con características deseables.
4. Los porcentajes de esterilidad de panícula se vieron incrementados con la dosis de irradiación alcanzando un máximo de 100% para la variedad Isabel y Donato.
5. Las dosis de irradiación no afectaron la capacidad de macollamiento y panículas por planta en ambas variedades.
6. En la variedad Donato las irradiaciones no afectaron en forma drástica, es decir totalmente, pues los mutantes M1 presentaron rendimiento de grano considerable.
7. La dosis de 15 Krads. en Donato Alto produjo poco efecto en el rendimiento de los mutantes.
8. Existió un imitante que produjo 79 gramos por planta con un porcentaje de esterilidad de panícula de 10,83 al cual se lo puede considerar promisorio.
9. Las dosis de irradiación no actuaron sobre el ciclo vegetativo, longitud de panícula y el número de granos en la variedad Donato Alto.

En base a las mencionadas conclusiones se recomienda:

1. Continuar con la siembra de los mutantes M1, con el fin de poder seleccionar los mejores genotipos en cuanto a rendimiento de grano y característica agronómicas deseables en la M2.
2. Que parte de la semilla de los mutantes M1 sean sometidas a la dosis de irradiación de 30 Krads. con la finalidad de producir más variabilidad genética.

VIII. LITERATURA CITADA

Almeida Arteaga, V. H. (2009). Determinación de las condiciones adecuadas de pre-tratamiento frío y la dosis óptima de radiación gamma CO60, para realizar cultivo in vitro de microsporas aisladas de maíz de las variedades INIAP-101 e INIAP-601 (Bachelor's thesis, SANGOLQUÍ/ESPE/2009).

ALLAHD, R. Principios en la mejora genética de las plantas. 3a, ed. Omega PP. 55-59

Álvarez Marcillo, K. G. (2014). Elaboración y comercialización de material de construcción a base de la cascarilla de arroz y su incidencia en el fortalecimiento de la preservación del medio ambiente (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas).

BRAUER, O. Fitogenética Aplicada. Limusa-Wiley, México 16:314-315 1.969.

Castillo Moreno, M. E., & Blanch i Ribas, J. M. (2006). Metamorfosis laboral y experiencia del trabajo en el contexto mexicano. Universidad Autónoma de Barcelona.

GARDNER, E. Principios de Genética. Limusa, México P: 213. 1.967.

GUAJALA, M. J. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4025> tomado del Repositorio Universidad Técnica de Loja/Área Salud Humana/Biblioteca A.S.H 2013.

GRIST, D.H. Arroz, Traducido por Antonio Marino. Continental, México. P: 193 1.982

Hernández, J. L. (2009). La imaginación simbólica del agua: el diálogo permanente entre el hombre y el cosmos. STVDIVM, 199.

Herráez Panamá, M. S., & Orozco Tupacyupanqui, C. F. (2011). Producción fotográfica sobre el pueblo Cañarí (Bachelor's thesis).

Levine, R. P., & Raúl, J. (1969). Genética: los descubrimientos más recientes, bases moleculares de la herencia, naturaleza, transmisión y funcionamiento del material genético.

Kumar, V., Cotran, R. S., & Robbins, S. (2008). Patología humana. Elsevier Health Sciences.

Mainero, F. X. S. (2015). La ingeniería genética, la nueva biotecnología y la era genómica. Fondo de Cultura Económica. Netico.

Miranda Castellanos, C. I. (2010). Estudio de la situación de las radiaciones no ionizantes en la ciudad de Quito, simulación y medidas para verificar el cumplimiento de los estándares internacionales y nacionales (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2010).

POEHLWAN, J. M. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Limusa-Wiley, México. P: 56, 59 y 92. 1.969.

Rubio, M. (2014). Ilegales, hongos y levadura. Revista de Economía Institucional, 16(31), 359-408.

Escuela Nacional de Agricultura .Secretaria de Agricultura y Ganadería. Apuntes de Mutagénesis. . Sadao-Ichikawa. 26 p. 1,975,

Simposio Mexicano sobre Mutaciones. Rama de la Genética del Colegio de Post-Graduados de la ENA. Secretaría de Agricultura Chapingo-México. PP.: 14, 90,104 1.973.

SIGURBJORNSSON, R. Mutations in plant breeding programmes. I. A. E. A. Viena. Pp: 1-6. 1.977.

Tomás, J. V., Alepuz, I. P., & Fayos, M. D. C. O. (2005). Diploma de Especialización Profesional Universitario en Protección Civil y Gestión de Emergencias.

Villeda Castillo, D. A. (2014). Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) con bajo contenido de lignina.MEZ

Zamora Cruz, E. M. (2014). Efectos de cinco niveles de Radiaciones Gamma en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2014).

Zamorano, T., & Javier, F. (2017). Análisis y diseño de un detector compacto de radiación gamma de estado sólido para espectrometría.

