



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA FÍSICA**

**INDUCCIÓN A LA VARIABILIDAD GENOTÍPICA EN SEMILLAS  
DE MAÍZ INIAP-101: VARIEDAD DE MAÍZ BLANCO PRECOZ  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RADIACIÓN X**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Integrador

Presentado para optar al grado académico de:

**FÍSICA**

**AUTORA:** LEANDRA ANAHÍ ZABALA CORONEL

**DIRECTOR:** Mat. LUIS MARCELO CORTEZ BONILLA MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Leandra Anahí Zabala Coronel**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, LEANDRA ANAHÍ ZABALA CORONEL, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.


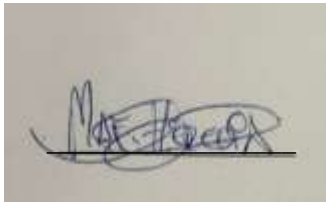
Riobamba, 03 de marzo de 2022

**Leandra Anahí Zabala Coronel.**

**060437971-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA FÍSICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Integrador, **INDUCCIÓN A LA VARIABILIDAD GENOTÍPICA EN SEMILLAS DE MAÍZ INIAP-101: VARIEDAD DE MAÍZ BLANCO PRECOZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RADIACIÓN X**, realizado por la señorita: **LEANDRA ANAHÍ ZABALA CORONEL**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Fis. Richard Willians Pachacama. Choca MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-03-03
Mat. Luis Marcelo Cortez Bonilla MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-03-03
Biof. María Fernanda Heredia Moyano MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-03-03

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mí, a mi mamá Carmita, a mi papá Fernando y mi hermano Bolívar, también a mis amigos en particular a Diego y Jay por siempre estar presentes, y así a cada persona que me apoyaron en cada momento con determinación y esfuerzo culminando una de las etapas más hermosas de toda mi vida que es el estudiar la carrera que tanto amo.

*Leandra*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la vida, a mi madre y padre quienes fueron la base fundamental de lo que sembraron en mi ahora se cosecha, hace casi 25 años mi mami me dedicaba su tesis y hoy le agradezco por ser el ente fundamental de mi vida y ese apoyo incondicional tanto como mi papá Milton Fernando, también a mi tía Sonia por ser mi inspiración, y a cada persona que colaboraron para que mi trabajo de titulación sea excepcional. Los amo.

*Leandra*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.</b>	<b>El maíz .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1.</b>	<b><i>Origen</i>.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.2.</b>	<b><i>Clasificación taxonómica</i> .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.3.</b>	<b><i>Descripción agromorfológica</i> .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.3.1.</b>	<b><i>Raíz</i>.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.3.2.</b>	<b><i>Tallo</i> .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3.3.</b>	<b><i>Hojas</i> .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3.4.</b>	<b><i>Flor</i>.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3.5.</b>	<b><i>Fruto</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.4.</b>	<b><i>Etapas de desarrollo en la planta de maíz</i> .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.4.1.</b>	<b><i>Etapas de la fase vegetativa</i> .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.4.2.</b>	<b><i>Etapas de la fase reproductiva</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.5.</b>	<b><i>Propiedades alimentarias del maíz</i>.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.6.</b>	<b><i>Variedad INIAP 101 precoz</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.6.1.</b>	<b><i>Características agronómicas</i> .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.</b>	<b>Mutagénesis utilizando radiación ionizante .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1.</b>	<b><i>Magnitudes y unidades básicas</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1.1.</b>	<b><i>Dosis Absorbida</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1.2.</b>	<b><i>Dosis Equivalente</i>.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1.3.</b>	<b><i>Tasa de dosis absorbida</i>.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1.4.</b>	<b><i>Dosis efectiva</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1.5.</b>	<b><i>Intensidad de la radiación</i> .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2.</b>	<b><i>Mecanismos de acción de los agentes mutágeno físicos</i> .....</b>	<b>13</b>

1.3.	<b>Radiación en la agricultura</b> .....	13
1.3.1.	<i>Radio sensibilidad y rango de dosis estimulante de rayos x</i> .....	14
1.3.2.	<i>Variabilidad Inducida en maíz</i> .....	14
1.4.	<b>Wolframio</b> .....	14
1.4.1.	<i>Descripción de la fuente</i> .....	14
1.5.	<b>Molibdeno</b> .....	15
1.5.1.	<i>Descripción de la fuente</i> .....	15
1.6.	<b>Detectores gaseosos de ionizaciones</b> .....	15
1.6.1.	<i>Contador Geiger-Müller</i> .....	16

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	17
2.1.	<b>Tipo de investigación</b> .....	17
2.2.	<b>Diseño de investigación</b> .....	17
2.2.1.	<i>Identificación de variables</i> .....	17
2.2.2.	<i>Planteamiento de la hipótesis</i> .....	17
2.2.3.	<i>Matriz de consistencia</i> .....	17
2.2.4.	<i>Operacionalización de variables</i> .....	18
2.2.5.	<i>Localización del estudio</i> .....	19
2.2.5.1.	<i>Características del área</i> .....	19
2.2.6.	<i>Población de estudio</i> .....	19
2.2.7.	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	19
2.2.8.	<i>Método de muestreo</i> .....	20
2.3.	<b>Características de Equipos y Materiales</b> .....	20
2.3.1.	<i>RX PHYWE 4.0</i> .....	20
2.3.2.	<i>Tubo de Molibdeno</i> .....	20
2.3.3.	<i>Tubo de Wolframio</i> .....	21
2.4.	<b>Procedimiento y manejo de las semillas</b> .....	21
2.4.1.	<i>Irradiación de las semillas</i> .....	22
2.4.2.	<i>Transporte de las semillas</i> .....	23
2.4.3.	<i>Germinación</i> .....	23
2.4.3.1.	<i>Procedimiento</i> .....	23
2.4.4.	<b>Sembrado</b> .....	24
2.4.4.1.	<i>Preparación del suelo</i> .....	24
2.4.4.2.	<i>Proceso de sembrado</i> .....	24



2.4.4.3.	<i>Crecimiento</i> .....	25
2.5.	<b>Diagrama de flujo del marco metodológico</b> .....	27

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS</b> .....	28
3.1.	<b>Análisis de Resultados</b> .....	28
3.1.1.	<i>Niveles de dosis de radiación ionizante</i> .....	28
3.1.1.1.	<i>Dosis Absorbida</i> .....	28
3.1.1.2.	<i>Tasa de dosis absorbida</i> .....	29
3.1.2.	<i>Efectos y cambios fenotípicos</i> .....	29
3.1.2.1.	<i>Germinación</i> .....	29
3.1.2.2.	<i>Peso de raíz</i> .....	33
3.1.2.3.	<i>Supuestos de DCA</i> .....	35
3.1.2.4.	<i>Hojas</i> .....	38
3.1.2.5.	<i>Longitud de planta</i> .....	42
3.1.2.6.	<i>Diámetro de pseudotallo</i> .....	47

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	52
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	53
--	------------------------------	----

### **GLOSARIO**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Clasificación taxonómica del Maíz ( <i>Zea mays</i> ). .....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Etapas vegetativas de maíz.....	8
<b>Tabla 3-1:</b>	Etapas reproductivas de maíz. ....	9
<b>Tabla 4-1:</b>	Caracterización e maíz variedad INIAP 101 Blanco precoz .....	11
<b>Tabla 1-2:</b>	Matriz de consistencia .....	17
<b>Tabla 2-2:</b>	Operacionalización de variables, en el año 2021 .....	18
<b>Tabla 3-2:</b>	Esquema de muestras .....	19
<b>Tabla 4-2:</b>	Tabla de crecimiento de la planta de maíz. ....	25
<b>Tabla 1-3:</b>	Datos y resultados del equipo PHYWE 4.0, en el año 2021 .....	28
<b>Tabla 2-3:</b>	Tasa de dosis absorbida por el respectivo grupo de semillas .....	29
<b>Tabla 3-3:</b>	Tabla de Control de germinación muestra de control.....	29
<b>Tabla 4-3:</b>	Tabla de Control de germinación muestra 2.....	30
<b>Tabla 5-3:</b>	Tabla de Control de germinación muestra 3.....	30
<b>Tabla 6-3:</b>	Tabla de Control de germinación muestra 4.....	31
<b>Tabla 7-3:</b>	Tabla de Control de germinación muestra 5.....	31
<b>Tabla 8-3:</b>	Tabla resumen de datos Peso de Raíz.....	34
<b>Tabla 9-3:</b>	Cálculos ANOVA.....	34
<b>Tabla 10-3:</b>	Tabla ANOVA de peso raíz. ....	34
<b>Tabla 11-3:</b>	Región critica. ....	34
<b>Tabla 12-3:</b>	Cálculo de residuales.....	35
<b>Tabla 13-3:</b>	Tabla de medias de peso raíz.....	37
<b>Tabla 14-3:</b>	Tabla ANOVA Peso Raíz.....	37
<b>Tabla 15-3:</b>	Cálculos Dunnete .....	37
<b>Tabla 16-3:</b>	Tabla de significancia Dunnete .....	37
<b>Tabla 17-3:</b>	Tabla resumen de datos ancho de hojas. ....	38
<b>Tabla 18-3:</b>	Tabla de cálculos ANOVA.....	38
<b>Tabla 19-3:</b>	Tabla ANNOVA ancho de hoja. ....	39
<b>Tabla 20-3:</b>	Región critica. ....	39
<b>Tabla 21-3:</b>	Cálculos valores duales ancho de hojas.....	39
<b>Tabla 22-3:</b>	Tabla de medias de ancho hojas. ....	41
<b>Tabla 23-3:</b>	Tabla ANOVA ancho de hoja. ....	41
<b>Tabla 24-3:</b>	Tabla de región critica. ....	42
<b>Tabla 25-3:</b>	Tabla de significancia Dunnete .....	42
<b>Tabla 26-3:</b>	Tabla resumen de datos Longitud de planta .....	43

<b>Tabla 27-3:</b>	Cálculos ANOVA.....	43
<b>Tabla 28-3:</b>	Tabla ANOVA longitud de planta.....	43
<b>Tabla 29-3:</b>	Región crítica. ....	44
<b>Tabla 30-3:</b>	Calculo residual.....	44
<b>Tabla 31-3:</b>	Tabla de medias de Longitud de planta.....	46
<b>Tabla 32-3:</b>	Tabla ANOVA longitud de planta.....	46
<b>Tabla 33-3:</b>	Cálculos Dunnete. ....	46
<b>Tabla 34-3:</b>	Tabla de significancia de Dunnete .....	46
<b>Tabla 35-3:</b>	Tabla de resumen de datos en diámetro de pseudotallo. ....	47
<b>Tabla 36-3:</b>	Cálculos ANOVA.....	48
<b>Tabla 37-3:</b>	Tabla ANOVA de diámetro de pseudotallo. ....	48
<b>Tabla 38-3:</b>	Región crítica. ....	48
<b>Tabla 39-3:</b>	Cálculos valores duales diámetro de pseudotallo.....	48
<b>Tabla 40-3:</b>	Tabla de medias de diámetro de pseudotallo.....	50
<b>Tabla 41-3:</b>	Tabla ANOVA diámetro de pseudotallo. ....	50
<b>Tabla 42-3:</b>	Tabla de región crítica.....	50
<b>Tabla 43-3:</b>	Tabla de significancia de Dunnete. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Desarrollo de raíces .....	6
<b>Figura 2-1:</b>	Esquema de fecundación femenina y masculina de Maíz. ....	7
<b>Figura 3-1:</b>	Estructura del Fruto de maíz. ....	7
<b>Figura 4-1:</b>	Etapas de vegetativas y reproductivas del maíz. ....	9
<b>Figura 5-1:</b>	Propiedades alimentarias del Maíz.....	10
<b>Figura 6-1:</b>	Maíz blanco precoz INIAP -101.....	10
<b>Figura 7-1:</b>	Varillas de wolframio con cristales evaporados parcialmente oxidada y un cubo con pureza de 99,999 % .....	15
<b>Figura 1-2:</b>	Equipo RX Phywe 4.0.....	20
<b>Figura 2-2:</b>	Tubo de molibdeno.....	21
<b>Figura 3-2:</b>	Tubo de wolframio. ....	21
<b>Figura 4-2:</b>	Semillas siendo irradiadas .....	22
<b>Figura 5-2:</b>	Pesaje de semillas.....	23
<b>Figura 6-2:</b>	Germinación de semillas. ....	24
<b>Figura 7-2:</b>	Sembrío de semillas germinadas. ....	25
<b>Figura 8-2:</b>	Marco metodológico.....	27

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Diagrama de comparación de medias de germen de tallo. ....	32
<b>Gráfico 2-3:</b>	Diagrama de comparación de longitud de raíz principal. ....	32
<b>Gráfico 3-3:</b>	Diagrama de comparación del número de raíces por cada tratamiento de estudio. .....	33
<b>Gráfico 4-3:</b>	Dispersión de residuales. ....	36
<b>Gráfico 5-3:</b>	Diagrama de dispersión. ....	36
<b>Gráfico 6-3:</b>	Diagrama de dispersión Ancho de Hoja.....	40
<b>Gráfico 7-3:</b>	Diagrama de dispersión.....	41
<b>Gráfico 8-3:</b>	Dispersión residuales.....	45
<b>Gráfico 9-3:</b>	Diagrama de dispersión.....	45
<b>Gráfico 10-3:</b>	De dispersión Diámetro de pseudotallo.....	49
<b>Gráfico 11-3:</b>	Diagrama de dispersión.....	50

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ANÁLISIS DE SUELO

**ANEXO B:** TABLA DE GRÁFICOS DE MUESTRAS

**ANEXO C:** ANÁLISIS DE MUESTRA

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo, inducir a la variabilidad genotípica de semilla de maíz variedad INIAP-101 blanco precoz, mediante el uso de radiación ionizante de rayos X, para lo cual se expuso a diferentes dosis de radiación con diferentes tubos de rayos X fabricadas con Molibdeno y Wolframio con el fin de mejorar la calidad de semillas en el territorio nacional. Este trabajo inició con la irradiación de semillas en los laboratorios de la ESPOCH, exponiendo a las semillas a tiempos pre establecidos de 15 y 30 minutos con los 2 diferentes tubos generadores de rayos X con un voltaje constante de 35kV y miliamperaje 1mA determinando así la dosis de radiación ionizante emitida por la fuente y su respectiva tasa de dosis de absorción. Obteniendo cambios fenotípicos desde la germinación, la muestra de Wolframio durante 30 minutos de exposición presentó un crecimiento de hasta 200%, la muestra de Molibdeno durante 15 minutos presentó hojas con mayor área foliar y mayor diámetro de pseudotallo, en cambio la muestra expuesta a Wolframio durante 15 minutos presentó mayor longitud o altura de planta en comparación a la muestra de control. Concluyendo que el tubo de Wolframio en una exposición de 30 minutos muestra un mejor resultado en comparación a la planta de control. Por lo que se recomienda realizar estudios de larga duración a nivel de control de la planta.

**Palabras clave:** <RADIACIÓN IONIZANTE EN PLANTAS>, <TASA DE DOSIS ABSORBIDA>, <MAÍZ INIAP-101>, <VARIABILIDAD GENOTÍPICA>, <INDUCCIÓN GENOTÍPICA>.



0952-DBRA-UTP-2022

## SUMMARY

The objective of this research work was to induce the genotypic variability of maize seed variety INIAP-101 early white, using X-ray ionising radiation, for which it was exposed to different doses of radiation with different X-ray tubes made of Molybdenum and Wolfram, in order to improve the quality of seeds in the national territory. This work began with the irradiation of seeds in the ESPOCH laboratories, exposing the seeds to pre-established times of 15 and 30 minutes with two different X-ray generator tubes, a constant voltage of 35kV and milliamperage 1mA, thus determining the dose of ionising radiation emitted by the source and its respective absorption dose rate. Phenotypic changes were obtained from germination. The sample exposed to radiation with tungsten tubes during 30 minutes of exposure presented a growth of up to 200%, and the one irradiated with molybdenum tubes for 15 minutes presented leaves with greater leaf area and greater pseudo stem diameter, while the sample exposed with tungsten tubes for 15 minutes presented greater plant length or height compared to the control sample. It is concluded that the seeds exposed to radiation with tungsten tubes for 30 minutes show a better result compared to the control plant. Therefore, it is recommended to carry out long-term studies at the plant control level.

Key words: <IONISING RADIATION>, <PLANT RADIATION>, <AWRED DOSERATE ABSORBED DOSE RATE>, <MAIZE INIAP-101>, <GENOTYPIC VARIABILITY>, <GENOTYPIC INDUCTION>.



Dr. Carmita Eulalia Rojas Castro.

C.I. 0602890469



## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existe una variedad muy grande de plantaciones de Maíz que de por sí es una gramínea de suma importancia para el consumo humano, no solo a nivel nacional sino internacional, su siembra y cosecha se encuentra en un lugar preponderante pudiéndose encontrar una amplia variabilidad genética en color, tamaño y textura de grano que tienen una capacidad de adaptación a diferentes medios ambientes, altura y regiones geográficas. El programa de Maíz de Santa Catalina del INIAP, en el año 1981 considerando la predilección de los agricultores ha producido variedades mejoradas para la adaptación de microclimas de la sierra ecuatoriana y excelentes características agronómicas, entre estas está la variedad INIAP-101 que es un maíz blanco precoz especial para la región central de la serranía ecuatoriana que es donde se llevara a cabo el siguiente trabajo de titulación.

Así mismo se han empleado diferentes medios para el mejoramiento de variedades, una opción es la inducción genotípica por Radiación ionizante, ya sea esta por la emisión de rayos Gamma o Rayos X, donde el principal objetivo es generar cambios específicos a las plantas para una producción específica y precoz a diferentes vegetales, hortalizas, frutas y cereales. A nivel mundial la inducción genotípica es una opción para el mejoramiento de espíes vegetativas también es una alternativa que lograría demostrar cambios mediáticos en las plantas y que son observables a simple vista y estudiados estadísticamente. Actualmente es un método en estudio.

El Maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Su productividad es elevada abarcando numerosas áreas a nivel mundial, el maíz tiene tres aplicaciones posibles: alimento, forraje y materia prima para la industria. Como alimento, se puede utilizar todo el grano, maduro o no, o bien se puede elaborar con técnicas de molienda en seco como por ejemplo sémola, harina y harina fina, que a su vez tienen un gran número de aplicaciones en una amplia variedad de alimentos; se debe notar que el maíz cultivado en la agricultura. En lo que respecta a su aplicación como forraje, en los países desarrollados más del 60 por ciento de la producción se emplea para elaborar piensos compuestos para aves de corral, cerdos y rumiantes.

En el Ecuador la historia del mejoramiento genético del maíz se da a partir de la creación y desarrollo del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones (INIAP). Los proyectos desarrollados por Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México y del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) del año 1971 a 1979, tiene como progenitor la variedad “Cacahuazintle” de México y después de varios años de selección se obtuvo esta variedad.

La radiación X se ha visto implementada en diferentes estudios para la inducción a la variabilidad genotípica de tomate y pimiento con resultados favorables a nivel de desarrollo y producción con niveles bajos de radiación con un rango de 5 - 20 Gy para la semilla corroborando que la radiosensibilidad en plantas varía en base al genotipo y a la dosis de irradiación absorbida. (Efecto del tratamiento de semillas con bajas dosis de rayos X en plantas de pimiento (Álvares, 2013,p.3)

A nivel nacional no existe un registro de empleo de radiación X para el mejoramiento de semillas de Maíz blanco precoz, y con este proyecto se pretende ampliar las aplicaciones de la radiación ionizante aplicada a la agricultura, sus beneficios y una opción en el mejoramiento de la calidad en semillas incrementando el rendimiento y calidad de las cosechas con una política sostenible en la agricultura.

En tiempo de pandemia los laboratorios presenciales fueron suspendidos y se optó por realizar las prácticas utilizando simuladores virtuales. La carrera de Física en el laboratorio de óptica cuenta con el equipo de rayos X PHYWE RX 4.0 mismo que no está siendo aprovechado para estudiar los diferentes escenarios de la interacción radiación materia, este proyecto pretende vincular la investigación con la práctica irradiando semillas de maíz blanco INIAP-101 variedad maíz blanco precoz la misma que ha sido obtenida por el centro de investigación Santa Catalina en la provincia de Pichincha contando con un registro de crecimiento, variabilidad y comportamiento en base a plagas, altura y climatología, pudiendo así compararla experimentalmente en condiciones de la sierra ecuatoriana específicamente en la ciudad de Riobamba parroquia Pungala sector Daldal.

¿La variabilidad genotípica en las semillas de maíz INIAP-101: variedad de maíz blanco precoz, dependerá de la exposición a diferentes dosis de radiación ionizante de una fuente de Rayos X? Este proyecto de investigación utiliza el equipo de Rayos X, con el cual se irradiará semillas de Maíz blanco precoz de variedad INIAP 101, presenta una alternativa de uso de la máquina de rayos X PHYWE del laboratorio de óptica con la finalidad de intensificar el mejoramiento de semillas de maíz siendo más amigables con el medio y también con las condiciones climáticas del cantón de Riobamba y especialmente con las zonas mayor altura.

Durante el tiempo de emergencia sanitaria los docentes y estudiantes de la carrera de Física no han tenido acceso a los laboratorios de la carrera, en esta época de retorno progresivo se presenta esta propuesta de trabajo integrador en el cual se pondrá en funcionamiento el equipo de Rayos X 4.0 PHYWE.

Además, determinar el efecto generado por la radiación ionizante sobre el material vegetal utilizado observando los cambios fenotípicos y fisiológicos que estas podrían presentar y así demostrar los beneficios de la utilización de radiación ionizante en estudios previos.

El resultado de este estudio beneficia a la Facultad de Ciencias y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ser un tema de interés como estudiante de la Carrera de Física y beneficiaria

a los agricultores de la región para lo cual se abordarán los objetivos de manera eficiente y eficaz, por lo tanto los objetivos fueron.

Inducir a la variabilidad genotípica en semillas de maíz INIAP-101: variedad de maíz blanco precoz, mediante la aplicación de diferentes dosis de radiación ionizante de una fuente de rayos X.

- Evaluar las semillas de maíz blanco INIAP-101 variedad: Maíz blanco precoz a través de la literatura.
- Irradiar el grano de Maíz con dos diferentes tubos generadores de Rx, Molibdeno Mo y Wolframio W a diferentes tiempos.
- Calcular la dosis de radiación que tiene cada grupo de semillas.
- Observar los cambios fenotípicos que podría presentar la planta en comparación con la semilla de control.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. El maíz

##### 1.1.1. Origen

El maíz tiene un origen de Mesoamérica, la palabra *maíz* proviene de la palabra *mabiz* de la lengua de los indios Tainos que es un pueblo ya extinguido que habito en Antillas, con una domesticación de más de 12 mil años siendo uno de los cultivos básicos y uno de los más relevantes a nivel nacional e internacional con una ridícula fibrosa, también es una planta monocotiledónea.

Existen especies de origen americano plantas salvajes pertenecientes a la familia Poáceas de la tribu Maydeas a la especie del género *Tripsacum* parientes del Maíz. (Sanchez, 2014, p.4).

En América es una gramínea relevante ya que data que los Mayas y Olmecas cultivaban numerosas variedades de maíz y su consumo era cocido y molido, en particular para los Mayas es particular era considerado el material principal del que fueron construidos los humanos por los dioses. Cristóbal Colón fue el exportador europeo que descubrió América en su primer viaje al Nuevo Mundo en 1492, dos de sus marineros visitaron la isla de cuba y trajeron varias mazorcas de maíz que colon llevo en el viaje de regreso a Europa. En 1516 marineros portugueses llevaron maíz a China y muy pronto la planta llego a África, India, Turquía y el resto de los antiguos continentes. (Hipp, 2004, p, 29).

##### 1.1.2. Clasificación taxonómica

El maíz al ser una gramínea de múltiples trascendencias, colores y sabores se clasificado en diferentes variedades y tipos de maíz (*Zea mays*) en la Tabla 1-1 se describe la clasificación taxonómica del Maíz

**Tabla 1-1:** Clasificación taxonómica del Maíz (*Zea mays*).

Clasificación Taxonómica	
Reino	Plantae
Subdivisión	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Subtribu	Tripsacinae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i>
Nombre Científico	<i>Zea mays</i>

**Fuente:** Sánchez, 2014.

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

### ***1.1.3. Descripción agromorfológica***

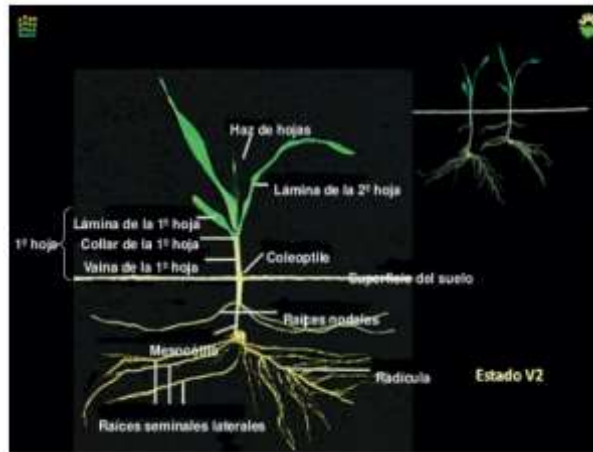
Es un tipo de grano grande y harinoso, su color en grano tierno y seco es de color blanco también su tusa será blanca (INIAP,2003, p.3).

#### ***1.1.3.1. Raíz***

Las raíces de maíz son fasciculadas, bajan desde los nudos inferiores y su principal misión es aportar el anclaje perfecto a la planta, en algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

Así también se relaciona la raíz funcional y la producción, ya que el peso de la raíz y el número de raíces influye en la cantidad y calidad productiva; así como la pérdida de contenido de raíz funcional será afectada por factores abióticos y bióticos generando cambios en la productividad. (Serrano, 2003,p.6).

En la Figura 1-1 se determina en tipo de raíces funcionales de maíz y posición subterránea.



**Figura 1-1.** Desarrollo de raíces

**Fuente:** Asociación ANDES,2019.

### *1.1.3.2. Tallo*

El tallo de la planta de maíz está formado por internodios largos parecidos a tubos que transportan aguas y alimentos, entre los internodios existen anillos leñosos llamados nudos. (Hipp, 2004,p.3) Tiene una forma de caña y conciso en su interior, dependiendo de la variedad y condiciones climática logra hasta una longitud de 4 metros de altura, es robusto y no posee ramificaciones.

### *1.1.3.3. Hojas*

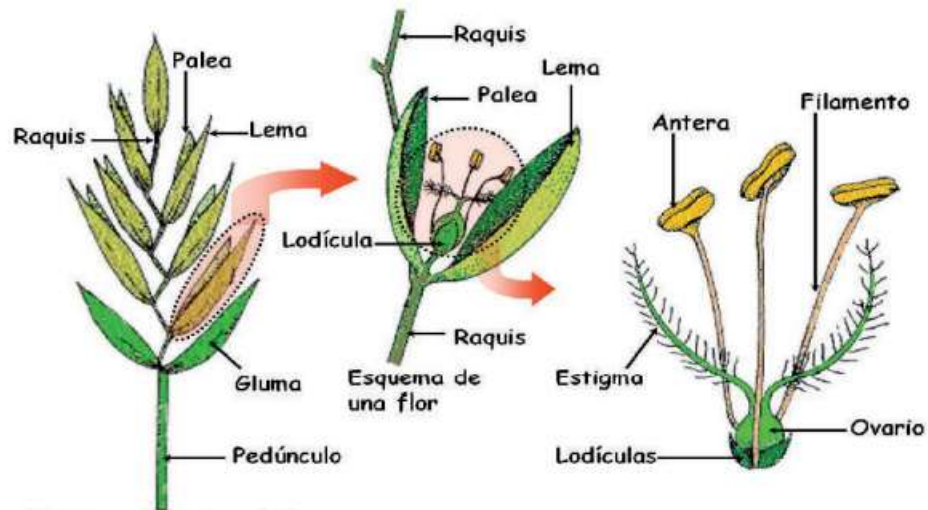
Son largas, lanceoladas, alternas y paralelinervias de gran tamaño, Brotan de los nudos altos, la mitad inferior de las hojas se envuelven alrededor del tallo formando una vaina o cubierta apretada extendiéndose y alejándose del tallo a fin de recibir luz solar y permitiendo que en el interior crezca una o más mazorcas.

El área foliar en base al tamaño y duración del aparato fotosintético están relacionados con el rendimiento, las estrategias que incrementen tendrán como consecuencia un rendimiento elevado. En la mayoría de los cultivos el Nitrógeno ocasiona incrementos en el área foliar y en el índice de área foliar, lo cual puede ser producto de un mayor número y tamaño de hojas (Escalante., 1999, p.149-157)

### *1.1.3.4. Flor*

El maíz es una planta hermafrodita que produce lores masculinas y femeninas en la misma planta, pero separadas asegurando así su polinización cruzada. En el tope de la planta hay un grupo de

flores macho llamados espiguilla o panoja está es la flor masculina que produce polen, mientras la mazorca o flor femenina produce los óvulos que se convertirán en semillas. (Asociación ANDES, 2019,p.14). En la figura 2-1 se logra observar el esquema de fecundación masculina y femenina en la planta hermafrodita de maíz.

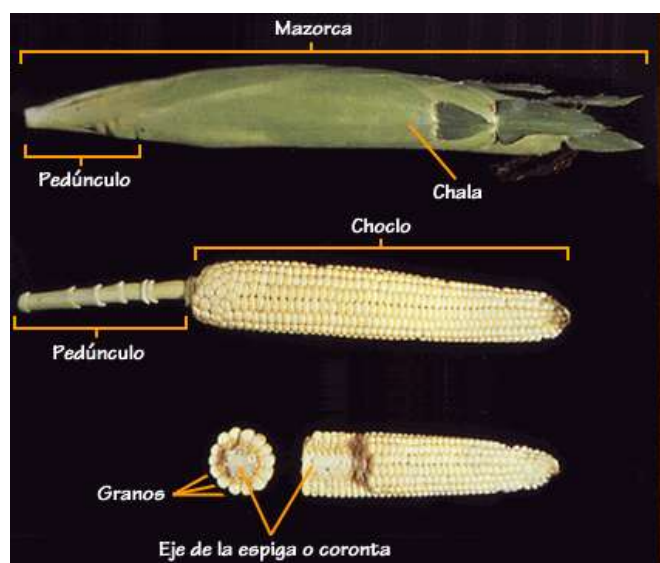


**Figura 2-1.** Esquema de fecundación femenina y masculina de Maíz.

Fuente: Asociación ANDES,2019.

### 1.1.3.5. Fruto

La mazorca se sostiene de vástagos cortos y gruesos llamados pedúnculos, y están envueltas en vainas especiales de hojas que formar la llamada chala. Ver Figura 3-1



**Figura 3-1.** Estructura del Fruto de maíz.

Fuente: Universidad Católica de Chile, 2019.

#### **1.1.4. Etapas de desarrollo en la planta de maíz**

##### **1.1.4.1. Etapas de la fase vegetativa**

Las etapas vegetativas de maíz son consideradas a las etapas donde la planta se desarrolla desde la germinación hasta antes de la liberación del polen para la fecundación de la planta de maíz. En la siguiente tabla 2-1 logramos describir y determinar cada etapa.

**Tabla 2-1:** Etapas vegetativas de maíz

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
VE	Germinación: Imbibición, hasta la emergencia de la radícula. Emergencia: Esta etapa es cuando el cleotipo u hojas brota de la superficie del suelo.
V3	Posee tres hojas verdaderas en este punto de crecimiento está aún por debajo de la superficie, el tallo no se ha alargado mucho, la raíz está creciendo en esta fase de crecimiento hasta el estado V5 se forman los brotes de hojas y espiga.
V6	Seis hojas verdaderas el tallo comienza alargándose las raíces nodales crece a partir de los 3 o 4 nudos más abajo del tallo.
V9	Nueve hojas verdaderas muestran varios brotes de mazorcas potenciales, la espiga comienza desarrollarse rápidamente.
V10	Diez hojas verdaderas la planta comienza un rápido incremento en la acumulación de materia seca que continuará hasta la etapa reproductiva avanzada.
V12	Doce hojas verdaderas en esta etapa se establece el número y el tamaño de espigas, también define el número de óvulos o granos potenciales perdiendo dos hojas basales.
VT	Panojamiento: Esta etapa inicia 2-3 días antes de la emergencia de barbas durante el cual la planta alcanzara su altura máxima y comienza la liberación del polen.

**Fuente:** ,Asociacion ANDES 2019.

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

##### **1.1.4.2. Etapas de la fase reproductiva**

La fase reproductiva del maíz se la conoce desde la emergencia de barbas hasta la madures fisiológica, en donde el cultivo está listo para ser cosechado y consumido. Ver tabla 3-1.



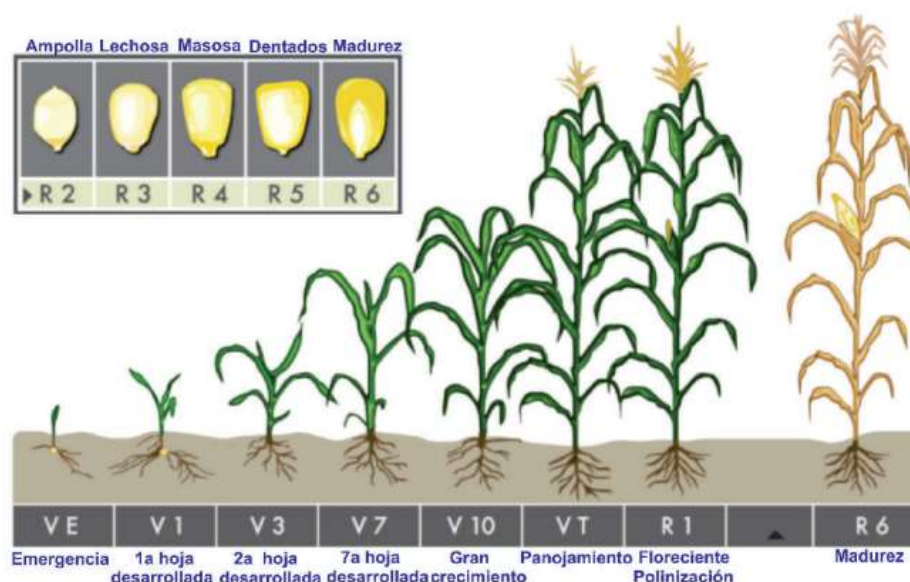
**Tabla 3-1:** Etapas reproductivas de maíz.

Etapas	Descripción
R1	Emergencia de barbas: esta etapa se la denomina cuando las barbas son visibles fuera de la vainas o chalas, la polinización ocurre cuando los granos de polen se depositan sobre las barbas un grano de polen requiere de 24h para crecer dentro de la barba hasta el ovulo donde ocurre la fertilización, de 2-3 días es necesario para la polinización.
R2	Granos de ampolla: en esta etapa continua el desarrollo del embrión, la radícula, cleotipo y la primera hoja embrionaria ya se formaron; la mazorca esta por culminar su proceso. Las barbas comienzan a secarse después de cumplir su floración, los granos poseen un 85% de humedad.
R3	Grano lechoso: El grano es de color amarillo y posee un fluido interno blanco lechoso debido a la acumulación de almidón, el grano en esta etapa crece rápidamente y posee un 80% de humedad y este porcentaje reducirá gradualmente hasta la cosecha.
R4	Grano masosa: La acumulación de almidón provoca que el fluido interno se transforme en una consistencia pastosa.
R5	Grano dentado: el grano comienza a secarse por la parte superior tornándose en un tono blanco, disminuyendo el peso del grano más no el número de granos, en esta época se recomienda el ensilaje.
R6	Madurez fisiológica: se define este estado cuando la espiga alcanza su máximo peso seco, y se forma una abscisión en la zona de inserción del grano a la mazorca este es un excelente indicador de la acumulación de materia seca y señala la finalización del crecimiento del grano.

Fuente: Asociación ANDES,2019.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

La figura 4-1 muestra las etapas vegetativas y reproductivas del maíz de manera ilustrada para mejor interpretación de las tablas anteriores.

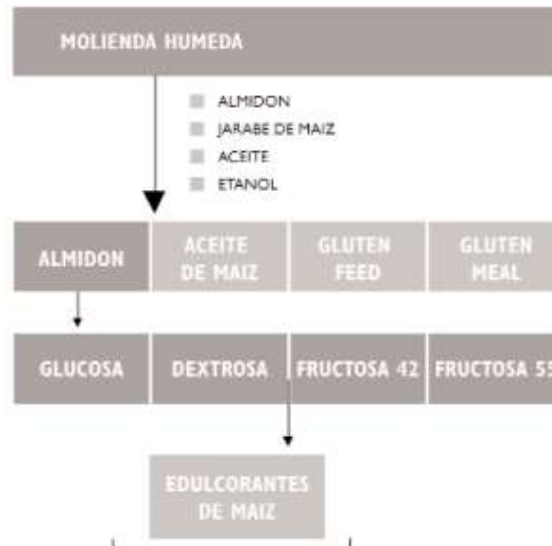


**Figura 4-1.** Etapas de vegetativas y reproductivas del maíz.

Fuente: Asociación ANDES,2019.

### 1.1.5. *Propiedades alimentarias del maíz*

El maíz es una gramínea de gran uso alimentario por cada 100 kg de maíz en base seca se obtienen 67 kg de almidón, 9 kg de germen, 8 kg de gluten meal y 16 kg de gluten feed. Al industrializar el almidón se obtienen 25% de glucosa, 1% dextrosa, 18% fructosa al 42- 46 y fructosa 55.



**Figura 5-1.** Propiedades alimentarias del Maíz

Fuente: Recopilación de ILSI Argentina

### 1.1.6. *Variedad INIAP 101 precoz*

La variedad mejorada de maíz INIAP-101 es adaptada para altitudes entre 2400-2800 msnm, y en especial para las zonas maiceras del Callejón Interandino. Fue desarrollada por el Programa de Maíz de la E.E. Santa Catalina, en el periodo 1971 a 1979 ver figura 6-1. Tiene como progenitor la variedad Cacahuazintle de México (INIAP, 2003, p4).



**Figura 6-1.** Maíz blanco precoz INIAP -101

Fuente: INIAP, 2003.

### 1.1.6.1. Características agronómicas

Floración femenina 92 días, altura de planta 1,95 m, altura de inserción de la mazorca 0,94 m, número de hileras 12 a 14, porcentaje de grano 79 por ciento, porcentaje de tusa 21, tipo de grano: grande, blanco, harinoso, peso de 100 semillas 74 gramos, periodo vegetativo 205 días (desde la siembra hasta la cosecha), cosecha en choclo 120 a 130 días, la variedad es tolerante a roya (*Puccinia spp.*) y medianamente tolerante a pudrición de la mazorca, producida por el hongo *Fusarium graminearum*, el grano contiene entre 7,6 y 8 por ciento de proteína. El rendimiento de la variedad INIAP 101, a nivel experimental, para algunas zonas maiceras de la Sierra tiene un rango de 2485 kg/ha a 4582 kg/ha. Se recomienda sembrar entre el 15 de septiembre y el 15 de noviembre, la distancia de siembra es de 80 cm entre surcos, por 25 cm entre plantas y una semilla por sitio, o 50 cm entre plantas y dos semillas por sitio; equivale, en ambos casos, a una densidad de 50000 plantas por hectárea. Para la siembra se requiere de 30 kg (66 libras de semilla/ha). Aplicar de 3 a 5 sacos de 50 kg de fertilizante 10-30-10 por ha al momento de la siembra y 2 sacos de 50 kg de urea por ha en cobertera a los 45 días, después de la siembra. Para evitar el ataque del gusano negro trozador (*Agrotis spp.*) aplicar a la base del tallo una mezcla de 450 litros de agua con cualquiera de las siguientes cantidades de insecticida por hectárea: 2,8 litros de Thiodan 35 por ciento EC y 1,2 litros de Orthene 50 por ciento PS. (Vera, et al., 1981, p.6). Ver tabla 4-1 de caracterización de Maíz variedad INIAP-101 Blanco precoz.

**Tabla 4-1:** Caracterización e maíz variedad INIAP 101 Blanco precoz

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Floración femenina (días)	92
Altura de la planta (cm)	195
Altura de mazorca (cm)	94
Porcentaje de grano (%)	79
Porcentaje de tusa (%)	21
Número de hileras	13
Peso de 100 semillas (g)	74
Cosecha en choclos (días)	125
Cosecha en seco (días)	205
Rendimiento en choclo (sacos/ha)	215
Rendimiento en grano seco (t/ha)	4,0

**Fuente:** Programa de maíz y Dpto. de producción de semillas de la EESC.

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

## 1.2. Mutagénesis utilizando radiación ionizante

### 1.2.1. Magnitudes y unidades básicas

#### 1.2.1.1. Dosis Absorbida

La dosis absorbida está definida por la cantidad de energía impartida sobre unidad de masa de material, su unidad de medida es el Gray [Gy] del sistema internacional que es equivalente a 1J/kg. Tradicionalmente se utilizaba rads [rad] y 1Gy =100 rad (ATTIX, 2004, p.27).

$$D = \frac{d\epsilon}{dm} = \frac{\epsilon[J]}{m[Kg]} = [Gy] \quad (1)$$

#### 1.2.1.2. Dosis Equivalente

Se describe como el efecto de cierto valor de dosis absorbida por un tejido, según el tipo de radiación incidente sobre el tejido. Para obtener la dosis efectiva se multiplica por un factor de ponderación  $w_R$  según el tipo de radiación, sumado por todas las radiaciones y sus unidades es el sievert [Sv] (Domínguez, 2012, p.12).

#### 1.2.1.3. Tasa de dosis absorbida

Es la tasa que recibe cierta dosis absorbida, la siguiente medida es de intensidad de dosis de radiación y está definida como la dosis absorbida sobre el tiempo de exposición, y su unidad de medida es [Gy/s] y depende directamente del tiempo de exposición (ATTIX, 2004, p.27).

$$\dot{D} = \frac{D}{t} = \left[ \frac{J}{Kg.sec} \right] \quad (2)$$

#### 1.2.1.4. Dosis efectiva

Es una suma ponderada de la dosis equivalente en distintos órganos del cuerpo humano y se expresa en sieverts [Sv]. Y se la calcula multiplicando la dosis equivalente en el órgano por el factor de ponderación de cada órgano o tejido. (ATTIX, 2004, p.28).

### *1.2.1.5. Intensidad de la radiación*

La radiación electromagnética está formada por fotones los cuales poseen energía suficiente para ionizar la materia, dependiendo de su origen se catalogan en Rayos Gamma y X, ahora si trazamos un cuadrado de área unitaria en ángulo recto con la trayectoria de un haz uniforme de radiación electromagnética, entonces su total será el total de la energía de todos los fotones por segundo, que pasan por el cuadrado y se define como la intensidad del haz, de modo que: La intensidad de un haz de radiación electromagnética es un punto es la energía total por segundo que pasa por ese punto al normalizar la unidad de área (ATTIX, 2004,p,28).

### *1.2.2. Mecanismos de acción de los agentes mutágeno físicos*

Las mutaciones genéticas se convirtieron en una herramienta de mejoramiento genético considerando la teoría de tipos y dosis de mutágeno, los primeros intentos por modificar plantas *in vivo*, se realizaron con rayos X y ultravioleta, reportados por Alberto Pirovano en Italia en 1922, hasta la actualidad se conocen otros agentes físicos que inducen mutaciones entre los cuales se menciona los rayos gamma, neutrones, protones, partículas alfa y partículas beta. A grandes rasgos el efecto proporcionado es proporcional a la energía absorbida por el tejido en particular, el poder de penetración varia con cada uno desde fracciones de milímetros hasta algunos centímetros. Las mutaciones inducidas por rayos ultravioleta son terminales y las inducidas por rayos X son intersticiales y asociadas con el rompimiento de cromosomas (Gutiérrez,et al, 2002, p,7).

## **1.3. Radiación en la agricultura**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) han ampliado sus conocimientos y fortalecido su capacidad en este ámbito durante más de 50 años.

Ahora la FAO analiza cuatro aplicaciones de la tecnología nuclear a la mejora de la producción agrícola analizando casos de éxito.

- Mejoramiento del equilibrio del suelo y del agua
- Manejo de plagas
- Adaptación al cambio climático
- Prevención estacional del hambre

Empleando diferentes fuentes de radiación se ha logrado obtener nuevas variedades de arroz y plátano más resistentes a las condiciones ambientales, también se han desarrollado tecnologías para el tratamiento de alimentos (Papa, ajo, cebolla, cacao, aletas de tiburón, ancas de rana, especias y más.) (Días, 2006, p.12).

### ***1.3.1. Radio sensibilidad y rango de dosis estimulante de rayos x***

La radio sensibilidad y dosis estimulante tratadas con rayos X (0-800 Gy) se logra determinar que la dosis comprendida entre 5-75 Gy tuvieron un efecto radio estimulante para a la altura de plantas y entre 5-25 Gy para longitud de raíz y práctica productiva. Esta fuente de Rayos X es para terapia superficial, con un régimen superficial de 55 kV y 30 mA, un filtro de aluminio de 0.75mm y una potencia de dosis de 11.47 Gy/min (Ramirez, 2006, p.15).

### ***1.3.2. Variabilidad Inducida en maíz***

Los trabajos realizados con Maíz INIAP-101 evalúan los efectos de la viabilidad *in vitro* de las microsporas de maíz la variedad de libre polinización INIAP-101 y el híbrido INIAP-601 en: i) la duración del penetramiento en frío, ii) el medio de inducción, y; iii) la exposición a diferentes dosis de radiación gamma con cobalto-60. Este trabajo determino la viabilidad de microesporas durante un periodo de evaluación de siete días en diferente dosis de radiación gamma con cobalto-60 y estableciendo como la radiación optima 15 Gy en estos cultivares. (Almeida, et al, 2020, p.19).

## **1.4. Wolframio**

### ***1.4.1. Descripción de la fuente***

Fue identificado por los químicos suecos Carl Wilhelm Scheele y Torben Olof Bergman en 1781, y le dieron el nombre de *tungsten* que en sueco significa piedra pesada. Es de color gris acero de gran dureza, densidad y estabilidad. El molibdeno tiene una química que se asemeja a la del cromo y molibdeno, su principal uso es la fabricación de filamentos para lámparas eléctricas, tubos de vacío y de rayos X y en la técnica de evaporación de metales otro de su principal uso es en la industria militar, aeroespacial y catálisis. Así también está siendo analizado como el material más apropiado para los futuros reactores de fisión. (Román, 2019, p.4). Ver figura 7-1 para identificar la pureza de wolframio.



**Figura 7-1.** Varillas de wolframio con cristales evaporados parcialmente oxidada y un cubo con pureza de 99,999 %

Fuente: RSEQ, 2019

## 1.5. Molibdeno

### 1.5.1. Descripción de la fuente

El Molibdeno es un elemento químico que pertenece a los metales de transición con número atómico 42, su color es blanco-plateado y sus principales características resistente durable y tiene una capacidad para soportar elevadas temperaturas y corrosión violenta. Este elemento no se encuentra de forma libre en la naturaleza y sus orígenes fueron a los mediados del siglo XVIII cuando Caarl Wilhelm determino la molibdenita que era un compuesto de sulfuro con otro elemento no identificado y era el molibdeno, es un elemento muy utilizado en aleaciones principalmente con acero (Garcia, 2012, p.4).

## 1.6. Detectores gaseosos de ionizaciones

Los detectores de ionización están principalmente estructurados de un gas a presión, en el cual se encuentran colocados 2 electrodos separados a cierta distancia, a los cuales se les aplica una tensión de polarización. n condiciones normales no es un conductor, es decir no circula corriente eléctrica entre ambos electrodos. Pero si el gas es alcanzado por una partícula ionizante se genera por ionización, pares ion-electrón, en el campo eléctrico existente se producirá en movimiento de las cargas liberadas, mismo que se moverán hacia el electrodo de signo contrario: los iones hacia el cátodo (-) y los electrones hacia el ánodo (+). (Alcaraz, 2002, p.8).

La electrónica del detector se encarga de tratar la comulación de estas cargas, midiendo la corriente media generada en el detector formando un pulso con cada golpe de la carga que recoge el electrodo denominado: cámara que opera en modo impulso o bien en la interacción de varias partículas lo que se conoce como: cámaras que operan en modo corriente. Los detectores de ionización gaseosa son denominados de acuerdo con la región en la que operan.

- A. Contador proporcional
- B. Geiger-Müller
- C. Cámaras de ionización.

### ***1.6.1. Contador Geiger-Müller***

Es un detector de ionización gaseosa, el material activo en su interior es un gas, típicamente de un gas noble como el He, Ar o Ne con un 5-10% de gas Quenching (fluorescencia) a baja presión (~0.1atm) con el fin de reducir el voltaje necesario para su operación. De manera general, un detector de ionización gaseosa está construido por un hilo central (ánodo) mismo que se encuentra dentro de un cilindro metálico (cátodo) entre los cuales se aplica una diferencia de potencial. En el interior del detector las moléculas o átomos del gas son ionizados por la radiación incidente provocando pares ion-electrón que son acelerados hacia el ánodo y el cátodo, respectivamente los electrones alcanzan suficiente energía cinética en las proximidades del ánodo (región de avalanchas) como para ionizar nuevas moléculas de gas, solo si el campo eléctrico es lo suficientemente alto desencadenando así una avalancha. (PHYWE, 2020 p.1)



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Tipo de investigación

Proyecto de Investigación.

#### 2.2. Diseño de investigación

##### 2.2.1. Identificación de variables

Análisis 1

Variable Dependiente: Maíz INIAP-101: variedad Blanco precoz

Variable Independiente: Tiempo de Exposición

Análisis 2

Variable Dependiente: PHYWE RX 4.0

Variable Independiente: Tubo de Wolframio y Molibdeno

##### 2.2.2. Planteamiento de la hipótesis

¿La variabilidad genotípica en las semillas de maíz INIAP-101: variedad de maíz blanco precoz, dependerá de la exposición a diferentes dosis de radiación ionizante de una fuente de Rayos X?

##### 2.2.3. Matriz de consistencia

**Tabla 1-2:** Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
Problema general: Falta de un estudio de investigación empleando la máquina de Rayos X PHYWE	Objetivo general: Inducir a la variabilidad genotípica en semillas de maíz INIAP-101: variedad de maíz blanco precoz, mediante la aplicación de diferentes dosis de radiación ionizante de una fuente de rayos X.	Hipótesis general: La variabilidad genotípica en semillas de maíz INIAP-101: variedad de maíz blanco precoz, dependerá de la exposición a diferentes dosis de radiación	VARIABLES Variables independientes: Radiación de rayos X Tubo de Wolframio (W) Tubo de Molibdeno (Mo) Indicadores: -Energía de Rx -Frecuencia -Equipo de Rx

<p>Problemas específicos:</p> <p>-No existe un registro a nivel nacional del uso de la radiación X en semillas de Maíz blanco precoz.</p> <p>-Falta la implementación de radiación X en estudios de campo, especialmente en la agricultura para irradiar semillas.</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>-Evaluar las semillas de maíz blanco INIAP-101 variedad: Maíz blanco precoz a través de la literatura.</p> <p>-Irradiar el grano de Maíz con dos diferentes tubos generadores de Rx, Molibdeno Mo y Wolframio W a diferentes tiempos.</p> <p>-Calcular la dosis de radiación que tiene cada grupo de semillas.</p> <p>-Observar los cambios fenotípicos que podría presentar la planta en comparación con la semilla de control.</p>	<p>ionizante de una fuente de Rayos X</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>Las semillas de maíz INIAP-101: variedad de maíz blanco precoz mostraran cambios en su estructura después de ser irradiada con tubos generadores de Rx, Molibdeno Mo y Wolframio W.</p> <p>-</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>-Maíz Blanco INIAP-101</p> <p>-PHYWE RX 4.0</p> <p>Indicadores:</p> <p>- La masa de semillas</p> <p>-Longitud de Raíz</p>
--	---	---	---

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

#### 2.2.4. Operacionalización de variables

**Tabla 2-2:** Operacionalización de variables, en el año 2022

VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	INSTRUMENTO
<p>Variables independientes:</p> <p>-Radiación de rayos X</p> <p>-Tubo de Wolframio (W) y Molibdeno (Mo)</p> <p>Variables dependientes:</p> <p>-Maíz Blanco INIAP-101</p> <p>-PHYWE RX 4.0</p>	<p>-Son electrones con alta energía chocando con la materia, generando cambios en la misma.</p> <p>-Son tubos generadores de rayos X elaborados con materiales específicos en este caso el wolframio y molibdeno.</p> <p>-Es una semilla registrada, con características adecuadas para la serranía ecuatoriana.</p> <p>-Equipo didáctico de generación de RX</p>	<p>-La energía de Rx</p> <p>-Frecuencia</p> <p>-Equipo de Rx</p> <p>- La masa de semillas</p>	<p>-PHYWE RX 4.0</p> <p>-Balanza analítica</p>

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

### 2.2.5. Localización del estudio

Esta investigación se desarrolló inicialmente en el laboratorio de óptica de la facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo localizado en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, donde las semillas de maíz fueron expuestas a radiación X mediante el equipo RX PHYWE 4.0 en tiempos establecidos para después poder germinarlas, y sembrarlas en la parroquia de Pungala sector Daldal en la provincia de Chimborazo, Ecuador con las siguientes coordenadas 1°47'39.9" S 78°34'43.8" W, por la facilidad de control y manejo de tierra y del sembrío de esta manera se podrán identificar los cambios fenotípicos presentes en su fase germinativa, crecimiento y culminando con su fase vegetativa.

#### 2.2.5.1. Características del área

Daldal está a la altura de 2800 m.s.n.m. de clima frío con temperatura promedio de 12.5°C, posee agua de regadío, el suelo es negro húmico de pH ligeramente ácido (6.12), el porcentaje de materia orgánica es de 6.12, fósforo 31.15, nitrógeno 23.59 es baja y la presencia de potasio es 395 es decir elevada cruzando por el sector de la carretera Chambo-Pungalá. (Coronel, 1997, p.30, 41), ver anexo 1.

### 2.2.6. Población de estudio

La población del presente estudio son las semillas de Maíz variedad INIAP-101 blanco precoz.

### 2.2.7. Tamaño de la muestra

En el presente trabajo de investigación se tomó una muestra total de cincuenta (50) semillas de maíces Blancos variedad maíz blanco precoz como se muestra en la Tabla 3-2, de las cuales se las clasifiqué de la siguiente manera:

**Tabla 3-2:** Esquema de muestras

Muestra	Tamaño Maíces	Tubo	Tiempo exposición (min)	Masa inicial (g)	Masa final(g)	Voltaje (kV)	Amperaje (mA)	Repetición
0	10	-	-	6,847	-	-	-	-
2	10	Mo	30	6,711	6,456	35	1	5
3	10	Mo	15	6,397	6,143	35	1	5
4	10	W	30	6,181	5,935	35	1	5
5	10	W	15	5,947	5,721	35	1	5

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

### 2.2.8. Método de muestreo

El método de muestreo empleado fue por conveniencia para el correcto seguimiento y análisis de datos ya que es una técnica no probabilística que pretende seleccionar muestras en base a las facilidades de obtención en diferentes puntos.

## 2.3. Características de equipos y materiales

### 2.3.1. RX PHYWE 4.0

Equipo experimental que produce rayos X de baja potencia con un máximo de voltaje de 35Kv y 1mA de corriente, también esta implementado con 4 diferentes tubos generadores de rayos X de varios materiales como: Hierro (Fe), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu), Wolframio (W) Ver figura 1-2.



**Figura 1-2.** Equipo RX Phywe 4.0

**Fuente:** PHYWE.

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

### 2.3.2. Tubo de Molibdeno

Es un tubo generador de Rayos X elaborado con molibdeno incluido en el equipo PHYWE 4.0. RX ver figura 2-2.



**Figura 2-22.** Tubo de molibdeno.

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

### **2.3.3. Tubo de Wolframio**

Es un tubo generador de Rayos X elaborado con wolframio incluido en el equipo PHYWE 4.0  
Ver figura 3-2.



**Figura 3-2.** Tubo de wolframio.

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

## **2.4. Procedimiento y manejo de las semillas**

En la siguiente investigación se emplearon semillas de maíz variedad INIAP-101 blanco precoz, las mismas que fueron obtenidas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), estación experimental Santa Catalina, Ubicada en la panamericana sur Km 1, cantón Mejía, Pichincha.

Para la muestra de control se utilizó semillas del lote adquirido, pesadas y separadas en grupos de 10 semillas para cada muestra.

#### **2.4.1. Irradiación de las semillas**

Para la irradiación de las semillas se utilizó el equipo PHYWE 4.0 de Rx con una Corriente 35mA y un voltaje de 35V así también se utilizó un voltaje del tubo contador de 600v para mayor sensibilidad del instrumento.

A las semillas la separe en 5 diferentes grupos, la muestra 1 o muestra de control, muestra 2 y muestra 3 fueron irradiadas con el tubo de Mo a tiempos de 15 y 30 minutos respectivamente. Muestra 4 y 5 fueron irradiadas con el tubo de W a tiempos de 15 y 30 minutos respectivamente. Es cada exposición se tomó medidas de frecuencia que emitía el contador para cuantificar la dosis de explosión y también la taza de exposición para mejor ilustración ver Figura 4-2.



**Figura 4-2.** Semillas siendo irradiadas

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

Antes de cada exposición se pesaban las semillas ver figura 5-2 y después se su exposición después de cada exposición las semillas reposaron 24 horas y se repitió la exposición por 5 días consecutivos repitiendo el mismo proceso.



**Figura 5-2.** Pesaje de semillas

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

#### **2.4.2. Transporte de las semillas**

El transporte de semillas se realizó en vasos de 1000cc en una canasta plástica desde el laboratorio a al domicilio para la germinación de las mismas, después de la germinación, medición de radículas se las transporto al Daldal para proceder a ser plantadas.

#### **2.4.3. Germinación**

Para la geminación de semillas se empleó algodón sintético, semillas de maíz, agua destilada, y recipientes para su colocación en donde se colocó una base de algodón húmedo semillas y una cubierta de algodón húmedo para su hidratación y que la semilla pueda germinar.

##### **2.4.3.1. Procedimiento**

Para la geminación de las semillas se ubicó una lámina de algodón en la base del recipiente, se ubicó las semillas y se las cubrió con otra lámina de algodón humectándolas con agua destilada. Ver figura 6-2.



**Figura 6-2.** Germinación de semillas.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

#### **2.4.4. *Sembrado***

##### *2.4.4.1. Preparación del suelo*

Para la preparación del suelo en primera instancia se aró el terreno el día 1 de diciembre de 2021 y 10 días después se pasó la rastra en el terreno para que se homogenice el abono natural con la tierra el 10 de diciembre de 2021 y estaba listo para el sembrío.

##### *2.4.4.2. Proceso de sembrado*

Para el sembrío se realizó el día 10 de diciembre de 2021 realizando surcos con una separación de 80cm entre cada uno y en cada uno de ellos se sembró una semilla con una distancia de 20cm entre semilla y semilla, la semilla fue sembrada a 2 cm de profundidad, etiquetando cada surco y delimitando cada brote, cubiertos con tierra e irrigados con 6cc de agua. Ver figura 7-2.





**Figura 7-2.** Sembrío de semillas germinadas.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

#### 2.4.4.3. Crecimiento

En la tabla 4-2 se describe el crecimiento de las plantas de maíz de cada tratamiento con su día y fecha de siembra.

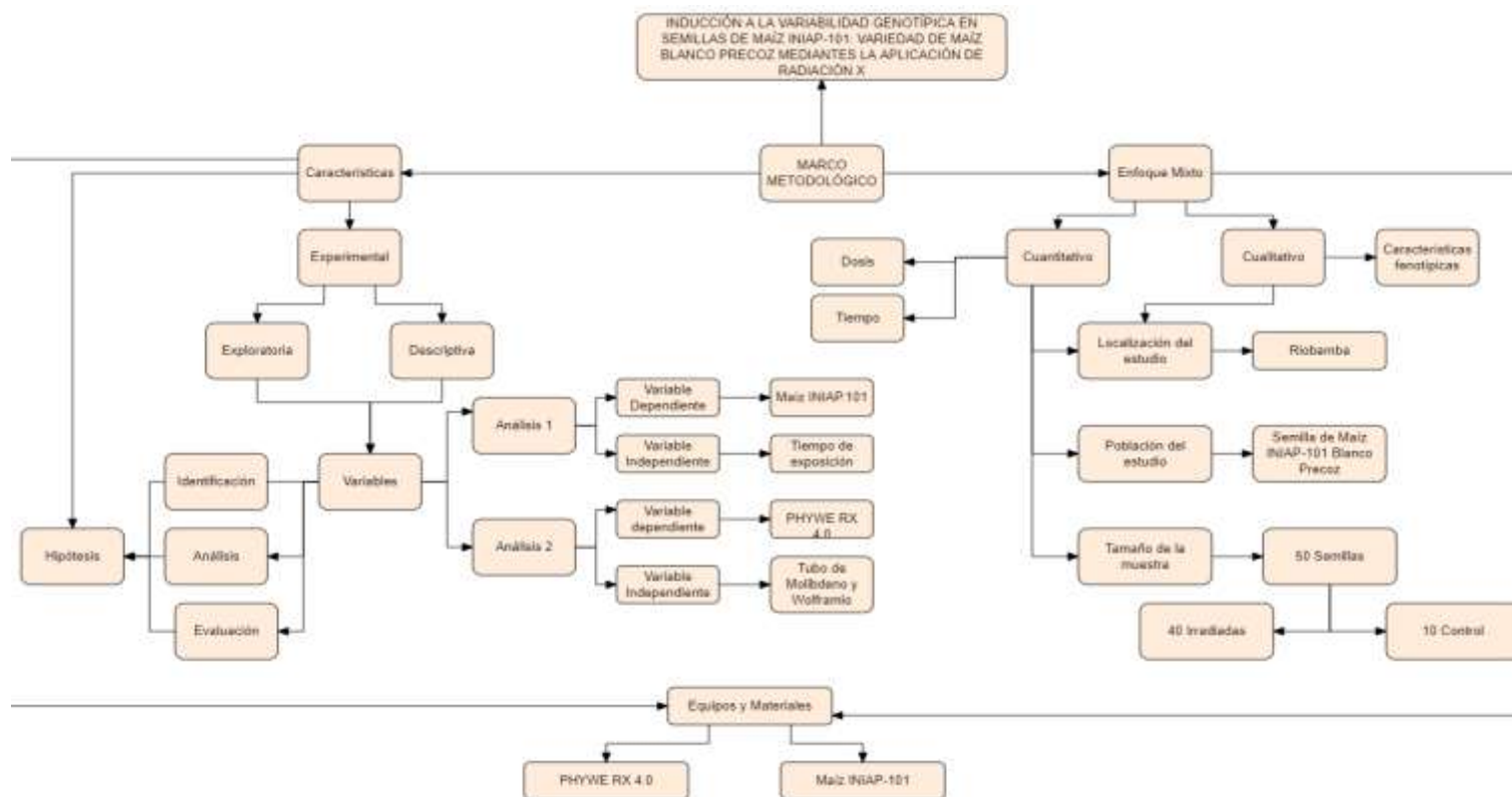
**Tabla 4-2:** Tabla de crecimiento de la planta de maíz.

Fecha	Día	Muestra 0	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
10/Dic	1	Día de siembra	Día de siembra	Día de siembra	Día de siembra	Día de siembra
12/Dic	3	No brotes	Se observa los primeros brotes	Se observa los primeros brotes	Se observa los primeros brotes	Se observa los primeros brotes
14/Dic	5	No brotes	El brote tiene una altura promedio de 2.9 cm	El brote tiene una altura promedio de 3.4 cm	El brote tiene una altura promedio de 3.2 cm	El brote tiene una altura promedio de 1 cm
16/Dic	7	El brote tiene una altura promedio de 1.9 cm	Comienza a desplegarse las primeras hojas verdaderas	El brote tiene una altura promedio de 3.8 cm	El brote tiene una altura promedio de 3.7 cm	El brote tiene una altura promedio de 1.4 cm
18/Dic	9	Comienza a desplegarse las primeras hojas verdaderas	La plántula tiene ya 2 hojas verdaderas	La plántula tiene ya 2 hojas verdaderas	Aún no presenta hojas verdaderas y tiene un tallo de longitud de 3.9 cm	Un no presenta hojas verdaderas y tiene un tallo de longitud de 1.8 cm

20/Dic	11	La plántula tiene ya 2 hojas verdaderas	Se observas el crecimiento acelerado de la plántula	Se observas el crecimiento acelerado de la plántula	La plántula tiene ya 2 hojas verdaderas	La plántula comienza a desplegarse sus hojas verdaderas
22/Dic	13	La hoja bandera comenzó a desplegarse	Se observa el despliegue de una nueva hoja bandera la planta esta etapa V3	La planta esta etapa V3	La hoja bandera comenzó a desplegarse	la planta esta etapa V2
25/Dic	15	Se observa como la planta despliega sus hojas verdaderas y toma altura	Se observa como la planta despliega sus hojas verdaderas y toma altura	Se observa como la planta despliega sus hojas verdaderas y toma altura	Se observa como la planta despliega sus hojas verdaderas y toma altura	Se observa como la planta despliega sus hojas verdaderas y toma altura
30/Dic	20	Desyerbado	Desyerbado	Desyerbado	Desyerbado	Desyerbado
4/Ene	25	Se observa la planta en estado V5	Se observa la planta en estado V5	Se observa la planta en estado V5	Se observa la planta en estado V5	Se observa la planta en estado V4
10/Ene	31	Análisis de datos	Análisis de datos	Análisis de datos	Análisis de datos	Análisis de datos

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

## 2.5. Diagrama de flujo del marco metodológico



**Figura 8-2.** Marco metodológico

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Este capítulo establece las tablas de datos para la determinación de los diferentes niveles de dosis absorbida y tasa de dosis absorbida, describiendo los efectos generados en las propiedades fenotípicas en base a la radiación ionizante presentes en la germinación hasta el desarrollo vegetativo 6 de la planta correspondiente a los 30 días de ser plantado en suelo, aplicando un estudio estadístico con su respectiva interpretación. Culminando con la discusión de los resultados alcanzados.

#### 3.1. Análisis de resultados

##### 3.1.1. Niveles de dosis de radiación ionizante

Para determinar la dosis absorbida por la semilla se considera la variable dependiente de: equipo PHYWE RX 4.0 y una variable independiente del tiempo.

##### 3.1.1.1. Dosis Absorbida

Empleando la ecuación (1) se logra determinar la cantidad de dosis absorbida.

$$D = \frac{d \in}{dm} = \frac{\in [J]}{m[Kg]} = [Gy]$$
$$D = \frac{hxf}{m}$$

**Tabla 1-3:** Datos y resultados del equipo PHYWE 4.0, en el año 2021

Semilla	Repeticiones	f (#/seg)	Masa (Kg)	Dosis Absorbida
Grupo 1	0	0	0.006851	0
Grupo 2( Mo 30')	5	495.684	0.006539	75804.25h
Grupo 3(Mo 15')	5	494.618	0.006225	79456.71h
Grupo 4 (W 30')	5	494.006	0.006013	82156.33 h
Grupo 5 (W 15')	5	490.140	0.005790	84652.85 h

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

### 3.1.1.2. Tasa de dosis absorbida

Con la ayuda de la ecuación (2) determinamos la tasa de dosis absorbida por cada grupo

$$\dot{D} = \frac{D}{t} = \left[ \frac{J}{Kg.sec} \right]$$

**Tabla 2-3:** Tasa de dosis absorbida por el respectivo grupo de semillas

Semilla	Dosis Absorbida [Gy]	Tiempo de exposición [s]	Tasa de Dosis Absorbida
Grupo 1	0	0	0
Grupo 2( Mo 30')	75804.25h	1800	42.113 h
Grupo 3( Mo 15')	79456.71h	900	88.285 h
Grupo 4( W 30')	82156.33 h	1800	45.642 h
Grupo 5( W 15')	84652.85 h	900	94.059 h

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

### 3.1.2. Efectos y cambios fenotípicos

Para la determinación de cambios fenotípicos se emplea un análisis de varianza (ANOVA) apropiado para un diseño experimental con un tratamiento de control comparando el efecto de cada tratamiento entre sí a través del método de Dunnett. En cambio, en la germinación de las semillas se realizó un análisis exploratorio estadístico.

#### 3.1.2.1. Germinación

En la germinación de las plantas se realiza un análisis explorador de control mediante el uso de las medias de los datos.

**Tabla 3-3:** Tabla de Control de germinación muestra de control.

<i>Germen de tallo (cm)</i>		<i>Raíz (cm)</i>		<i># de raíces</i>	
Media	0,4435	Media	0,98611111	Media	2
Error típico	0,16540195	Error típico	0,30561388	Error típico	0,5
Mediana	0,225	Mediana	0,685	Mediana	1
Moda	0	Moda	#N/A	Moda	1
Desviación estándar	0,5230469	Desviación estándar	0,91684165	Desviación estándar	1,5
Varianza de la muestra	0,27357806	Varianza de la muestra	0,84059861	Varianza de la muestra	2,25
Curtosis	-1,06133224	Curtosis	0,74354355	Curtosis	-1,71428571

Coeficiente de asimetría	0,66974315	Coeficiente de asimetría	1,25793211	Coeficiente de asimetría	0,85714286
Rango	1,38	Rango	2,64	Rango	3
Mínimo	0	Mínimo	0,18	Mínimo	1
Máximo	1,38	Máximo	2,82	Máximo	4
Suma	4,435	Suma	8,875	Suma	18
Cuenta	10	Cuenta	9	Cuenta	9

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 4-3:** Tabla de Control de germinación muestra 2.

<i>Germen de tallo (cm)</i>		<i>Raíz (cm)</i>		<i># de raíces</i>	
Media	0,728	Media	3,0116	Media	5
Error típico	0,10770123	Error típico	0,34218108	Error típico	0,63683244
Mediana	0,825	Mediana	3,115	Mediana	4,5
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	5
Desviación estándar	0,3405812	Desviación estándar	1,08207159	Desviación estándar	2,013841
Varianza de la muestra	0,11599556	Varianza de la muestra	1,17087893	Varianza de la muestra	4,05555556
Curtosis	1,9340415	Curtosis	-0,54992209	Curtosis	0,30013672
Coeficiente de asimetría	-0,73983369	Coeficiente de asimetría	0,36992439	Coeficiente de asimetría	0,1530504
Rango	1,29	Rango	3,31	Rango	7
Mínimo	0	Mínimo	1,42	Mínimo	1
Máximo	1,29	Máximo	4,73	Máximo	8
Suma	7,28	Suma	30,116	Suma	45
Cuenta	10	Cuenta	10	Cuenta	10

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 5-3:** Tabla de Control de germinación muestra 3.

<i>Germen de tallo (cm)</i>		<i>Raíz (cm)</i>		<i># de raíces</i>	
Media	0,8695	Media	3,8085	Media	3
Error típico	0,15892075	Error típico	0,2834706	Error típico	0,49888765
Mediana	0,96	Mediana	3,9075	Mediana	4
Moda	0	Moda	#N/A	Moda	4
Desviación estándar	0,50255155	Desviación estándar	0,89641276	Desviación estándar	1,57762128
Varianza de la muestra	0,25255806	Varianza de la muestra	0,80355583	Varianza de la muestra	2,48888889
Curtosis	0,08237273	Curtosis	-0,996354	Curtosis	-1,1587213
Coeficiente de asimetría	-1,08347641	Coeficiente de asimetría	0,22469882	Coeficiente de asimetría	-0,6197169
Rango	1,39	Rango	2,57	Rango	4

Mínimo	0	Mínimo	2,68	Mínimo	1
Máximo	1,39	Máximo	5,25	Máximo	5
Suma	8,695	Suma	38,085	Suma	34
Cuenta	10	Cuenta	10	Cuenta	10

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 6-3:** Tabla de Control de germinación muestra 4.

<i>Germen de tallo (cm)</i>		<i>Raíz (cm)</i>		<i># de raíces</i>	
Media	0,703	Media	3,376	Media	4
Error típico	0,1564328	Error típico	0,33327399	Error típico	0,63595947
Mediana	0,915	Mediana	3,76	Mediana	4
Moda	0	Moda	#N/A	Moda	1
Desviación estándar	0,49468396	Desviación estándar	1,05390491	Desviación estándar	2,01108042
Varianza de la muestra	0,24471222	Varianza de la muestra	1,11071556	Varianza de la muestra	4,04444444
Curtosis	-1,2692802	Curtosis	-1,17082624	Curtosis	-1,51980868
Coefficiente de asimetría	-0,88432211	Coefficiente de asimetría	-0,22742311	Coefficiente de asimetría	-0,3360503
Rango	1,16	Rango	3,16	Rango	5
Mínimo	0	Mínimo	1,84	Mínimo	1
Máximo	1,16	Máximo	5	Máximo	6
Suma	7,03	Suma	33,76	Suma	36
Cuenta	10	Cuenta	10	Cuenta	10

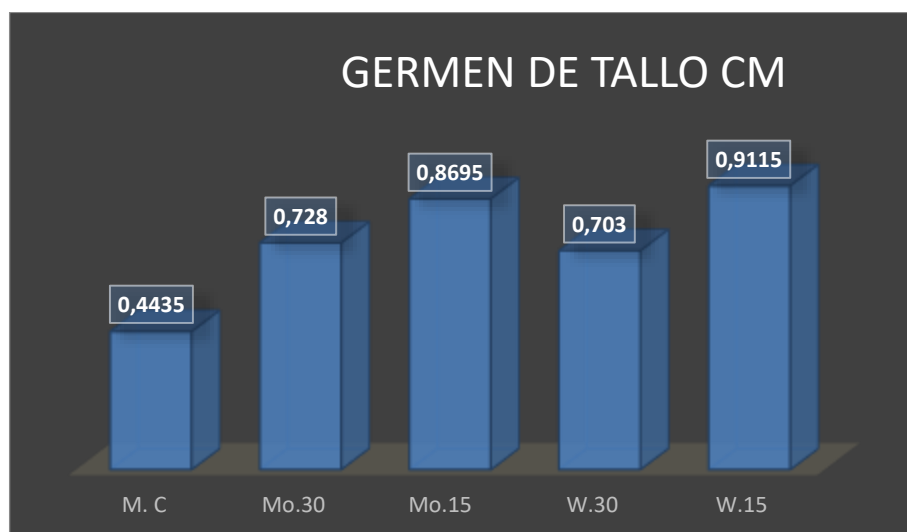
Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 7-3:** Tabla de Control de germinación muestra 5

<i>Germen de tallo (cm)</i>		<i>Raíz (cm)</i>		<i># de raíces</i>	
Media	0,9115	Media	4,2205	Media	4
Error típico	0,14082308	Error típico	0,56917311	Error típico	0,54160256
Mediana	0,97	Mediana	4,985	Mediana	4
Moda	0,6	Moda	#N/A	Moda	5
Desviación estándar	0,44532167	Desviación estándar	1,79988341	Desviación estándar	1,71269768
Varianza de la muestra	0,19831139	Varianza de la muestra	3,23958028	Varianza de la muestra	2,93333333
Curtosis	0,68727768	Curtosis	2,98965676	Curtosis	0,58441558
Coefficiente de asimetría	-0,71330895	Coefficiente de asimetría	-1,44623342	Coefficiente de asimetría	-1,04168467
Rango	1,5	Rango	6,57	Rango	5
Mínimo	0	Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	1,5	Máximo	6,57	Máximo	5
Suma	9,115	Suma	42,205	Suma	36

Cuenta	10	Cuenta	10	Cuenta	10
--------	----	--------	----	--------	----

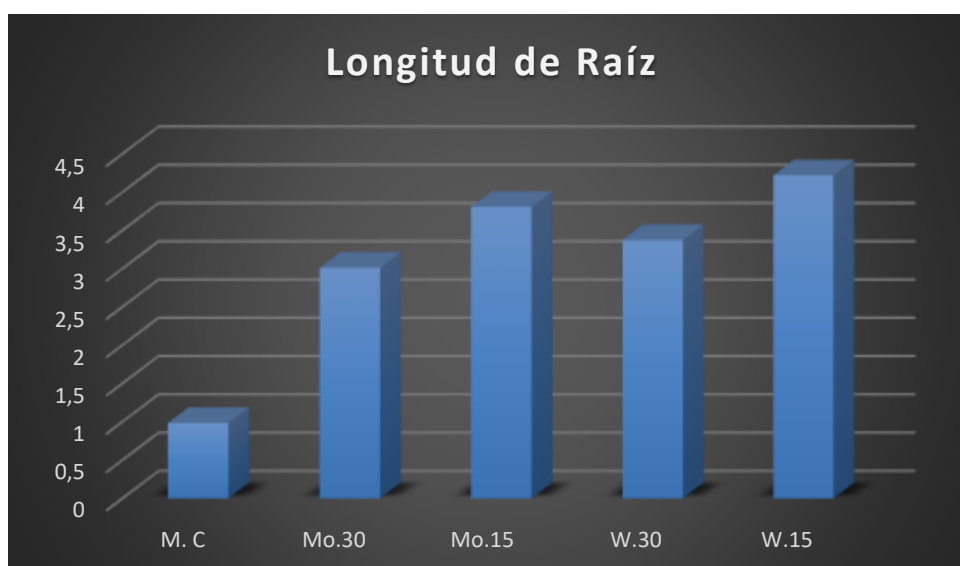
Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.



**Gráfico 1-3.** Diagrama de comparación de medias de germen de tallo.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

A nivel de germen de tallo de las semillas germinadas como se presenta en el diagrama 2-3 se logra determinar que la muestra de Wolframio por 15 minutos de explosión a radiación X presenta un germen de mayor longitud en comparación con los otros tratamientos.

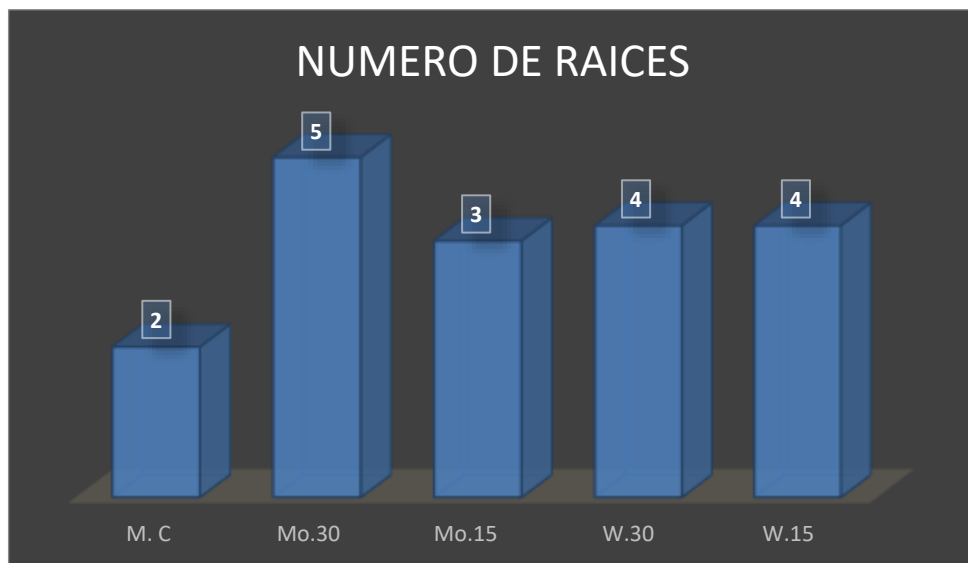


**Gráfico 2-3.** Diagrama de comparación de longitud de raíz principal.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

En el diagrama 3-3 observamos la longitud de raíz determinando que las raíces de la muestra de Wolframio 15 presenta raíces más largas en la germinación de semilla en comparación con los otros tratamientos.





**Gráfico 3-3.** Diagrama de comparación del número de raíces por cada tratamiento de estudio.

**Realizado por:** Zabala, Leandra, 2022.

Al hablar del número de raíces en el diagrama 4-3 observamos que los tratamientos de semillas no se comportan de igual manera, de hecho, el tratamiento de Molibdeno por un tiempo de exposición de 30 minutos presenta mayor cantidad de raíces, pero no lo suficientemente grandes como lo presenta el diagrama anterior.

### 3.1.2.2. Peso de raíz

Basados en la teoría se logra determinar que el peso de la raíz es esencial para la producción de la planta y se puede cuantificaren base a su masa expresada en gramos [g].

### ANOVA

- Modelo estadístico.

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

$\mu$ : Media de ancho de hojas.

$\tau_i$ : Efecto *i*.esimo de variante de tratameinto.

$\epsilon_{ij}$ : Error atribuido al resultado de la prueba.

- Planteamiento De Hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$H_1$ : al menos dos medias son diferentes

- Nivel de significancia

$$\text{Alfa } \alpha = 0,05$$

- Cálculo estadístico

**Tabla 8-3:** Tabla resumen de datos Peso de Raíz.

Tratamientos (Raciones)	Corridas Experimentales					Yi.	$\bar{y}_i$ .
	C1 [g]	C2 [g]	C3 [g]	C4 [g]	C5 [g]		
Control	1,899	1,341	1,672	1,913	1,54	8,365	1,673
Mo30	4,728	2,97575	3,9521	5,031	3,6623	20,34915	4,06983
Mo15	2,83	2,38175	3,61	2,97	4,01	15,80175	3,16035
W30	3,58475	2,42175	3,254	3,697	4,234	17,1915	3,4383
w15	4,55525	3,73675	4,782	5,1234	3,7623	21,9597	4,39194
						Y..	83,6671

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 9-3:** Cálculos ANOVA

k =	5
N =	25
Y.. <sup>2</sup> /N	280,0073449
SCT =	30,27383453
SCTRAT =	22,29916113
SCE =	7,9746734

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla de ANOVA para el DCA**

**Tabla 10-3:** Tabla ANOVA de peso raíz.

FV	SC	GL	CM	f <sub>H</sub>	valor p
Variedades	22,30	4	5,57	13,98	1,3E-05
Error	7,97	20	0,40		
Total	30,27	24			

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 11-3:** Región crítica.

Alfa	$\alpha=0,05$
F <sub>1-<math>\alpha</math>;4,20</sub> =	2,87
RC=(2,87 + $\infty$ )	

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Conclusión: Como  $f_H$  cae en la región crítica, se rechaza  $H_0$  por lo que se acepta  $H_1$  que dice que al menos 2 medias diferentes por lo tanto se concluye que el tratamiento de radiación aplicada en las semillas si tiene efecto en el desarrollo de la Raíz en los 30 días de desarrollo.

### 3.1.2.3. Supuestos de DCA

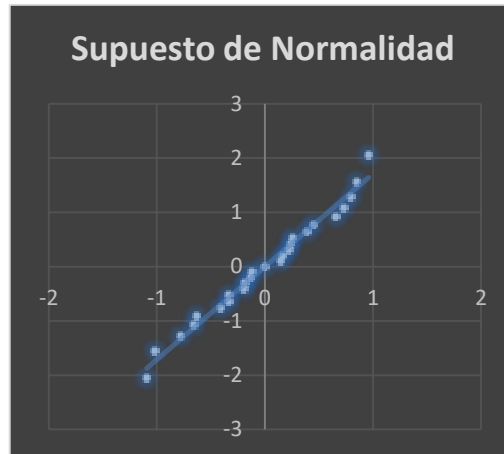
Los supuestos DCA son los criterios que tiene que cumplir un diseño completo al azar cuyos principios o supuestos son; normalidad, varianza e independencia. El diseño debe cumplir con estos supuestos para que el análisis ANOVA tenga valides estadística y científica.

**Tabla 12-3:** Cálculo de residuales.

Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub> <sup>^</sup>	e <sub>ij</sub>	e <sub>ij</sub>	Rango	(i-0,5)/N	Z
1,899	1,673	0,226	-1,1	1	0,02	-2,053748911
1,341	1,673	-0,332	-1	2	0,06	-1,55477
1,672	1,673	-0,001	-0,8	3	0,1	-1,28255157
1,913	1,673	0,24	-0,7	4	0,14	-1,08031934
1,54	1,673	-0,133	-0,6	5	0,18	-0,91536509
4,728	4,06983	0,65817	-0,4	6	0,22	-0,77219321
2,975	4,06983	-1,09408	-0,3	7	0,26	-0,64334541
3,9521	4,06983	-0,11773	-0,3	8	0,3	-0,524400513
5,031	4,06983	0,96117	-0,2	9	0,34	-0,41246313
3,6623	4,06983	-0,40753	-0,2	10	0,38	-0,305480788
2,83	3,16035	-0,33035	-0,1	11	0,42	-0,201893479
2,38175	3,16035	-0,7786	-0,1	12	0,46	-0,100433721
3,61	3,16035	0,44965	0	13	0,5	0
2,97	3,16035	-0,19035	0,15	14	0,54	0,100433721
4,01	3,16035	0,84965	0,16	15	0,58	0,201893479
3,58475	3,4383	0,14645	0,23	16	0,62	0,305480788
2,42175	3,4383	-1,01655	0,24	17	0,66	0,41246313
3,254	3,4383	-0,1843	0,26	18	0,7	0,524400513
3,697	3,4383	0,2587	0,39	19	0,74	0,64334541
4,234	3,4383	0,7957	0,45	20	0,78	0,77219321
4,55525	4,39194	0,16331	0,66	21	0,82	0,91536509
3,73675	4,39194	-0,65519	0,73	22	0,86	1,08031934
4,782	4,39194	0,39006	0,8	23	0,9	1,28255157

5,1234	4,39194	0,73146	0,85	24	0,94	1,55477
3,7623	4,39194	-0,62964	0,96	25	0,98	2,053748911

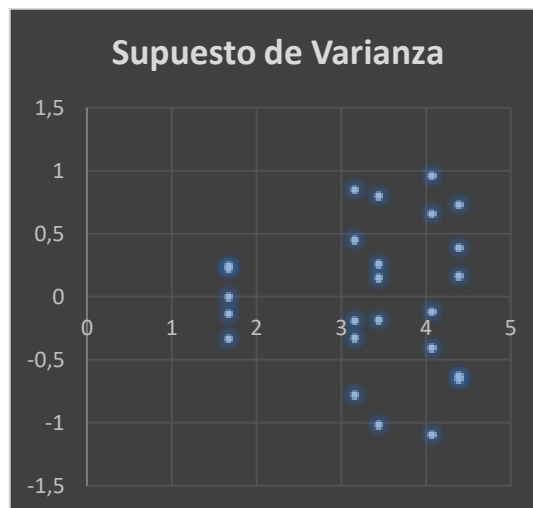
Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.



**Gráfico 4-3.** Dispersión de residuales.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Dada el diagrama 2-3 de dispersión de datos podemos observar que los residuales se acercan a la bisectriz por lo que afirmamos que los datos cumplen con el supuesto de normalidad.



**Gráfico 5-3.** Diagrama de dispersión.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

En la gráfica de dispersión de datos entre los residuales versus sus medias podemos observar que no existe una forma definida por lo que se afirma que cumple con el supuesto de varianza.

- Comparación de medias Método de Dunnet

**Tabla 13-3:** Tabla de medias de peso raíz.

Control	Mo30	Mo15	W30	W15
1,673	4,06983	3,16035	3,4383	4,39194

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 14-3:** Tabla ANOVA Peso Raíz.

FV	SC	GL	CM	Fh	valor p
Variedades	22,29916113	4	5,574790282	13,98123786	1,34575E-05
Error	7,9746734	20	0,39873367		
Total	30,27383453	24			

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_k| > D_\alpha(k-1, l) \sqrt{CM_E \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_k} \right)}$$

**Tabla 15-3:** Cálculos Dunnete

Nivel de Significancia	0,05
D0,05(5-1,20)	2,65
RAIZ(CME/4)	0,282394642
Valor=	0,748345802

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 16-3:** Tabla de significancia Dunnete

				Varianza	Media
Contro-W15	2,71894	0,748345802	Significativo	0,047318	1,673
Contro-Mo30	2,39683	0,748345802	Significativo	0,546797524	4,06983
Control-W30	1,7653	0,748345802	Significativo	0,33513449	3,16035
Control-Mo15	1,48735	0,748345802	Significativo	0,357770435	3,4383

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Dado los tratamientos aplicando la prueba de rangos de Dunnete podemos decir que, si existe diferencias significativas de los tratamientos versus el tratamiento control, particularmente se define que el tratamiento de Wolframio por 30 minutos de exposición y el Molibdeno por 15 minutos tiene un valor promedio elevado en el peso de raíz, dada la comparación en varianza se puede decir que el Wolframio 30 genera mejores cualidades fenotípicas en cuanto a raíz se refiere.

### 3.1.2.4. Hojas

Promedio tamaño de hojas principales se midió en base a las hojas ultimas abiertas sin contar la hoja bandera y a 15 cm de la lígula.

- Modelo estadístico

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

$\mu$ : Media de ancho de hojas.

$\tau_i$ : Efecto *i*.esimo de variante de tratameinto.

$\epsilon_{ij}$ : Error atribuido al resultado de la prueba.

- Planteamiento De Hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$H_1$ : al menos dos medias son diferentes

- Nivel de significancia

$$\text{Alfa } \alpha = 0,05$$

- Cálculo estadístico

**Tabla 17-3:** Tabla resumen de datos ancho de hojas.

Tratamientos (Raciones)	Corridas Experimentales					Yi.	$\bar{y}_i$ .
	C1	C2	C3	C4	C5		
<b>Control</b>	2,42	1,73	2,02	2,8	2,72	11,69	2,338
<b>Mo30</b>	2,86	3,015	3,012	3,117	2,29	14,294	2,8588
<b>Mo15</b>	3,54	3,48	3,61	2,97	4,01	17,61	3,522
<b>W30</b>	4,455	2,63	3,472	3,19	4,12	17,867	3,5734
<b>W15</b>	2,98	3,77	3,92	3,15	3,62	17,44	3,488
						<b>Y..</b>	78,901

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 18-3:** Tabla de cálculos ANOVA.

<b>k =</b>	5
<b>N =</b>	25
<b>Y..<sup>2</sup>/N</b>	249,014712
<b>SCT =</b>	10,48605496
<b>SCTRAT =</b>	5,87927296

<b>SCE =</b>	4,606782
--------------	----------

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

### Tabla de ANOVA para el DCA

**Tabla 19-3:** Tabla ANNOVA ancho de hoja.

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>f<sub>H</sub></b>	<b>valor p</b>
<b>Variedades</b>	5,88	4	1,47	6,38	0,00176947
<b>Error</b>	4,61	20	0,23		
<b>Total</b>	10,49	24			

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 20-3:** Región crítica.

Alfa	$\alpha=0,05$
$F_{1-\alpha;4,20}=\$	2,87
$RC=(5,19, + \infty)$	

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Conclusión: Como  $f_H$  cae en la región crítica, se rechaza  $H_0$  por lo que se acepta  $H_1$  que dice que al menos 2 medidas son diferentes por lo tanto se concluye que el tratamiento de radiación aplicada en las semillas si tiene efecto en el desarrollo en el ancho de hojas en los 30 días de crecimiento.

### Supuesto de DCA

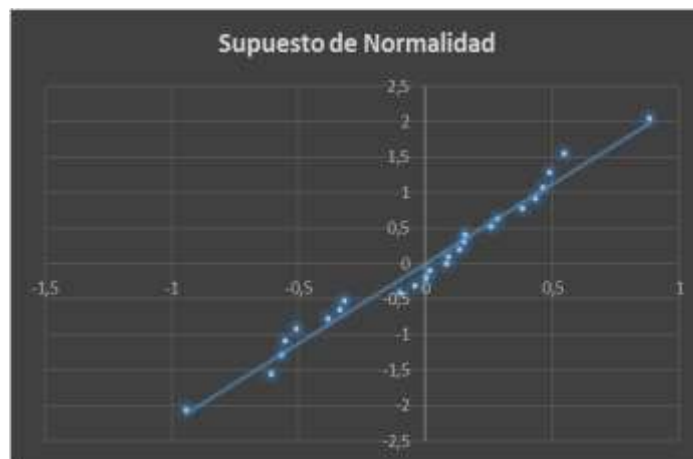
Los supuestos DCA son los criterios que tiene que cumplir un diseño completo al azar cuyos principios o supuestos son; normalidad, varianza e independenciam. El diseño debe cumplir con estos supuestos para que el análisis ANOVA tenga valides estadística y científica.

**Tabla 21-3:** Cálculos valores duales ancho de hojas.

<b>Y<sub>ij</sub></b>	<b>Y<sub>ij</sub><sup>^</sup></b>	<b>E<sub>ij</sub></b>	<b>e<sub>ij</sub>(Ordenado)</b>	<b>Rango</b>	<b>(i-0,5)/N</b>	<b>Z</b>
2,42	2,338	0,082	-0,9434	1	0,02	-2,053748911
1,73	2,338	-0,608	-0,608	2	0,06	-1,554773595
2,02	2,338	-0,318	-0,5688	3	0,1	-1,281551566
2,8	2,338	0,462	-0,552	4	0,14	-1,080319341
2,72	2,338	0,382	-0,508	5	0,18	-0,915365088
2,86	2,8588	0,0012	-0,3834	6	0,22	-0,772193214

3,015	2,8588	0,1562	-0,338	7	0,26	-0,643345405
3,012	2,8588	0,1532	-0,318	8	0,3	-0,524400513
3,117	2,8588	0,2582	-0,1014	9	0,34	-0,412463129
2,29	2,8588	-0,5688	-0,042	10	0,38	-0,305480788
3,54	3,522	0,018	0,0012	11	0,42	-0,201893479
3,48	3,522	-0,042	0,018	12	0,46	-0,100433721
3,61	3,522	0,088	0,082	13	0,5	0
2,97	3,522	-0,552	0,088	14	0,54	0,100433721
4,01	3,522	0,488	0,132	15	0,58	0,201893479
4,455	3,5734	0,8816	0,1532	16	0,62	0,305480788
2,63	3,5734	-0,9434	0,1562	17	0,66	0,412463129
3,472	3,5734	-0,1014	0,2582	18	0,7	0,524400513
3,19	3,5734	-0,3834	0,282	19	0,74	0,643345405
4,12	3,5734	0,5466	0,382	20	0,78	0,772193214
2,98	3,488	-0,508	0,432	21	0,82	0,915365088
3,77	3,488	0,282	0,462	22	0,86	1,080319341
3,92	3,488	0,432	0,488	23	0,9	1,281551566
3,15	3,488	-0,338	0,5466	24	0,94	1,554773595
3,62	3,488	0,132	0,8816	25	0,98	2,053748911

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

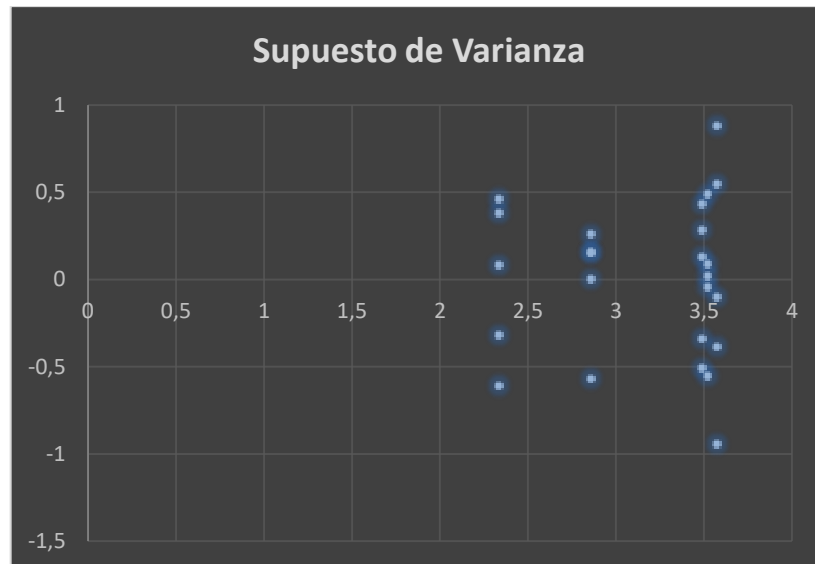


**Gráfico 6-3.** Diagrama de dispersión Ancho de Hoja

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Dado el diagrama 4-3 de dispersión de datos podemos observar que los residuales se acercaron a la bisectriz lo que afirmamos que los datos cumplen con el supuesto de normalidad.





**Gráfico 7-3.** Diagrama de dispersión

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

En la gráfica de dispersión de datos entre los residuales versus sus medias podemos observar que no existe una forma definida por lo que se afirma que cumple con el supuesto de varianza.

- Comparación de medias Método de Dunnet.

**Tabla 22-3:** Tabla de medias de ancho hojas.

Control	Mo30	W15	Mo15	w30
2,338	2,8588	3,488	3,522	3,5734

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 23-3:** Tabla ANOVA ancho de hoja.

FV	SC	GL	CM	Fh	Valor-p
Variedades	5,87927296	4	1,46981824	6,381106117	0,00176947
Error	4,606782	20	0,2303391		
Total	10,48605496	24			

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_k| > D_\alpha(k-1, I) \sqrt{CM_E \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_k} \right)}$$

**Tabla 24-3:** Tabla de región crítica.

<b>Nivel de Significancia</b>	0,05
<b><math>D_{0,05}(5-1,20)</math></b>	2,65
<b>RAIZ(CM<sub>E</sub>/4)</b>	0,214634154
Valor=	0,568780508

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 25-3:** Tabla de significancia Dunnett

				Varianza	Media
<b>Contro-W30</b>	1,2354	0,568780508	Significativo	0,167376	2,338
<b>Contro-Mo15</b>	1,184	0,568780508	Significativo	0,08761416	2,8588
<b>Control-W15</b>	1,15	0,568780508	Significativo	0,110536	3,522
<b>Control-Mo30</b>	0,5208	0,568780508	NoSignicativo	0	0

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Dado los tratamientos aplicados en la prueba de Dunnett podemos decir que no todo el tratamiento tiene diferencias significativas con el tratamiento de control, puntualmente el molibdeno por un tiempo de exposición de 30 minutos no produce cambios significativos, por consiguiente el molibdeno por 15 minutos de exposición presenta cambios significativos en su media y con una varianza mínima, concluyendo que las propiedad fenotípica referente a ancho de hojas mejora significativamente aplicando tratamiento de molibdeno por 15 minutos de exposición con un valor promedio de 2.86cm en el ancho de hojas.

### 3.1.2.5. Longitud de planta

La longitud de la planta se mide desde base de la raíz hasta el entrecruzamiento de la hoja bandera y su última hoja desplegada de maíz independientemente de la etapa vegetativa en la que se encuentre.

- Modelo estadístico

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

$\mu$ : Media de ancho de hojas.

$\tau_i$ : Efecto *i*.esimo de variante de tratameinto.

$\epsilon_{ij}$ : Error atribuido al resultado de la prueba.

- Planteamiento De Hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$H_1$ : al menos dos medias son diferentes

- Nivel de significancia

$$\text{Alfa } \alpha = 0,05$$

- Cálculo estadístico

**Tabla 26-3:** Tabla resumen de datos Longitud de planta

Tratamientos (Raciones)	Corridas Experimentales					Yi.	$\bar{y}_i$ .
	C1	C2	C3	C4	C5		
<b>Control</b>	16,5	10	12,7	14,21	11,98	65,39	13,078
<b>Mo30</b>	16	13	14,75	15,4	16,41	75,56	15,112
<b>Mo15</b>	22	20,1	24	23	26,47	115,57	23,114
<b>W30</b>	18	13	16,21	15	17,05	79,26	15,852
<b>w15</b>	15	20	21,04	18,15	22,17	96,36	19,272
						<b>Y..</b>	432,14

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 27-3:** Cálculos ANOVA

<b>k =</b>	5
<b>N =</b>	25
<b>Y..<sup>2</sup>/N</b>	7469,79918
<b>SCT =</b>	411,946416
<b>SCTRAT =</b>	311,998376
<b>SCE =</b>	99,94804

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022

**Tabla de ANOVA para el DCA**

**Tabla 28-3:** Tabla ANOVA longitud de planta

FV	SC	GL	CM	$f_H$	valor p
<b>Variedades</b>	312,00	4	78,00	15,61	6,06E-06
<b>Error</b>	99,95	20	5,00		
<b>Total</b>	411,95	24			

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022

**Tabla 29-3:** Región crítica.

Alfa	$\alpha=0,05$
$F_{1-\alpha;4,20}=\text{---}$	2,87
RC=(2,87 + $\infty$ )	

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022

Conclusión: Como  $f_H$  cae en la región crítica, se rechaza  $H_0$  por lo que se acepta  $H_1$  que dice que al menos 2 medidas son diferentes por lo tanto se concluye que el tratamiento de radiación aplicada en las semillas si tiene efecto en el desarrollo de la planta en base a su altura a los 30 días de crecimiento.

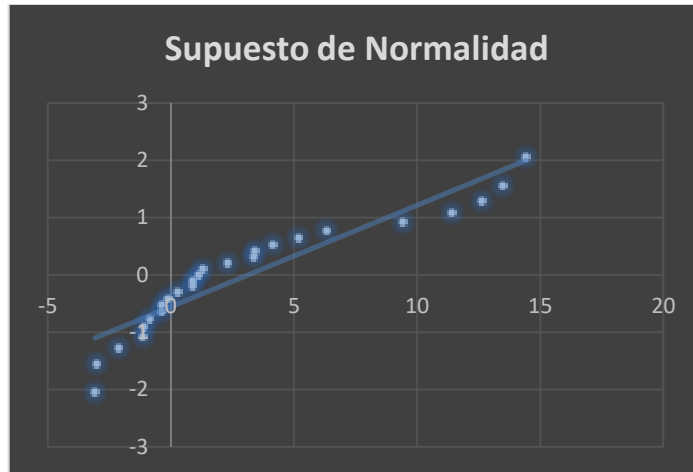
Los supuestos DCA son los criterios que tiene que cumplir un diseño completo al azar cuyos principios o supuestos son; normalidad, varianza e independencia. El diseño debe cumplir con estos supuestos para que el análisis ANOVA tenga valides estadística y científica.

**Tabla 30-3:** Calculo residual

Yij	Yij^	eij	eij(Ordenado)	Rango	(i-0,5)/N	Z
16,5	13,078	3,422	-3,078	1	0,02	-2,053748911
10	13,078	-3,078	-3,014	2	0,06	-1,554773595
12,7	13,078	-0,378	-2,112	3	0,1	-1,281551566
14,21	13,078	1,132	-1,114	4	0,14	-1,080319341
11,98	13,078	-1,098	-1,098	5	0,18	-0,915365088
16	15,112	0,888	-0,852	6	0,22	-0,772193214
13	15,112	-2,112	-0,378	7	0,26	-0,643345405
14,75	15,112	-0,362	-0,362	8	0,3	-0,524400513
15,4	15,112	0,288	-0,114	9	0,34	-0,412463129
16,41	15,112	1,298	0,288	10	0,38	-0,305480788
22	23,114	-1,114	0,886	11	0,42	-0,201893479
20,1	23,114	-3,014	0,888	12	0,46	-0,100433721
24	23,114	0,886	1,132	13	0,5	0
23	23,114	-0,114	1,298	14	0,54	0,100433721
26,47	23,114	3,356	2,298	15	0,58	0,201893479
18	3,5734	14,4266	3,356	16	0,62	0,305480788
13	3,5734	9,4266	3,422	17	0,66	0,412463129
16,21	3,5734	12,6366	4,148	18	0,7	0,524400513
15	3,5734	11,4266	5,188	19	0,74	0,643345405
17,05	3,5734	13,4766	6,318	20	0,78	0,772193214
15	15,852	-0,852	9,4266	21	0,82	0,915365088

20	15,852	4,148	11,4266	22	0,86	1,080319341
21,04	15,852	5,188	12,6366	23	0,9	1,281551566
18,15	15,852	2,298	13,4766	24	0,94	1,554773595
22,17	15,852	6,318	14,4266	25	0,98	2,053748911

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022



**Gráfico 8-3.** Dispersión residual.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022

Dado el diagrama 6-3 de dispersión de datos podemos observar que los residuales se acercan a la bisectriz por lo que afirmamos que los datos cumplen con el supuesto de normalidad.



**Gráfico 9-3.** Diagrama de dispersión.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

En la gráfica de dispersión de datos entre los datos residuales versus sus medias podemos observar que no existe una forma definida por lo que se afirma que cumple con el supuesto de varianza.

- Comparación de medias Método de Dunnett.

**Tabla 31-3:** Tabla de medias de Longitud de planta.

Control	Mo30	Mo15	W30	W15
13,078	15,112	23,114	15,852	19,272

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 32-3:** Tabla ANOVA longitud de planta.

FV	SC	GL	CM	fH	valor p
Variedades	311,998376	4	77,999594	15,60802873	6,0605E-06
Error	99,94804	20	4,997402		
Total	411,946416	24			

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_k| > D_{\alpha}(k-1, l) \sqrt{CM_E \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_k} \right)}$$

**Tabla 33-3:** Cálculos Dunnete.

Nivel de Significancia	0,05
$D_{0,05}(5-1,20)$	2,65
$RAIZ(CM_E/4)$	0,999740166
Valor=	2,649311441

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 34-3:** Tabla de significancia de Dunnete

				Varianza	Media
<b>Contro-Mo15</b>	10,036	2,649311441	Significativo	4,762816	13,078
<b>Contro-W15</b>	2,774	2,649311441	Significativo	1,429576	15,112
<b>Control-W30</b>	10,036	2,649311441	Significativo	4,477184	23,114
<b>Control-Mo15</b>	2,034	2,649311441	No Signicativo	0	0

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Dado los tratamientos aplicados en la prueba de Dunnete podemos decir que no todo el tratamiento tiene diferencias significativas con el tratamiento de control, puntualmente el Molibdeno por un tiempo de exposición de 15 minutos no produce cambios significativos, por consiguiente el Wolframio por 15 minutos de exposición presenta cambios significativos en su

media y con una varianza mínima, concluyendo que las propiedad fenotípica referente a la longitud de la planta mejora significativamente aplicando tratamiento de Wolframio por 15 minutos de exposición con un valor promedio de 15,11 cm longitud de planta, también se puede ocupar el Wolframio por 30 minutos de exposición su media es de 23,11 cm pero tomando en cuenta su elevada varianza.

### 3.1.2.6. Diámetro de pseudotallo

Se determina el diámetro del pseudotallo al diámetro que logra la planta en su tallo aun tierno a 1 cm de la tierra.

- Modelo estadístico

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

$\mu$ : Media de ancho de hojas.

$\tau_i$ : Efecto *i*.esimo de variante de tratameinto.

$\epsilon_{ij}$ : Error atribuido al resultado de la prueba.

- Planteamiento De Hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$H_1$ : al menos dos medias son diferentes

- Nivel de significancia

$$\text{Alfa } \alpha = 0,05$$

- Cálculo estadístico

**Tabla 35-3:** Tabla de resumen de datos en diámetro de pseudotallo.

Tratamientos (Raciones)	Corridas Experimentales					Yi.	$\bar{y}_i$ .
	C1	C2	C3	C4	C5		
Control	0,91	1,09	0,85	0,72	0,97	4,54	0,908
Mo30	0,82	0,9	0,74	0,97	1,13	4,56	0,912
Mo15	1,12	1,23	1,62	1,17	0,98	6,12	1,224
W30	1,2	0,8	1,23	1,45	1,34	6,02	1,204
w15	0,92	0,91	1,34	0,97	1,23	5,37	1,074
						Y..	26,61

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 36-3:** Cálculos ANOVA

<b>k =</b>	5
<b>N =</b>	25
<b>Y..<sup>2</sup>/N</b>	28,323684
<b>SCT =</b>	1,258016
<b>SCTRAT =</b>	0,463696
<b>SCE =</b>	0,79432

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022

- Tabla ANOVA para el DCA

**Tabla 37-3:** Tabla ANOVA de diámetro de pseudotallo.

FV	SC	GL	CM	f <sub>H</sub>	valor p
<b>Variedades</b>	0,46	4	0,12	2,92	0,04719
<b>Error</b>	0,79	20	0,04		
<b>Total</b>	1,26	24			

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 38-3:** Región crítica.

Alfa	$\alpha=0,05$
F <sub>1-<math>\alpha</math>:4,20</sub> =	2,87
RC=(2,87, + $\infty$ )	

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Conclusión: Como f<sub>H</sub> cae en la región crítica, se rechaza H<sub>0</sub> por lo que se acepta H<sub>1</sub> que dice que al menos 2 medidas diferentes por lo tanto se concluye que el tratamiento de radiación aplicada en las semillas si tiene efecto en el desarrollo del pseudotallo de la planta a los 30 días de sembrío.

### Supuesto de DCA

Los supuestos DCA son criterios que tienen que cumplir un diseño completo al azar cuyos principios o supuestos son; normalidad, varianza e independenciam. El diseño debe cumplir con supuestos para que el análisis ANOVA tenga valides estadística y científica.

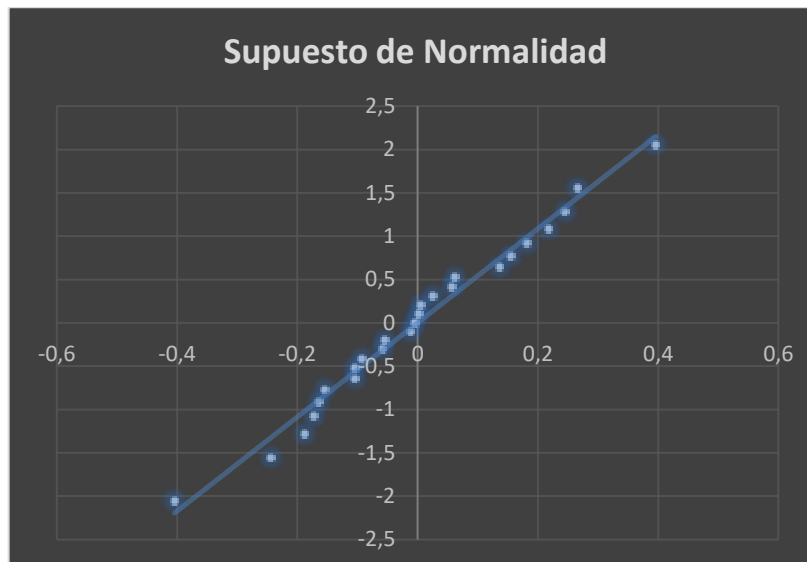
**Tabla 39-3:** Cálculos valores duales diámetro de pseudotallo.

Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub> <sup>^</sup>	E <sub>ij</sub>	e <sub>ij</sub> (Ordenado)	Rango	(i-0,5)/N	Z
0,91	0,908	0,002	-0,404	1	0,02	-2,053748911
1,09	0,908	0,182	-0,244	2	0,06	-1,554773595
0,85	0,908	-0,058	-0,188	3	0,1	-1,281551566
0,72	0,908	-0,188	-0,172	4	0,14	-1,080319341



0,97	0,908	0,062	-0,164	5	0,18	-0,915365088
0,82	0,912	-0,092	-0,154	6	0,22	-0,772193214
0,9	0,912	-0,012	-0,104	7	0,26	-0,643345405
0,74	0,912	-0,172	-0,104	8	0,3	-0,524400513
0,97	0,912	0,058	-0,092	9	0,34	-0,412463129
1,13	0,912	0,218	-0,058	10	0,38	-0,305480788
1,12	1,224	-0,104	-0,054	11	0,42	-0,201893479
1,23	1,224	0,006	-0,012	12	0,46	-0,100433721
1,62	1,224	0,396	-0,004	13	0,5	0
1,17	1,224	-0,054	0,002	14	0,54	0,100433721
0,98	1,224	-0,244	0,006	15	0,58	0,201893479
1,2	1,204	-0,004	0,026	16	0,62	0,305480788
0,8	1,204	-0,404	0,058	17	0,66	0,412463129
1,23	1,204	0,026	0,062	18	0,7	0,524400513
1,45	1,204	0,246	0,136	19	0,74	0,643345405
1,34	1,204	0,136	0,156	20	0,78	0,772193214
0,92	1,074	-0,154	0,182	21	0,82	0,915365088
0,91	1,074	-0,164	0,218	22	0,86	1,080319341
1,34	1,074	0,266	0,246	23	0,9	1,281551566
0,97	1,074	-0,104	0,266	24	0,94	1,554773595
1,23	1,074	0,156	0,396	25	0,98	2,053748911

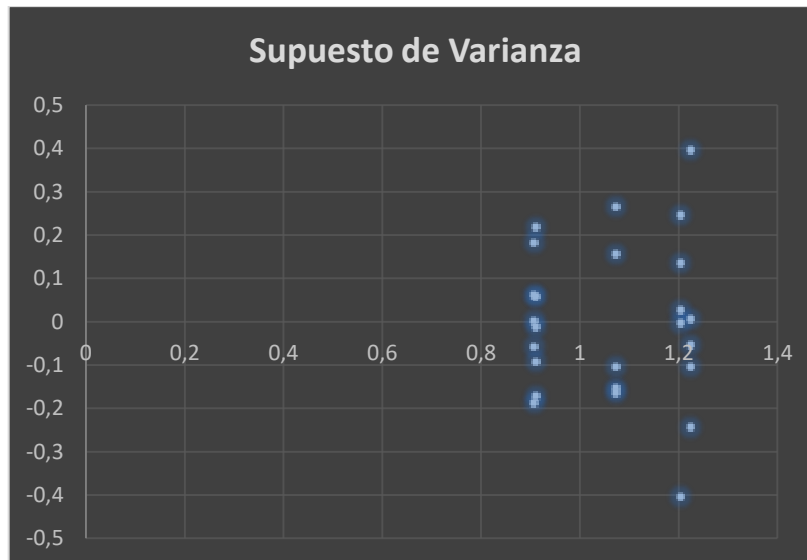
Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.



**Gráfico 10-3.** De dispersión Diámetro de pseudotallo.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Dado el diagrama 8-3 de dispersión de datos podemos observar que los residuales se acercaron a la bisectriz lo que afirmamos que los datos cumplen con el supuesto de normalidad.



**Gráfico 11-3.** Diagrama de dispersión.

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

En la gráfica de dispersión de datos entre los residuales versus sus medias podemos observar que no existe una forma definida por lo que se afirma que cumple con el supuesto de varianza.

- Comparación de medias Método de Dunnett

**Tabla 40-3:** Tabla de medias de diámetro de pseudotallo.

Control	Mo30	Mo15	W30	W15
0,908	0,912	1,224	1,204	1,074

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 41-3:** Tabla ANOVA diámetro de pseudotallo.

FV	SC	GL	CM	fH	valor p
Variedades	0,463696	4	0,115924	2,918823648	0,04719426
Error	0,79432	20	0,039716		

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_k| > D_{\alpha}(k-1, l) \sqrt{CM_E \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_k} \right)}$$

**Tabla 42-3:** Tabla de región crítica.

Nivel de Significancia	0,05
$D_{0,05}(5-1,20)$	2,65

RAIZ(CM <sub>E</sub> /4)	0,089124632
Valor=	0,236180274

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

**Tabla 43-3:** Tabla de significancia de Dunnett.

				<b>Varianza</b>	<b>Media</b>
<b>Contro-Mo15</b>	0,316	0,236180274	Significativo	0,015136	0,908
<b>Contro-W30</b>	0,296	0,236180274	Significativo	0,017816	0,912
<b>Control-W15</b>	0,004	0,236180274	NoSignicativo	0	0
<b>Control-Mo30</b>	0,166	0,236180274	NoSignicativo	0	0

Realizado por: Zabala, Leandra, 2022.

Dado los tratamientos aplicados en la prueba de Dunnett podemos decir que no todos tratamiento tiene diferencias significativas con el tratamiento de control, puntualmente el Molibdeno por un tiempo de exposición de 30 minutos y el Wolframio por 15 minutos no produce cambios significativos, por consiguiente el Molibdeno por 15 minutos de exposición presenta cambios significativos en su media y con una varianza mínima, concluyendo que las propiedad fenotípica referente al diámetro de pseudotallo de la planta mejora significativamente aplicando tratamiento de Molibdeno por 15 minutos de exposición con un valor promedio de 0,908 cm de diámetro.

## CONCLUSIONES

- Evaluando las semillas de Maíz variedad INIAP-101 blanco precoz el cual es un maíz precoz, de densidad suave de agradable sabor y adaptable a zonas altas de la región sierra ecuatoriana, está variedad esta modificada genéticamente especialmente para resistir las condiciones extremas de la climatología serrana ecuatoriana la cual está expuesta a bajas temperaturas, lluvias torrenciales, cambios extremos de temperatura, y también adaptable a suelos arenosos, negros densos y también secos.
- Irradiando el grano de Maíz con dos diferentes tubos generadores de Rayos X, Molibdeno (Mo) y Wolframio (W) a tiempos de 15 y 30 minutos respectivamente y realizando 5 repeticiones con cada grupo de semillas una cada 24 horas.
- La dosis absorbida y tasa de dosis por las semillas de cada tratamiento se obtuvo los siguientes datos respectivamente: Grupo 1 (control) 0 Gr y 0 Gr/s, Grupo 2 (Mo 30') 75804.25h Gr y 42.113 Gr/s, Grupo 3 (Mo 15') 79456.71 h Gr y 88.285 h Gr/s, grupo 4 (W 30') 82156.33 h Gr y 45.642 h Gr/s, finalizando grupo 5(W 15') 84652.85 h Gr y 94.059 h Gr/s
- Mediante las observaciones generadas desde la germinación de las semillas hasta 30 días después de ser transferidas a la tierra se determina los cambios fenotípicos, en la germinación a los 5 días después de haber sido irradiadas observando que las semillas irradiadas presentan una germinación acelerada y su incremento en el diámetro de la radícula principal es ampliamente observable con las semillas de control. Después de sembrar las semillas al suelo hasta el día de la recolección de datos se logra observar a simple vista los cambios fenotípicos de las plántulas e identificando el estado vegetativo de las mismas al momento de realizar el día de corte, determinando que la raíz con el tratamiento de Wolframio por 30 minutos de exposición es más grande y posee mayor número de ramificaciones que las demás muestras, ahora al momento de hablar de ancho de hoja en cambio la muestra de Molibdeno por 15 minutos de exposición presenta mayor área foliar en comparación a los otros tratamientos, sin embargo al hablar de longitud de planta o altura la muestra de Wolframio por 15 minutos de exposición presenta mayor altura de planta y finalmente el diámetro de pseudotallo fue la muestra de Molibdeno por 15 minutos de exposición.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda utilizar una muestra más grande de semillas.
- Proteger la semilla para que los animales silvestres no se la coman.
- Se recomienda el riego por aspersión, fertilización a los 21 días de plantación y el asesoramiento técnico en la cultivación de la planta de maíz.
- Se recomienda realizar una mezcla de radiación a las semillas 3 veces por un tiempo determinado con el tubo de Molibdeno y 3 repeticiones con el tubo de Wolframio ya que las plantas con un solo tipo de material generador presentan resultados la mezcla de los materiales podría mejorar la inducción fenotípica.

## **GLOSARIO**

**Quenching:** También conocida como desactivación fluorescente hace referencia a cualquier transcurso que produzca una reducción o disminución en la intensidad de la fluorescencia emitida por una determinada sustancia (J. Chem.edu, 1990, p.67).

**Radiación ionizante:** Flujo de partículas o fotones con suficiente energía para producir ionizaciones en las moléculas que atraviesa.

**Lígula:** Especie de estípula situada entre el limbo y el pecíolo de las hojas de las gramíneas.

## BIBLIOGRAFÍA

**GALARZA, Mario.** "Variedades de maíz para la sierra ecuatoria.". *Boletin INIAP* [en linea], 1981, (Ecuador) , volumen(119), pp.2. [Consulta:12-12-2021]:Disponible en: <<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/214/4/iniapscbd119.pdf>>

**RAE.** Real academia española. [En línea] 2022. [Citado el: 28 de 02 de 2022.] <<https://dle.rae.es/radiaci%C3%B3n?m=form>>

**RAE.**Real academia española. [En línea] 2022. [Citado el: 28 de 02 de 2022.] <<https://dle.rae.es/1%C3%ADgula?m=form>>

**DOMÍNGUEZ, R.** "Puesta a punto y caracterización dosimétrica de haces de rayos X de baja energía".(maestría) Universidas Politécnica de Catalunya, Instituto de tecnicas energeticas UPC (Barcelona-España). 2012.6-10.

**CAVIEDES, M.** "INIAP-101 Variedad De Maiz Blanco Precoz"*Boletin INIAP*. [en linea],2003, (Ecuador) volumen 82, pp.3-5. [Consulta:30-11-2021]. Disponible en:<<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2547>>

**ATTIX, H.** "*Introduction to radiological dosimetry*". *Wisconsin, Estados Unidos* Morlenbanch : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004. ISBN-10:0-471-01 146-0, pp.22-34.

**VERA , G , y otros.**"Variedad de maíz para la sierra ecuatoriana".*Boletin divulgativo INIAP*, volumen 119,1981, (Ecuador) pp.3-5.

**DÍAZ, Angelina.**"Aplicaciones nucleares en la sociedad contemporánea". *Nucleus*, volumen 40, 2006 (Cuba) pp12-15.

**GUITIÉRREZ, Antonia, y otros.** "Mejoramiento genético vegetal in vitro." *e-Gnosis*, [en linea], 2002, (Mexico) volumen (1),pp. 6-8.[Consulta:12-12-2021]. Disponible en:<[www.redalyc.org/pdf/730/73000104.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/730/73000104.pdf)>.

**PAMÍREZ, R, y otros.** "Estudio de radiosensibilidad y selección del rango de dosis estimulantes de rayos X en cuatro vriedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)".*Cultivos tropicales*

[en línea],2006, (Cuba) volumen (27),pp 2-4[Consulta:12-02-2021].Disponible en :<  
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215885012.pdf>>

**ALMEIDA, V., y otros.** "Determinación de las condiciones adecuadas de pretratamiento frío y la dosis óptima de radiación gamma para el cultivo in vitro de micrósporas de maíz". *Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2020*. ISSN 2528-7753 (Ecuador), pp 3-5.

**GARCÍA, Irene.** "Molibdeno: un metal mucho más importante de lo que pensamos". *MoleQla*, 8, 2012, (España) pp. 1-3.

**ESCALANTE, Al.** "Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del Nitrógeno". *Terra Latinoamerica* [en línea], 1999, (Mexico) volumen 17, pp. 4-5.[Consulta: 5-01-2022]. Disponible en:< <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317208.pdf>>

**ROMÁN, Pascual.**" Z=74, wolframio W".RSEQ [en línea],2019, (España) volumen (2), pp.2-3.[Consulta:12-12-20021].Disponible en:<  
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1453/2033>>

**ASOCIACIÓN ANDES.**" Manual desarrollo vegetativo del maíz". *Oxafam*, volumen 1,(2019), (Ecuador) pp.3-6.

**CORONEL, C.** Producción y comercialización del Babaco como otra alternativa de cultivo en el sector Daldal. Riobamba (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Administración. (Ambato-Ecuador).1997. pp. 30-41.

**ÁLVARES , A., y otros.** "Efecto del tratamiento de semillas con bajas dosis de rayos X en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)". *Nucleus*, volumen 53, (2013), (Cuba) pp.2-6.

**PHYWE.** "PHYWE excelente in science". *PHYWE* [En línea],(2019) [Consultado: 02-01-2022.] Disponible en:<<https://www.phywe.com/search/?query=>>

**SERRANO, E.**"Relación entre el contenido de raíz funcional y la producción de banano." *INIBAP, volumen 24,(2003),(Bolivia) pp.4-6*.

**HIPP, A.** "El maíz por dentro y por fuera".*The rosen Publishing Group, Inc.*, (2004), (Estados Unidos) pp.2-4.



**ALCARAZ, M.** "Detección de radiación ionizante". *Bases físicas y biológicas de radiodiagnóstico médico*, volumen 4 (2002), (España) pp.2-6.



**ANEXOS.**

**ANEXO A: ANÁLISIS DE SUELO**

**FACULTAD DE AGRICULTURA  
INSTITUTO DE SUELOS**

Nombre del propietario: SELA, YARETA ZOROBEL ..... Fecha de ingreso al laboratorio: 13-12-96 .....

Identificación: SUCRAL .....  
Localización: SUCRAL ..... PUNZALA ..... RODRIGUEZ ..... CHIMBORAZO ..... Fecha de salida de resultados: 21-01-97 .....

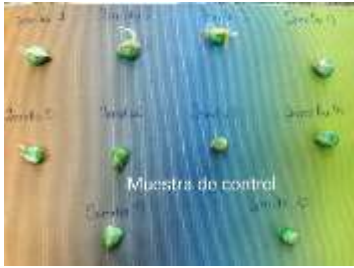







**BASE DE DATOS INDIAGRAMA DEL ANÁLISIS DE SUELO**  
Mostrar datos por análisis de suelo (log. 1/1)

No.	Identificación	pH	W <sub>10/25</sub>	F <sub>15/20</sub>	P <sub>20</sub>	C <sub>10</sub>	M <sub>10/20</sub>	M <sub>1/20</sub>	REACTIVOS
101	SUCRAL	8.12 LA	27.35	74.35 N	100 A				4.12 N

*Legenda:*  
pH: Acidez  
L<sub>1</sub>: Saturación por Ca  
L<sub>2</sub>: Saturación por Mg  
L<sub>3</sub>: Saturación por Ca+Mg  
L<sub>4</sub>: Saturación por Ca+Mg+K  
W: Anión

CODIGO:  
E: Suelo  
M: Muestra  
A: Agua

**ANEXO B: TABLA DE GRÁFICOS DE MUESTRAS.**

Grupo de semilla	Germinación	Fase vegetativa V2	Fase Vegetativa V3	Día de corte
GRUPO 1				
GRUPO 2				

GRUPO 3









GRUPO 4



GRUPO 5

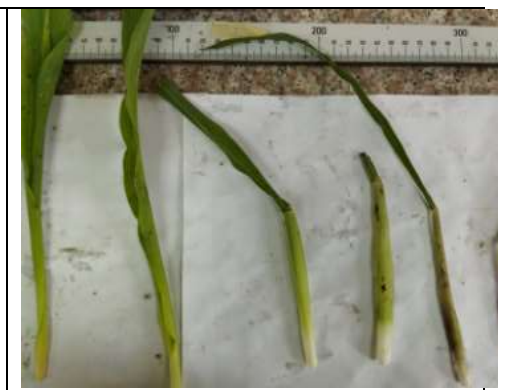


**ANEXO C: ANÁLISIS DE MUESTRA**

Muestra	Raíz	Longitud	Numero de hojas
Control			
Muestra 2			

Muestra 3			
Muestra 4			

Muestra 5





epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

Fecha de entrega: 06 / 06 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTORA (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Leandra Anahí Zabala Coronel
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Física
<b>Título a optar:</b> Física
<b>E. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



0952-DBRA-UTP-2022



