

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN GAMMA PARA LA
INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN VARIEDADES COMERCIALES DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y CAÑAHUA (*Chenopodium
pallidicaule* Aellen)**

DAYSÍ MAMANI FERNÁNDEZ

LA PAZ – BOLIVIA

2012

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica

**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN GAMMA PARA LA INDUCCIÓN
DE MUTACIONES EN VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd.) Y CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)**

*Tesis de grado presentado como requisito
Parcial para optar al Título de
Ingeniero Agrónomo*

DAYSI MAMANI FERNÁNDEZ

ASESORES

Dr. Víctor Hugo Mendoza Condori

Ing. M.Sc. Jorge Guzmán Calla

TRIBUNALES

Dr. Abul Kalam

Dr. Augusto Vargas Hudson

Ing. M.Sc. Félix Mamani Reynoso

APROBADO

PRESIDENTE

LA PAZ – BOLIVIA

2012

DEDICATORIA

A Dios por concederme su bendición día a día

*Al incansable esfuerzo,
con mucho amor y cariño agradezco a mis padres
Nicolás Mamani y Teresa Fernández
por todo el cariño y apoyo brindado durante
mi formación personal y académica,
a mi hermana Silvia y mi sobrino Gerardo Gabriel
por el constante afecto y comprensión,
a mi querida hija Laura Teresa
por motivarme a seguir adelante,
a mi pareja Franklin por el constante afecto.*

*A todas las personas que confiaron
y creyeron en mi,*

MUCHAS GRACIAS

Daysi Mamani Fernández

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos por su colaboración a las siguientes personas e instituciones:

A nuestro Dios por el apoyo espiritual, que me enseñó amar e iluminó mi senda hasta la culminación de este trabajo.

A mis padres por la formación que me brindaron, apoyándome en toda la realización del presente trabajo.

A la Facultad de Agronomía que me acogió como un segundo hogar y a los docentes por la enseñanza y formación profesional impartida.

Al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) por brindarme apoyo y colaboración para el desarrollo del presente trabajo,

A mis asesores Dr. Víctor Hugo Mendoza y el Ing. M. Sc. Jorge Guzmán por sus valiosos consejos, sugerencias y asesoramiento durante la ejecución del presente trabajo.

Al Ing. Juan José Vicente y al Ing. Edson Foronda por el apoyo desinteresado en la culminación del presente trabajo.

Al tribunal revisor Dr. Abul Kalam, Dr. Augusto Vargas y al Ing. Félix Mamani Reynoso por sus valiosos consejos, sugerencias, correcciones y seguimiento en la elaboración del presente trabajo.

Mi gratitud a mis amigos y compañeros quienes me colaboraron constantemente.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental de Toralapa dependiente del Instituto Nacional de Innovaciones Agropecuarias y Forestales (INIAF).

El objetivo de la investigación fue determinar la dosis de radiación gamma para la inducción de mutaciones en el mejoramiento de variedades comerciales de quinua y cañahua.

La investigación se realizó en tres fases:

Primera fase; consistió en la dosimetría del material vegetal. La irradiación de las semillas se realizó en el Hospital de Clínicas - Unidad de Radioterapia, el equipo utilizado para el propósito fue una bomba de Cobalto-60 que genera rayos gamma. Las dosis aplicadas fueron las siguientes: 0 Gy - 0 min, 50 Gy – 50 min, 100 Gy – 100 min, 150 Gy – 150 min, 200 Gy – 200 min, 250 Gy – 250 min y 300 Gy – 300 min.

Segunda fase; se realizó en laboratorio, las actividades realizadas estuvieron relacionadas con la evaluación de la germinación de las semillas después de 8, 20, 32, 44 y 96 horas luego de ser tratadas con diferentes dosis de irradiación.

Tercera fase; esta fase se realizó dentro de un ambiente protegido, en el mismo se evaluaron las siguientes variables de respuesta: porcentaje de supervivencia, altura de la planta, diámetro del tallo, número de ramas e índice de cosecha en quinua y cañahua; adicionalmente la longitud de panoja y diámetro de panoja para la quinua.

Entre los resultados obtenidos se tiene lo siguiente: en la evaluación de la germinación de las semillas de quinua a 32 horas, se observó que las variedades Chucapaca y Blanquita a medida que se incrementaba la dosis de irradiación la germinación disminuía. En la variedad Kosuña la germinación disminuye

drásticamente cuando se incrementa la dosis de irradiación de 83.25% (0 Gy) a 55.50% (300 Gy).

En cañahua a las 96 horas de evaluación de la germinación se observó que las variedades Illimani y Kullaca disminuyen su germinación a medida que los niveles de irradiación se incrementan. La accesión 222 disminuye drásticamente su germinación a medida que se incrementa la dosis de irradiación que va de 98.5% (0 Gy) a 93.5% (300 Gy).

Para la variable de supervivencia de quinua a los 67 días, se observó que la variedad Chucapaca tiene menor supervivencia a medida que los niveles de irradiación se incrementan de 31% (0 Gy) a 2% (300 Gy). Las variedades Kosuña y Blanquita disminuyen su supervivencia a medida que se incrementan las dosis de irradiación de 90 y 77% (0 Gy) a 19 y 2.5% (300 Gy) respectivamente.

La evaluación de supervivencia en cañahua a los 69 días, se observó que las variedades Illimani, Kullaca y la Accesión 222 disminuyen la supervivencia a medida que se incrementa la dosis de irradiación de 68.89, 55.56 y 68.89% (0 Gy) a 26.67, 24.44 y 24.44% (300 Gy) respectivamente.

En conclusión, con el estudio se determinó que la dosis letal media (DL-50) de irradiación para la inducción de mutaciones de las variedades de quinua; Blanquita, Kosuña y Chucapaca es de 196, 224.7 y 186.6 Gy respectivamente y para las variedades de cañahua; Illimani, Kullaca y la Accesión 222 es de 212.9, 237.6 y 227 Gy correspondientemente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivo Especifico.....	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 Especies del Género <i>Chenopodium</i>	3
3.2 Descripción Morfológica.....	3
3.2.1 Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	3
3.2.2 Cañahua (<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).....	4
3.3 Variedades Comerciales de Quinoa y Cañahua.....	5
3.3.1 Quinoa.....	5
3.3.2 Cañahua.....	6
3.4 Mejoramiento genético de plantas.....	7
3.5 Mutación.....	7
3.5.1 Mejoramiento genético por mutaciones.....	8
3.5.2 Agentes mutagénicos.....	9
3.6 Radiación.....	10
3.6.1 Radiación Ionizante.....	10
3.6.2 Radiación Gamma.....	10
3.6.3 Cobalto 60.....	11
3.7 Germinación de las semilla.....	12
3.7.1 Fases de la germinación.....	13
3.7.2 Viabilidad.....	13

3.7.3 Caracterización y Evaluación.....	13
IV. LOCALIZACIÓN.....	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
5.1 Materiales.....	15
5.1.1 Material Vegetal.....	15
5.1.2 Equipos y Materiales de Laboratorio.....	16
5.2 Método.....	16
5.2.1 Procedimiento Experimental.....	16
5.3 Diseño Experimental.....	19
5.3.1 Tratamientos.....	20
5.3.2 Dosis letal media (DL-50) de irradiación para las variedades de quinua y cañahua.....	20
5.3.3 Variables de Respuesta.....	20
5.3.4 Transformación de los datos.....	21
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
6.1 Variables de respuesta de Laboratorio.....	22
6.1.1 Porcentaje de germinación en quinua.....	22
6.1.2 Porcentaje de germinación en cañahua.....	26
6.1.3 Longitud de radícula en quinua y cañahua.....	31
6.1.4 Longitud de hipocótilo en quinua y cañahua.....	33
6.2 Variables de respuesta de Ambiente Protegido.....	35
6.2.1 Porcentaje de supervivencia en quinua.....	36
6.2.2 Porcentaje de supervivencia en cañahua.....	39
6.2.3 Altura de planta en quinua.....	41
6.2.4 Altura de planta en cañahua.....	44
6.2.5 Ancho y Largo de lámina de hoja en quinua.....	48
6.2.6 Ancho y Largo de lámina de hoja en cañahua.....	51
6.2.7 Longitud de panoja a la madurez fisiológica en quinua.....	55

6.2.8	Diámetro de panoja a la madurez fisiológica en quinua.....	58
6.2.9	Diámetro de tallo a la madurez fisiológica en quinua y cañahua.....	61
6.2.10	Número de ramas en quinua y cañahua.....	65
6.2.11	Índice de cosecha en quina y cañahua.....	68
6.3	Dosis letal media (DL-50) de irradiación – variedad de quinua Blanquita, Kosuña y Chucapaca.....	72
6.4	Dosis letal media (DL-50) de irradiación – variedad de cañahua Illimani, Kullaca y Accesoión 222.....	74
6.5	Dosis adecuada de irradiación para las variedades en estudio.....	75
VII.	CONCLUSIONES	77
VIII.	RECOMENDACIONES	79
IX.	BIBLIOGRAFÍA	80
	ANEXOS	87

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características de variedades comerciales de quinua.....	15
Cuadro 2. Características de variedades comercial de cañahua.....	15
Cuadro 3. Dosis y tiempos de irradiación de las semillas con la Bomba de Cobalto-60.....	17
Cuadro 4. Análisis de varianza del porcentaje de germinación de quinua evaluada en diferentes tiempos (transformación $\sqrt{X+1}$).....	22
Cuadro 5. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación para las variedades de quinua evaluadas en diferentes tiempos.....	23
Cuadro 6. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación evaluadas en diferentes tiempos para el factor dosis de irradiación en quinua.....	24
Cuadro 7. Análisis de efecto simple para el porcentaje de germinación de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.....	24
Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de germinación de cañahua evaluada en diferentes tiempos (transformación $\sqrt{X+1}$).....	26
Cuadro 9. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación para las variedades de cañahua evaluadas en diferentes tiempos.....	27
Cuadro 10. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación evaluadas en diferentes tiempos para el factor dosis de irradiación en cañahua.....	28
Cuadro 11. Análisis de efecto simple para el porcentaje de germinación de cañahua de la interacción de variedad por dosis de irradiación.....	29
Cuadro 12. Análisis de varianza de longitud de radícula en quinua y cañahua a los 8 días de su siembra.....	31
Cuadro 13. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de radícula a los 8 días de la siembra por efecto de la variedad de cañahua.....	32

Cuadro 14.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de radícula a los 8 días de la siembra para el factor dosis de irradiación en cañahua.....	32
Cuadro 15.	Análisis de varianza de longitud de hipocótilo en quinua y cañahua a los 8 días de su siembra.....	33
Cuadro 16.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de hipocótilo a los 8 días de la siembra por efecto de la variedad quinua y cañahua.....	34
Cuadro 17.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de hipocótilo en quinua y cañahua, a los 8 días de la siembra para el factor dosis de irradiación.....	35
Cuadro 18.	Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia evaluada en diferentes tiempos en quinua (transformación $\sqrt{X+1}$).....	36
Cuadro 19.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de supervivencia por efecto de la variedad de quinua.....	36
Cuadro 20.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de supervivencia para el factor dosis de irradiación en quinua.....	37
Cuadro 21.	Análisis de efecto simple para el porcentaje de supervivencia a los 67 días después de su siembra de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.....	38
Cuadro 22.	Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia evaluada en diferentes tiempos en cañahua (transformación $\sqrt{X+1}$).....	39
Cuadro 23.	Análisis de efecto simple para el porcentaje de supervivencia a los 69 días después de su siembra de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.....	39
Cuadro 24.	Análisis de varianza de altura de planta evaluada en diferentes fases fenológica en quinua (transformación $\sqrt{X+1}$).....	41
Cuadro 25.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de altura de planta por efecto de la variedad de quinua.....	42
Cuadro 26.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de altura de	

	planta para el factor dosis de irradiación en quinua.....	42
Cuadro 27.	Análisis de efecto simple para altura de planta de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.....	43
Cuadro 28.	Análisis de varianza de altura de planta evaluada en diferentes fases fenológica en cañahua (transformación $\sqrt{X+1}$).....	45
Cuadro 29.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de altura de planta a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de cañahua.....	45
Cuadro 30.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de altura de planta para el factor dosis de irradiación en cañahua.....	46
Cuadro 31.	Análisis de efecto simple para altura de planta a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.....	47
Cuadro 32.	Análisis de varianza de ancho y largo de lámina de hoja en quinua..	49
Cuadro 33.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del ancho y largo de lámina de hoja por efecto de la variedad de quinua.....	49
Cuadro 34.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del ancho y largo de lámina de hoja para el factor dosis de irradiación en quinua.....	50
Cuadro 35.	Análisis de efecto simple para el largo de lámina de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.....	51
Cuadro 36.	Análisis de varianza de ancho y largo de lámina de hoja en cañahua.....	52
Cuadro 37.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del ancho y largo de lámina de hoja por efecto de la variedad de cañahua.....	52
Cuadro 38.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de ancho y largo de lámina de hoja para el factor dosis de irradiación en cañahua.....	53
Cuadro 39.	Análisis de efecto simple para el largo de lámina de hoja de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.....	54
Cuadro 40.	Análisis de varianza de longitud de panoja a la madurez fisiológica	

	en quinua.....	55
Cuadro 41.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de longitud de panoja a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua.....	55
Cuadro 42.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de panoja a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua.....	56
Cuadro 43.	Análisis de efecto simple para longitud de panoja a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.....	56
Cuadro 44.	Análisis de varianza de diámetro de panoja a la madurez fisiológica en quinua.....	58
Cuadro 45.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de panoja a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua.....	58
Cuadro 46.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de panoja a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua.....	59
Cuadro 47.	Análisis de efecto simple del diámetro de panoja a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.....	60
Cuadro 48.	Análisis de varianza de diámetro de tallo a la madurez fisiológica en quinua y cañahua.....	61
Cuadro 49.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de tallo a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua y cañahua.....	62
Cuadro 50.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de tallo a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua y cañahua.....	62
Cuadro 51.	Análisis de efecto simple del diámetro de tallo a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en	

	quinua y cañahua.....	63
Cuadro 52.	Análisis de varianza de altura del número de ramas a la madurez fisiológica en quinua y cañahua.....	65
Cuadro 53.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del número de ramas a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua y cañahua.....	66
Cuadro 54.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de número de ramas a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua y cañahua.....	66
Cuadro 55.	Análisis de efecto simple del número de ramas a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua y cañahua.....	67
Cuadro 56.	Análisis de varianza del Índice de cosecha en quinua y cañahua.....	69
Cuadro 57.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del índice de cosecha por efecto de la variedad de quinua y cañahua.....	69
Cuadro 58.	Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del índice de cosecha para el factor dosis de irradiación en quinua y cañahua.....	70
Cuadro 59.	Análisis de efecto simple del índice de cosecha de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.....	71
Cuadro 60.	Dosis óptimas de irradiación de las variedades de quinua y cañahua con Co -60 para la inducción de mutaciones.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Análisis del efecto simple para el porcentaje de germinación de las variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) 20 horas; b) 32 horas.....	25
Figura 2. Análisis del efecto simple para el porcentaje de germinación de las variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) 20 horas; b) 32 horas; c) 44 horas; d) 96 horas.....	30
Figura 3. Análisis del efecto simple para el porcentaje de supervivencia de las variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación a los 67 días de su siembra.....	38
Figura 4. Análisis del efecto simple para el porcentaje de supervivencia de las variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación a los 69 días después de la siembra.....	40
Figura 5. Análisis del efecto simple para la altura de planta en variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) dos meses de siembra; b) madurez fisiológica.....	44
Figura 6. Análisis del efecto simple para la altura de planta a la madurez fisiológica en variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación.....	47
Figura 7. Análisis del efecto simple para el largo de lámina de hoja en quinua bajo los efectos de dosis de irradiación.....	51
Figura 8. Análisis del efecto simple para el largo de lámina de hoja en variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación.....	54
Figura 9. Análisis del efecto simple para la de longitud de panoja a la madurez fisiológica en variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación.....	57
Figura 10. Análisis del efecto simple para el diámetro de panoja a la madurez fisiológica en variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación.....	60
Figura 11. Análisis del efecto simple para el diámetro de tallo en variedades	

	de quinua y cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) Quinua; b) Cañahua.....	64
Figura 12.	Análisis del efecto simple para el número de ramas en variedades de quinua y cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) Quinua; b) cañahua.....	68
Figura 13.	Análisis del efecto simple para el índice de cosecha en variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación.....	71
Figura 14.	Dosis letal media (DL-50) de irradiación de variedades de quinua; a) Blanquita; b) Kosuña; c) Chucapaca.....	73
Figura 15.	Dosis letal media (DL-50) de irradiación de variedades de cañahua; a) Illimani; b) Kullaca; c) Accesoión 222.....	74

ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
ANEXO Nº 1. Análisis de varianza de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de quinua.....	88
ANEXO Nº 2. Análisis de varianza de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de cañahua....	94
ANEXO Nº 3. Análisis de varianza de Efecto Simple de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de quinua.....	100
ANEXO Nº 4. Análisis de varianza de Efecto Simple de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de cañahua.....	104
ANEXO Nº 5. Galería de fotos.....	109

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los recursos fitogenéticos son de gran interés, por cuanto se relacionan con la alimentación que es una necesidad básica del hombre y con la solución de problemas principales como el hambre y la pobreza. Una forma de mantener la gran diversidad de granos andinos (quinua y cañahua), es mediante las herramientas que tienen los recursos fitogenéticos. Asimismo los bancos de germoplasma son entidades constituidas para conservar los recursos genéticos; almacenan muestras de variedades tradicionales, otras que están fuera de uso, genotipos mejorados y especies silvestres.

El mejoramiento genético de plantas utiliza diferentes herramientas, entre ellas se conoce el mejoramiento por técnicas convencionales (cruzamientos, etc.) y las no convencionales (mutaciones inducidas, transgénesis y otros).

Una fuente de variabilidad genética son las mutaciones inducidas que utiliza la aplicación de agentes químicos (gas mostaza, ácido nitroso) o físicos (radiaciones ionizantes, luz ultravioleta). Sin embargo, las mutaciones inducidas son aleatorias (no se sabe a priori qué genes mutarán ni qué tipo de cambios se inducirán) y la transgénesis, que puede incluso superar las barreras a la hibridación entre individuos de distintos reinos de la naturaleza, se basa en el uso de la variabilidad natural existente.

La inducción artificial de mutaciones por medio de la radiación data de principios del siglo XX. En una etapa inicial se utilizó rayos X; más tarde se emplearon las radiaciones gamma. En esta fase de inducción de mutaciones, los investigadores trataron de obtener variaciones genéticas de importancia desde el punto de vista económico. La dificultad estaba en que a medida que aumentaba la dosis de irradiación, se incrementaba el deterioro de la planta, ello hizo que los científicos buscaran mutantes potencialmente superiores y que se hallarán nuevos métodos de tratamiento por radiaciones (Pristley, 1986).

La inducción de mutaciones ha sido ampliamente empleada en el mundo para la mejora genética de plantas; sin embargo, en los últimos años su empleo ha cobrado mayor fuerza, a partir de los resultados en diferentes cultivos. En Cuba se ha empleado la inducción de mutaciones con muy buenos resultados en los programas de mejoramiento genético de arroz, soya, caña de azúcar, tomate, etc., a partir de las cuales se han registrado un grupo de variedades de importancia (Gonzales *et al.*, 2009).

Para complementar los métodos convencionales de mejoramiento genético que permitan obtener genotipos de quinua con características agronómicas deseables, se ha considerado el uso de la inducción de mutaciones. Se emplearon agentes mutagénicos físicos, como los rayos gamma Co - 60 a las dosis de 50, 100, 150, 250 Gy, y mutagénicos químicos como ázida de sodio a las dosis de 1 y 2 mMol. Los tratamientos más efectivos fueron 150 Gy de rayos gamma y 1 mMol de ázida de sodio (Gómez *et al.*, 1996).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Determinar la dosis de irradiación gamma para la inducción de mutaciones en el mejoramiento genético de variedades comerciales de quinua y cañahua.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la irradiación respecto a la germinación de la semilla en variedades de quinua y cañahua.
- Determinar la dosis letal media (DL- 50) de irradiación gamma para las variedades de quinua y cañahua.
- Establecer la dosis adecuada de irradiación para la inducción de mutaciones en variedades de quinua y cañahua.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Especies del Género *Chenopodium*

Este género está integrado por numerosas especies cultivadas como ser la *quinua* de mayor diversidad genética, se cultiva para la producción de grano que es producto principal; los subproductos de cosecha se utilizan para la alimentación del ganado. La *cañahua*, otra especie de este género se cultiva con propósitos y usos similares, aunque su grado de domesticación y utilización no es comparable a la quinua (Hunziker, 1943).

En Bolivia se encuentra el banco de germoplasma nacional situado en Toralapa – Cochabamba, que conserva 3.108 accesiones de quinua, la mayor gama en todo el mundo, además de otras, como la cañahua con 801 accesiones, amaranto con 216 accesiones, que están cuidadosamente conservadas y custodiadas actualmente por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), que trabaja estrechamente con el Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación, dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

3.2 Descripción Morfológica

3.2.1 Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, cuya raíz es pivotante, se ramifica a la altura del cuello en raíces secundarias, terciarias y raicillas, cuya extensión depende de la profundidad del suelo. El tallo es cilíndrico a la altura del cuello y angular a partir de las ramificaciones, el número de ramas varía de acuerdo a la variedad. Las hojas son de tipo lanceoladas, grandes en la parte inferior y pequeñas en la parte superior de la planta, presenta bordes dentados y además está cubierta de un polvo farináceo, las flores pequeñas carecen de pétalos puede ser hermafrodita o pistilada. La inflorescencia puede ser amarantiforme o glomerulada. El fruto es un aquenio de

tamaño pequeño y cubierto por el perigonio. La planta puede ser de diferente color desde amarillo, naranja, púrpura, rojo vivo, rojo oscuro y verde (Gandarillas, 1979).

Tapia *et al.*(1979) al respecto menciona que, la quinua alcanza entre 0.5 a 2 m. de altura, su tallo puede ser recto o ramificado, su color es variable. La panoja tiene entre 15 a 70 cm. de altura. Sus semillas son blancas, cafés, amarillas, grises, rosadas, rojas, negras y se clasifican según su tamaño en grandes: (2.2 – 2.6 mm.), medianas (1.8 – 2.1 mm.), y pequeñas (menor de 1.8 mm.). En la semilla el pericarpio contiene la saponina.

3.2.2 Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Tapia *et al.* (1979) indica que, la cañahua crece erguida y muy ramificada desde su base, llegando alcanzar alturas de 20 a 70 cm. las partes superiores de los tallos, las hojas, las inflorescencias están cubiertas por vesículas blancas o rosadas, las hojas presentan pecíolos cortos y finos, láminas de forma romboide de 1 a 3 cm. de largo; las inflorescencias están totalmente cubiertas por el follaje; el fruto cubierto por el perigonio de color generalmente gris. Las semillas son de forma lenticular de 1 a 1.2 mm.de diámetro, de color castaño.

Según Calle (1995), la cañahua es una planta, dicotiledónea, presenta una raíz principal pivotante de coloración crema a blanquecino, con numerosas raicillas laterales, pudiendo alcanzar profundidades de 15 a 30 cm. El tallo es estriado y cilíndrico, con estrías de color morado, rosado y amarillo. Las hojas de esta especie son alternas dimorfas de la serie ovada, pecioladas, toda la superficie foliar cubierto por pelos globosos o vesiculosos. La presencia de antocianina en las hojas de la cañahua presenta tres nervaduras bien marcadas en la cara inferior. La inflorescencia se presenta en cimas unilaterales, axiales, superiores a las ramas, están ocultas por el follaje, la inflorescencia alberga 3 clases de flores que son: hermafroditas, femeninas y androestériles distribuida en forma regular en toda la inflorescencia y solamente la flor hermafrodita con 3 estambres, cada inflorescencia

contiene un promedio de 20 flores, de las cuales el 80 % son flores que tienen un solo estambre. Las flores son pequeñas de 1 a 2 mm.de diámetro aparecen entre los 60 a 70 días después de la germinación; el perianto es simple (haploclamídea), compuesto de 5 sépalos unidas persistentemente (gamosépalos); sin pétalos, con ovario unilocular; el estilo es corto de dos estigmas filiformes, todo se halla cubierto por el perianto que forma la cáscara, pelos globosos y hojuelas, lo que indica que esta especie es autógama en un 96 %. El fruto es un aquenio de tamaño muy pequeño, cubierto por el perigonio de cáliz persistente, pericarpio, epispermo, embrión encorvado formando los cotiledones y perisperma almidonoso. La coloración del fruto es muy variable, desde ceniciento hasta pardo oscuro habiendo frutos con pigmento de color morado, rosado y amarillo. En cuanto a la coloración del epispermo en los granos se observa lo siguiente: negro, café o marrón y café claro. El tamaño del grano de 0.8 a 1.4 mm.de diámetro según los ecotipos.

3.3 Variedades Comerciales de Quinua y Cañahua

3.3.1 Quinua

Perú y Bolivia tienen la mayor diversidad en variedades, Bolivia es el principal foco de diversidad con más de 3.000 muestras de ecotipos (Bonifacio, 2005).

- **K'OSUÑA**, se adapta bien al Altiplano Sur, aunque también se adapta al Altiplano Central, resalta porque es una variedad de alta precocidad, el tamaño de grano es grande y el carácter dulce de la nueva variedad pero es susceptible al mildiu, con periodo vegetativo de 150 a 165 días, con 800 a 1000 kg/ha de rendimiento de grano.
- **BLANQUITA**, se adapta bien al Altiplano Norte, alto vigor de la semilla, es parcialmente resistente al mildiu, es decir, la planta es atacada por esta enfermedad pero el rendimiento en grano es muy poco afectado. En estado de planta seca la panoja es muy suave lo que hace susceptible al desgrane

cuando cae graniza, pero esta característica de fragilidad de la panoja hace que la trilla sea fácil, tamaño de grano mediano, con periodo vegetativo de 170 a 180 días, con 1300 a 1500 kg/ha de rendimiento de grano.

- **CHUCAPACA**, tiene hábito de crecimiento erecto, panoja glomerulada, color de planta roja, con periodo vegetativo de 165 días, grano de tamaño grande, blanco y dulce, es resistente al frío y medianamente resistente al mildiu, con 2500 kg/ha de rendimiento de grano.

3.3.2 Cañahua

Actualmente las variedades más cultivadas son:

- **ILLIMANI**, esta variedad se considera importante debido a su precocidad, homogeneidad, altos rendimientos, color blanquecino del perigonio y tamaño de grano grande. Se adapta en el Altiplano Central, Norte y Zona Alta de Valle. Tiene hábito de crecimiento lasta, con periodo vegetativo de 160 días, con 800 kg/ha de rendimiento de grano (Rojas *et al.*, 2008).
- **KULLACA**, esta variedad se considera importante debido a su precocidad, homogeneidad, altos rendimientos, color blanquecino del perigonio y tamaño de grano grande. Se adapta en el Altiplano Central, Norte y Zona Alta de Valle. Tiene hábito de crecimiento lasta, con periodo vegetativo de 150 días, con 700 kg/ha de rendimiento de grano (Rojas *et al.*, 2008).
- **ACCESION 222**, esta variedad se considera importante debido a su precocidad, homogeneidad, altos rendimientos, color amarillo claro del perigonio y tamaño de grano grande. Se adapta en el Altiplano Central, Norte y Zona Alta de Valle. Tiene hábito de crecimiento lasta, con periodo vegetativo de 135 días, con 550 kg/ha de rendimiento de grano (Rojas *et al.*, 2008).

3.4 Mejoramiento genético de plantas

Gilleta 2000; citado por Castañon 2002 menciona que, el mejoramiento genético vegetal o fitomejoramiento tradicional ha sido aplicado en forma empírica por los agricultores desde que este se hizo sedentario. Esto se apoya, en lo que hace tiempo alguien anotó que la genética vegetal nació cuando el hombre primitivo mezcló las semillas para lograr especies de mayor rendimiento. Está bien documentado que el mejoramiento genético convencional o clásico (selección e hibridación) han permitido obtener nuevas especies de plantas ó híbridos con mejores rendimientos o con características agronómicas más favorables.

Gardner (1984);citado por Castañon 2002 señaló que, los fitomejoradores son también ingenieros genéticos, pues ellos conjugan grupos de genes de tal manera que maximizan la producción de los cultivos.

No obstante Molina (1993); citado por Castañon 2002, el mejoramiento genético se practica hoy en día en tres formas que son: la tradicional, la biotecnología y mediante el uso de la ingeniería genética e hibridación del ADN. Es necesario producir más y de mejor calidad por unidad de superficie para satisfacer la demanda alimenticia de la población mundial.

Las mutaciones inducidas son técnicas de mejora genética vegetal que han sido utilizadas desde el punto de vista tradicional y también utilizando técnicas biotecnológicas para su mayor efectividad.

3.5 Mutación

Según Rea (1969), mutación desde el punto de vista fenotípico es la aparición brusca y espontánea de una variación fenotípica de un individuo, la cual se transmite hereditariamente a la progenie, mutación desde el punto de vista genético es cualquier alteración de la secuencia de bases de un segmento de ADN

correspondiente a un gen o a un locus (sea éste transcribible o no), aun cuando esta alteración no se refleje en forma de cambio fenotípico observable o detectable.

Según Vries (1975); citado por Cruz-Coke (2003), propuso el vocablo mutación para designar los cambios grandes y discontinuos de genotipos, esto a finales del siglo XIX antes del descubrimiento de los trabajos de Mendel, y lo conceptúa como al cambio que sufre el material genético, que trae como consecuencia la formación de un genotipo alterado.

Borrego *et al.* (1998) indica que, el mejoramiento de una especie por mutación se diferencia de otro tipo de mejora solamente en la primera fase ósea en la reacción de la variabilidad genética y provoca cambios genéticos en los materiales mediante tratamiento del material de partida con diferentes agentes mutagénicos.

Robles (1991), conceptúa a la mutación como una variación brusca que es hereditaria y que resulta por cambios en el gen o genes afectados. El término se usa más bien indefinidamente para designar mutaciones de un solo gen y deleciones, reacomodos, duplicaciones, cambios quimeras y aun cambios en el número de cromosomas.

3.5.1 Mejoramiento genético por mutaciones

Según Vries (1975); citado por Cruz-Coke (2003), indica que las mutaciones se pueden originar de irradiaciones gamma, rayos X u otras, o por el uso de sustancias mutagénicas, y se pueden provocar mutaciones en semillas o en formas de reproducción vegetativa. También indica que, se han comprobado que la frecuencia de mutaciones es mayor en semillas envejecidas, pero es más recomendable que sea en semillas nuevas para asegurar mayor porcentaje de germinación.

Zamudio (2005) menciona que, al aplicar genes mutágenos (sustancias químicas o naturales, radiaciones ionizantes, etc.) a los granos, a los brotes jóvenes, a los

granos de polen, o aun a las plantas enteras, se pueden obtener variaciones genéticas hereditarias por la vía sexual o transmisibles por multiplicación vegetativa. Las variantes genéticas surgen espontáneamente en la naturaleza y son más frecuentes en ciertas especies.

3.5.2 Agentes mutagénicos

Robles (1991) menciona que, existen dos tipos de agentes mutagénicos estos pueden ser: físicos y químicos.

FÍSICOS: los cuales son capaces de ocasionar mutaciones, si estas son aplicadas en dosis exactas cuando estas se aplican en un lugar adecuado y momento oportuno dentro de estos mutágenos se encuentran varios tipos como: rayos X, luz ultravioleta, rayos gamma y algunas veces el efecto de centrifugación en general se clasifican en radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Los efectos inmediatos de las radiaciones ionizantes son la fisión (ruptura) o la fusión (ligamento) de las moléculas de Cadena larga como el ADN. Los rayos gamma son de longitud de onda corta y por lo tanto poseen más energía por fotón que los rayos X. el poder de penetración de los rayos gamma se obtiene de radioisótopos como lo son el Co-60 y el Ce-137, que son las fuentes principales usadas en trabajos radiobiológicos.

QUÍMICOS: son todos aquellos productos químicos que son mutagénicos tanto en animales como en plantas y que pueden afectar solo en algunos organismos y en otros no por presentar una acción restringida a estadios específicos del desarrollo o sexo. Las más usadas son: ácido nitroso, sulfonatedietílico (DES), sulfonato de etilmetano (EMS), colchicina, etil-etano, sulfato, proflavina, nitrosaminas, y otros.

3.6 Radiación

Según Domínguez (1999), la radiación se puede definir como la emisión y propagación de energía a través del espacio o de un medio material, en forma de ondas o de partículas.

La radiación es una de las formas de transmisión de energía entre sistemas físicos, no es un proceso continuo sino intermitente, por medio del cual se transmiten elementos de energía denominados quanta (Sánchez *et al.*, 1994).

3.6.1 Radiación Ionizante

Según Domínguez (1999), la radiación se puede definir como la emisión y propagación de energía a través del espacio o de un medio material, en forma de ondas o de partículas.

El mismo autor indica que, la radiación ionizante es toda aquella radiación capaz de producir iones, directa o indirectamente, debido a su interacción con la materia. También indica que, la radiación electromagnética no posee masa en reposo pero si posee una cantidad de energía, que se refiere a los rayos X, la luz visible, la radiación gamma, las ondas de radio, etc., interacciona con la materia con una menor probabilidad y por lo tanto su poder de penetración es mayor.

Las radiaciones ionizantes se denominan así porque al absorberse en un medio provocan la expulsión de electrones orbitales, es decir, provocan una ionización, y con ello gran cantidad de energía (Sánchez *et al.*, 1994).

3.6.2 Radiación Gamma

Peixoto (1970) menciona que, los estudios realizados sobre mutaciones inducidas por medio de radiaciones gamma se han utilizado hasta ahora en semillas de

diferentes especies, en diferentes dosis, buscando un determinado objetivo, pero debido a la gran variabilidad que existe al realizar este tipo de mutaciones se alcanzaron otras metas no esperadas obteniendo buenos resultados, UV que producen dímeros de timina, rayos X y las radiaciones gamma que rompen el DNA.

Según Domínguez (1999) indica que, las macromoléculas como el ácido desoxirribonucleico (ADN) son más sensibles a la radiación por lo que se producen alteraciones en su reproducción. Debido a su mayor poder de penetración, la radiación gamma es la que se usa para las aplicaciones en agronomía, para modificar las características de las plantas, semillas, etc.

Según el IAEA (2008), los procesos de irradiación de la Comisión Nacional de Energía Atómica emplean esta forma particular de ondas electromagnéticas, o sea la radiación Gamma, que se conoce también como radiación ionizante o "energía ionizante". La fuente más comúnmente utilizada de rayos Gamma es el Cobalto - 60. Los diversos productos y substancias son tratados con energía ionizante emitida por Cobalto - 60 en una instalación conocida como irradiador ó planta de irradiación.

3.6.3 Cobalto 60

Robles (1991) menciona que, el Co-60 es un isotopo radiactivo emitido en un reactor nuclear. Para uso práctico se fabrica encapsulado en cilindros de acero inoxidable y siempre en el interior de un contenedor de plomo o hierro que blindo la radiación.

El Cobalto 60 es un metal que se caracteriza por emitir energía en forma de rayos llamados Gamma (g). Se lo obtiene a partir del Cobalto en su estado natural, llamado Cobalto 59, cuando es expuesto a un flujo de alta velocidad de partículas muy pequeñas llamadas neutrones. Estos neutrones son parte constitutiva de los átomos que componen la materia.

3.7 Germinación de las semilla

Camacho (1994) señala que, “la germinación es el proceso mediante el cual un embrión adquiere metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta”.

Según Bonifacio *et al.* (1992), las semillas de quinua son capaces de germinar muy rápidamente en presencia de humedad, esta semilla está recubierta de una cutícula y es por el hilio que esta absorbe la mayor parte del agua necesaria para la germinación, el embrión va a encontrar en el perisperma la energía necesaria para el desarrollo muy rápido de la raicilla luego de los cotiledones, el perisperma está compuesto de células más o menos llenas de montones de granos de almidón.

El IBTA, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (1993) afirma que, la germinación es definida como la emergencia y el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, manifestando su capacidad para dar origen a una plántula normal, sobre condiciones ambientales favorables y se expresa en porcentaje y su determinación está padronizada en el mundo entero para cada especie. En función al porcentaje de germinación y de las semillas puras, el agricultor puede determinar la densidad de siembra.

Para Hartmann y Kester (1994), la germinación es el proceso de reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla y la emergencia de la radícula (raíz) y de la plúmula (tallo), conducentes a la producción de una plántula. Fisiológicamente la germinación comienza con las etapas iniciales de reactivación bioquímica y termina con la emergencia de la radícula. Morfológicamente y para el ensayo de semillas y propagación de plantas, la definición debe incluir la producción de una plántula normal.

3.7.1 Fases de la germinación

La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas superpuestas parcialmente.

- **Hidratación;** Es la absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa.
- **Activación química;** Es el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones del crecimiento del embrión.
- **Ruptura de la testa;** Es el crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En la mayoría de las semillas, el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa que es la emergencia de la radícula

3.7.2 Viabilidad

Capacidad para germinar, cuando la semilla posee todo lo que necesita para hacerlo. El hecho de que una semilla este viva no garantiza que germine, aun en condiciones óptimas, pues pueden ocurrir fenómenos como la dormición (IPGRI, 2000).

Rodríguez (2001) sostiene que, se entiende por viabilidad a la capacidad potencial que posee para germinar. Esta capacidad depende, por un lado del estado de la madurez de la semilla y por otro, de su calidad. Además las *Chenopodiaceas* pertenecen al grupo de semillas ortodoxas.

3.7.3 Caracterización y Evaluación

Rojas (1999) al respecto indica que, las responsabilidades de un centro de conservación de recursos genéticos es evaluar las colecciones, utilizando para ello ciertas características que permiten identificarlo individualmente o agruparlos a todas

aquellas colecciones que tienen características similares, o presentan características especiales, que permiten la descripción de colecciones ya sea como individuos o en grupos de colecciones con características similares cultivadas en una determinada área geográfica, han sido denominados descriptores.

Jaramillo y Baena (2000), menciona que son actividades complementarias que sostienen en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, y localizar genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos.

La caracterización y la evaluación son actividades complementarias que consisten en escribir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, localizar genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos. Las dos actividades requieren exactitud, cuidado y constancia, e incluyen un componente importante de registro de datos (IPGRI, 2000).

IV. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó, en predios de la Estación Experimental de Toralapa dependiente del Instituto Nacional de Innovación Agropecuario y Forestal (INIAF). Ubicado a 74 km al sur de la ciudad, en la provincia Tiraque del departamento de Cochabamba – Bolivia. Geográficamente se ubica a 17°31' de latitud sud y 67°40' de longitud oeste, a una altura de 3430 m.s.n.m., precipitación promedio de 530 mm y temperatura promedio de 11°C.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material Vegetal

Para el presente estudio de investigación, se utilizó 3 variedades comerciales de quinua (cuadro1), 2 variedades y una accesión comercial de cañahua (cuadro 2) procedentes del Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

Cuadro 1. Características de variedades comerciales de quinua.

Variedad	Altura de la planta (cm)	Ciclo de la variedad	Días a la madurez	Rendimiento (kg/ha)	Tamaño grano
Kosuña	90 a 110	Semi precoz	150 a 165	800 a 1000	grande
Blanquita	90 a 130	Semi tardío	170 a 180	1300 a 1500	mediano
Chucapaca	102	Semi tardío	165	2500	grande

Cuadro 2. Características de variedades comercial de cañahua.

Variedad	Hábito de crecimiento	Altura de planta (cm)	Ciclo de la variedad	Días a la madurez	Rdto. (kg/ha)	Tamaño de grano
Illimani	lasta	54	Semi precoz	160	800	mediano
Kullaca	lasta	50	Semi precoz	150	700	grande
Acc. 222	lasta	42	Semi precoz	133	550	pequeño

5.1.2 Equipos y Materiales de Laboratorio

El equipo que se utilizó para la irradiación de semillas, fue la bomba de Cobalto- 60 el cual emite rayos Gamma.

También se utilizó materiales de laboratorio como: cajas petri, papel absorbente, pinza, lupa, algodón, agua destilada, alcohol(70% v/v) y marcador acrílico; para la germinación se utilizó un equipo de cámara de crecimiento.

5.2 Métodos

5.2.1 Procedimiento Experimental

El presente trabajo de investigación fue dividido en tres fases:

PRIMERA FASE: DOSIMETRIA

a) Radiosensibilidad con rayos gamma (Co-60)

Para esta etapa de la investigación se necesita 1000 semillas por tratamiento considerando ello se tomó 5 g de semilla para quinua y 3 g en cañahua por tratamiento. Se tomó en cuenta que 100 semillas de quinua pesa 0.43 g y 100 semillas de cañahua pesa 0.2 g.

El material vegetal ya preparado fue trasladado al Hospital de Clínicas a la Unidad de Radioterapia donde se realizó la irradiación de las semillas. El equipo utilizado para este propósito fue una bomba de Cobalto-60 de Industria Argentina; marca TERADI 800.

Cuadro 3. Dosis y tiempos de irradiación de las semillas con la Bomba de Cobalto-60.

Dosis de irradiación (Gy)	Tiempo de irradiación (min)
0	0 (testigo)
50	50
100	100
150	150
200	200
250	250
300	300

SEGUNDA FASE: LABORATORIO

b) Conteo de semillas y análisis de germinación

Se realizó manualmente el conteo de las semillas, utilizando 400 semillas por cada uno de los tratamientos de quinua y cañahua. Se procedió a la siembra, 100 semillas en cada caja petri con cuatro repeticiones por tratamiento.

La toma de datos de la germinación fue realizada cada 8 horas hasta las 96 horas donde la plántula presenta todas sus estructuras esenciales desarrolladas, que es recomendado por las Normas del ISTA (Internacional Seed Testing Association), tanto para la quinua y cañahua.

TERCERA FASE: AMBIENTE PROTEGIDO

c) Acondicionamiento del invernadero

Se preparó el sustrato con Turba, Cascarilla de arroz, Tierra vegetal y Tierra del lugar en una relación de 1:1:1:3 lo cual mantendrá la humedad adecuada. El sustrato se llenó en macetas de 16 cm de diámetro y 22 cm de altura, asignando 84 macetas para quinua y 63 para cañahua.

d) Siembra

La siembra consistió en la distribución manual de la semilla, se utilizó 5 semillas por maceta para quinua y cañahua, inmediatamente se cubrió la semilla con una capa delgada de tierra, a una profundidad de 1 a 2 cm.

e) Labores culturales

Durante el desarrollo de la planta, se efectuó los deshierbes para evitar la competencia con el cultivo por nutrientes y agua.

f) Control fitosanitario

Para el control de mosca blanca y pulgón se aplicó productos químicos, en la primera aplicación consta de Ridomil, Perfekthion, Crecifol y Adherente, para la segunda aplicación se usó Ridomil, Perfekthion, Nitrofosca floración y Adherente, ambos se preparó para 5 litros; se tomó como una forma de controlar y prevenir el ataque de plagas y además de ayudar en el desarrollo de la planta.

g) Cosecha

Dicha actividad se realizó una vez que las plantas llegaron a la madurez fisiológica y consistió en el segado, secado, trillado y venteado en forma consecutiva.

- El segado se realizó en forma manual (corte con tijera podadora), cuando las plantas cumplieron su ciclo vegetativo.
- La trilla fue individual por tratamiento, mediante el pisado y pulido en forma manual logrando desprender el perigonio del fruto.
- Para el venteo de los granos se utilizó tamices y zarandas para eliminar las impurezas obteniendo grano limpio.

5.3 Diseño Experimental

LABORATORIO: Para el análisis de datos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) bifactorial (Calzada, 1986) con cuatro repeticiones, el modelo lineal aditivo es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es una observación cualquiera

μ = Es la media general

α_i = Es el efecto del i-ésimo variedad

β_j = Efecto del j-ésimo dosis de irradiación

$\alpha\beta_{ij}$ = Interacción entre el factor A y el factor B

ε_{ijk} = Error experimental total

AMBIENTE PROTEGIDO: Para el análisis de datos se utilizó un diseño bloques al azar (DBA) bifactorial (Calzada, 1986) con cuatro bloques, el modelo lineal aditivo es:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \delta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es una observación cualquiera

μ = Es la media general

β_k = Efecto del k-ésimo bloque

α_i = Es el efecto del i-ésimo variedad

δ_j = Efecto del j-ésimo dosis de irradiación

$\alpha\beta_{ij}$ = Interacción entre el factor A y el factor B

ε_{ijk} = Error experimental total

5.3.1 Tratamientos

Los factores en estudio en Quinua y Cañahua fueron:

Factor A = Variedades		Factor B
Cañahua	Quinua	Dosis de irradiación
a ₁ (Illimani)	a ₁ (Kosuña)	b ₁ (0 Gy)
a ₂ (Kullaca)	a ₂ (Blanquita)	b ₂ (50 Gy)
a ₃ (Accesión 222)	a ₃ (Chucapaca)	b ₃ (100 Gy)
		b ₄ (150 Gy)
		b ₅ (200 Gy)
		b ₆ (250 Gy)
		b ₇ (300 Gy)

5.3.2 Dosis letal media (DL-50) de irradiación para las variedades de quinua y cañahua.

A partir de los datos obtenidos hasta los 5 meses se determinó la dosis letal media (DL-50) de irradiación para el caso, la variable determinante fue supervivencia. En base al promedio general de supervivencia desarrollada por el testigo se tomó la mitad y con ella se graficó una recta que intersecta con la supervivencia desarrollada de los demás tratamientos y de esa manera se logró obtener la dosis óptima de irradiación para cada una de las variedades de quinua y cañahua.

5.3.3 Variables de Respuesta

En laboratorio se determinó la germinación de las semillas irradiadas:

- **Porcentaje de germinación;** se contabilizó la cantidad de semillas que germinaron a los 4 días de su siembra, según el protocolo de pruebas de germinación en semilla de quinua de INIAF – La Paz, que se trabajo sobre las normas del ISTA (Internacional Seed Testing Association).

- **Longitud de radícula e hipocótilo;** este carácter se midió con un vernier en mm a los 8 días de su siembra.

En ambiente protegido se evaluaron:

- **Porcentaje de supervivencia;** se contabilizó la cantidad de semillas que se adaptaron a condiciones de campo.
- **Longitud y Ancho de lámina de hoja;** se midió en centímetros.
- **Altura de la planta;** se midió en centímetros desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja, una primera a los dos meses de su siembra con 8 hojas verdaderas y la segunda en la madurez fisiológica.
- **Diámetro del tallo principal;** se midió en milímetros en el tallo principal en la parte media del tercio inferior de la planta, en la madurez fisiológica.
- **Número de ramas primarias;** se contó desde la base hasta el segundo tercio de la planta en la madurez fisiológica.
- **Longitud de panoja;** a la madurez fisiológica, se midió en centímetros desde la base hasta el ápice de la panoja principal, en quinua.
- **Diámetro de panoja;** a la madurez fisiológica, se hizo la medida en centímetros del diámetro máximo de la panoja principal, en quinua.
- **Índice de cosecha**

$$IC = PG/PB+PG \text{ ó también } IC = PG/PT$$

$$\left. \begin{array}{l} PG: \text{ Peso del grano} \\ PB: \text{ Peso de Broza} \end{array} \right\} \text{ PT: } \text{ Peso total}$$

5.3.4 Transformación de los datos

Debido a que los datos tomados en porcentaje de germinación y supervivencia estaban fuera de la curva normal se realizó la transformación de datos con la raíz cuadrada de $X+1$ ($\sqrt{X+1}$).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de la investigación en dos partes: La primera, resultado de la evaluación en laboratorio y una segunda de las evaluaciones realizadas en ambiente protegido. Donde muestran los efectos de las dosis de irradiación gamma (Co-60) sobre el comportamiento de variedades comerciales de quinua y cañahua.

Estas variables evaluadas bajo el análisis de varianza a un nivel de 5%, para las comparaciones de medias se empleo la prueba de Duncan.

6.1 Variables de respuesta de Laboratorio

Las variables de respuesta de laboratorio, se estimaron durante todo el proceso de la evaluación de germinación, los resultados e interpretación se describen a continuación:

6.1.1 Porcentaje de germinación en quinua.

Cuadro 4. Análisis de varianza del porcentaje de germinación de quinua evaluada en diferentes tiempos (transformación $\sqrt{X+1}$).

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F			
		20 horas	32 horas	44 horas	96 horas
Variedad	2	<,0001 **	<,0001 **	<,0001 **	<,0001 **
Dosis	6	<,0001 **	<,0001 **	0,1022 ns	0,886 ns
Variedad*Dosis	12	<,0001 **	<,0001 **	0,6887 ns	0,9496 ns
C.V. (%)	63	9,27	4,19	3,29	5,14

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

El cuadro 4, muestra una alta significancia del factor variedad para el porcentaje de germinación en todos los tiempos evaluados, por otro lado el factor dosis de irradiación y la interacción de factores variedad por dosis de irradiación muestra

efectos significativos para las 20 y 32 horas de germinación y no así para las 44 y 96 horas donde las semillas germinaron en su totalidad.

Por otro lado, los coeficientes de variación alcanzaron valores por debajo del 10%, lo cual indica que los datos obtenidos del porcentaje de germinación de la quinua han sido llevados adecuadamente, donde podemos aseverar que los resultados obtenidos son confiables.

Cuadro 5. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación para las variedades de quinua evaluadas en diferentes tiempos.

Variedad/Hora	Porcentaje de Germinación (%)			
	20 horas	32 horas	44 horas	96 horas
Blanquita	82,64 a	91,71 a	96,57 a	99,61 a
Kosuña	26,14 b	65,79 b	97,07 a	99,71 a
Chucapaca	22,96 b	29,89 c	38,46 b	55,25 b

En el cuadro 5, expresan las diferentes respuestas en porcentaje de germinación de la variedad Blanquita con 82.64% respecto a la variedad Kosuña y Chucapaca con 26.14 y 22.96% respectivamente evaluadas a las 20 horas. También se observa que a las 32 horas de la siembra de las semillas presenta diferencias donde la variedad Blanquita germinó un 91.71% a comparación de la variedad Kosuña con 65.79% y respecto a la variedad Chucapaca con un 29.89% de germinación.

Asimismo se observa que a las 44 y 96 horas después de la siembra existe diferencia significativa entre los porcentajes de germinación de la variedad Blanquita y Kosuña respecto a la variedad Chucapaca.

De acuerdo al cuadro 6, se deduce que el comportamiento de las semillas de quinua a diferentes dosis de irradiación mostró diferencias en el porcentaje de germinación a las 20 horas de la siembra del testigo con 52.67% respecto de 100, 150, 200, 250 y 300 Gy con 42.42, 41.67, 41.17, 40 y 37.58% respectivamente. No existe diferencia entre los porcentajes de germinación del testigo respecto a las dosis de 50 Gy con

51.92%. Tampoco existe diferencia entre los porcentajes de germinación de 100, 150, 200, 250 y 300 Gy.

Cuadro 6. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación evaluadas en diferentes tiempos para el factor dosis de irradiación en quinua.

Dosis/Hora	Porcentaje de Germinación (%)	
	20 horas	32 horas
0 Gy	52,67 a	70,50 a
50 Gy	51,92 a	66,33 b
100 Gy	42,42 b	61,42 c
150 Gy	41,67 b	61,17 c
200 Gy	41,17 b	60,75 c
250 Gy	40,00 b	59,25 c
300 Gy	37,58 b	57,83 c

También se observa que a las 32 horas de la siembra de las semillas, existe diferencia entre los porcentajes de germinación del testigo con 70.5% respecto de 50 Gy con 66.33% y en relación de 100, 150, 200, 250 y 300 Gy con 61.42, 61.17, 60.75, 59.25 y 57.83% respectivamente. No existe diferencia entre los porcentajes de germinación 100, 150, 200, 250 y 300 Gy.

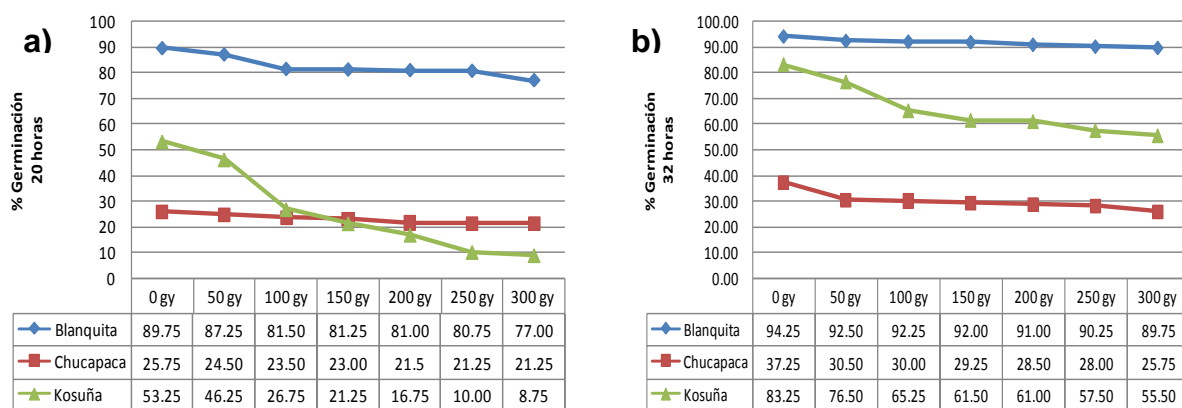
Cuadro 7. Análisis de efecto simple para el porcentaje de germinación de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.

F.V.	20 Horas				32 Horas			
	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
variedad (0gy)	3605,33	63,63	<,0001	**	3376,75	154,18	<,0001	**
variedad (50gy)	4061,08	71,67	<,0001	**	4216,33	192,52	<,0001	**
variedad (100gy)	3598,58	63,51	<,0001	**	3704,33	169,14	<,0001	**
variedad (150gy)	4585,58	80,93	<,0001	**	3782,33	172,7	<,0001	**
variedad (200gy)	4841,08	85,44	<,0001	**	4065,75	185,64	<,0001	**
variedad (250gy)	5912,58	104,35	<,0001	**	4160,58	189,97	<,0001	**
variedad (300gy)	7587,75	133,91	<,0001	**	4431,25	202,33	<,0001	**
Error	56,66				21,90			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza de efectos simples (cuadro 7), se observa que el porcentaje de germinación de las variedades de quinua dentro los niveles de dosis de irradiación presenta altas diferencias estadísticas a las 20 y 32 horas después de la siembra, en todos los casos.

Figura 1. Análisis del efecto simple para el porcentaje de germinación de las variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) 20 horas; b) 32 horas.



En la figura 1, se observa la interacción de los factores del porcentaje de germinación; a 20 horas después de la siembra, se aprecia que la variedad Blanquita y Chucapaca presentan gran diferencia en la germinación pero una disminución gradual de la germinación a medida que los niveles de irradiación se incrementan, manteniendo la misma tendencia. La variedad Kosuña presenta un nivel medio de germinación para el testigo (0 Gy) y disminuye drásticamente a medida que se incrementa la irradiación a partir de 100 Gy hasta llegar a un valor inferior a 8,75% con 300 Gy de irradiación, este valor está por debajo de la germinación presentada por la variedad Chucapaca al mayor tratamiento de irradiación (300 Gy).

A las 32 horas después de la siembra, se aprecia que la variedad Blanquita y la Chucapaca presentan una diferencia significativa en el porcentaje de germinación para el testigo (0 Gy) y van disminuyendo, uniformemente, a medida que se

incrementa el nivel de irradiación. La variedad Kosuña presenta un porcentaje alto de germinación (83,25%) para el testigo (0 Gy) y va disminuyendo en mayor proporción a medida que la irradiación se incrementa.

En síntesis se puede decir que, la variedad Blanquita presenta los mayores porcentajes de germinación para los dos periodos de muestreo 20 y 32 horas y la germinación no fue afectada por el incremento de irradiación. La variedad Chucapaca presentó porcentajes de germinación bajos, sin embargo fue levemente afectado por la aplicación gradual de irradiación. La variedad Kosuña presentó porcentajes de germinación intermedios y fue la más afectada por la aplicación de tratamientos de irradiación. En este caso se puede deducir que la irradiación retarda la germinación y esta variedad muestra ser la más sensible a los efectos del agente mutagénico, en este caso la irradiación Co-60.

Gómez *et al.* (2003), que trabajo en el Mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) mediante mutaciones inducidas, se puede apreciar una germinación más lenta en el material tratado con agentes mutagénicos; sin embargo, el porcentaje de germinación fue similar, a las 18 horas el testigo germinó 100%, el tratamiento de 150Gy con 91%, el de 250 Gy con 94% y de 350 Gy con 91%.

6.1.2 Porcentaje de germinación en cañahua.

Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de germinación de cañahua evaluada en diferentes tiempos (transformación $\sqrt{X+1}$).

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F			
		20 horas	32 horas	44 horas	96 horas
Variedad	2	<,0001 **	<,0001 **	<,0001 **	<,0001 **
Dosis	6	0,0068 *	0,0006 **	0,0319 *	0,0014 **
Variedad*Dosis	12	<,0001 **	<,0001 **	0,0408 *	0,0039 **
C.V. (%)		5,98	3,01	1,09	0,73

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

El cuadro 8, muestra una alta significancia del factor variedad y el factor dosis de irradiación para el porcentaje de germinación en todos los tiempos evaluados, por otro lado la interacción de factores variedad por dosis de irradiación muestra efectos significativos para las 20,32, 44 y 96 horas de germinación.

Por otro lado, los coeficientes de variación alcanzaron valores por debajo del 10%, lo cual indica que los datos obtenidos del porcentaje de germinación de la cañahua han sido colectados adecuadamente, donde podemos aseverar que los resultados obtenidos son confiables.

En el cuadro 9, expresa las diferentes respuestas en porcentaje de germinación a las 20 horas de la siembra de las semillas, la variedad Illimani con 85.68% respecto a la variedad Kullaca con 77.32% y en relación a la Accesión 222 con 36.29%. También se observa que en los porcentajes de germinación a las 32, 44 y 96 horas después de la siembra, existen diferencias significativas entre las variedades Illimani y Kullaca respecto a la Accesión 222. Pero no existen diferencias entre los porcentajes de germinación de la variedad Illimani y Kullaca.

Cuadro 9. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación para las variedades de cañahua evaluadas en diferentes tiempos.

Variedad/Hora	Porcentaje de Germinación (%)			
	20 horas	32 horas	44 horas	96 horas
Illimani	85,68 a	97,14 a	99,04 a	99,39 a
Kullaca	77,32 b	95,93 a	98,39 a	99,00 a
Acc. 222	36,29 c	71,79 b	92,89 b	96,54 b

De acuerdo al cuadro 10, se deduce que el comportamiento de las semillas de cañahua a diferentes dosis de irradiación mostró diferencias en el porcentaje de germinación a las 20 horas de la siembra del testigo con 71.5% respecto de 250 y 300 Gy con 63.33 y 62.5% respectivamente. No existe diferencia entre los

porcentajes de germinación del testigo respecto a las dosis de 50, 100, 150 y 200 Gy con 68.17, 67.92, 66.17, y 65.42% respectivamente.

Cuadro 10. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de germinación evaluadas en diferentes tiempos para el factor dosis de irradiación en cañahua.

Dosis/Hora	Porcentaje de Germinación (%)			
	20 horas	32 horas	44 horas	96 horas
0 Gy	71,50 a	91,42 a	98,17 a	99,17 a
50 Gy	68,17 a b	91,33 a	97,75 ab	99,08 a
100 Gy	67,92 a b	89,58 ab	96,83 abc	98,83 a
150 Gy	66,17 a b	89,50 ab	96,83 abc	98,50 a
200 Gy	65,42 a b	86,50 bc	96,42 abc	98,25 ab
250 Gy	63,33 b	86,00 bc	96,00 bc	97,25 b
300 Gy	62,50 b	83,67 c	95,42 c	97,08 b

También se observa diferencias en el porcentaje de germinación a las 32 horas de la siembra de las semillas, del testigo y 50 Gy con 91.42 y 91.33% respectivamente, respecto de 300 Gy con 83.67%. No existe diferencia entre los porcentajes de germinación del testigo y 50 Gy respecto a las dosis de 100 y 150 Gy con 89.58 y 89.5% ambos. Tampoco existen diferencias entre 200, 250 y 300 Gy con 86.5, 86 y 83.67% respectivamente.

Asimismo se observa a las 44 horas de la siembra de las semillas, que existe diferencia entre los porcentajes de germinación del testigo con 98.17% respecto de 300 Gy con 95.42%. No existe diferencia entre los porcentajes de germinación del testigo respecto a las dosis de 50, 100, 150 y 200 Gy con 97.75, 96.83 y 96.42% respectivamente. Tampoco existen diferencias entre los porcentajes de germinación de 100, 150, 200, 250 y 300 Gy con 96.83, 96.42, 96 y 95.42% respectivamente.

Además se observa que existe diferencia en el porcentaje de germinación a las 96 horas de la siembra de las semillas, del testigo, 50, 100 y 150 Gy con 99.17,

99.08, 98.83 y 98.5% respecto de 250 y 300 Gy con 97.25 y 97.08% respectivamente. No existe diferencia entre los porcentajes de germinación del testigo, 50, 100 y 150 Gy respecto a las dosis de 200 Gy con 98.25%.

Cuadro 11. Análisis de efecto simple para el porcentaje de germinación de cañahua de la interacción de variedad por dosis de irradiación.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F							
		20 horas	32 horas	44 horas	96 horas				
Variedad (0gy)	2	<,0001	**	<,0001	**	0,0645	ns	0,3279	ns
Variedad (50gy)	2	<,0001	**	<,0001	**	<,0001	**	0,3688	ns
Variedad (100gy)	2	<,0001	**	<,0001	**	<,0001	**	0,8507	ns
Variedad (150gy)	2	<,0001	**	<,0001	**	<,0001	**	0,0284	*
Variedad (200gy)	2	<,0001	**	<,0001	**	0,0053	**	<,0001	**
Variedad (250gy)	2	<,0001	**	0,0021	**	0,0371	*	<,0001	**
Variedad (300gy)	2	<,0001	**	<,0001	**	<,0001	**	0,0013	**

** = Altamente significativo; * = Significativo; NS = No significativo

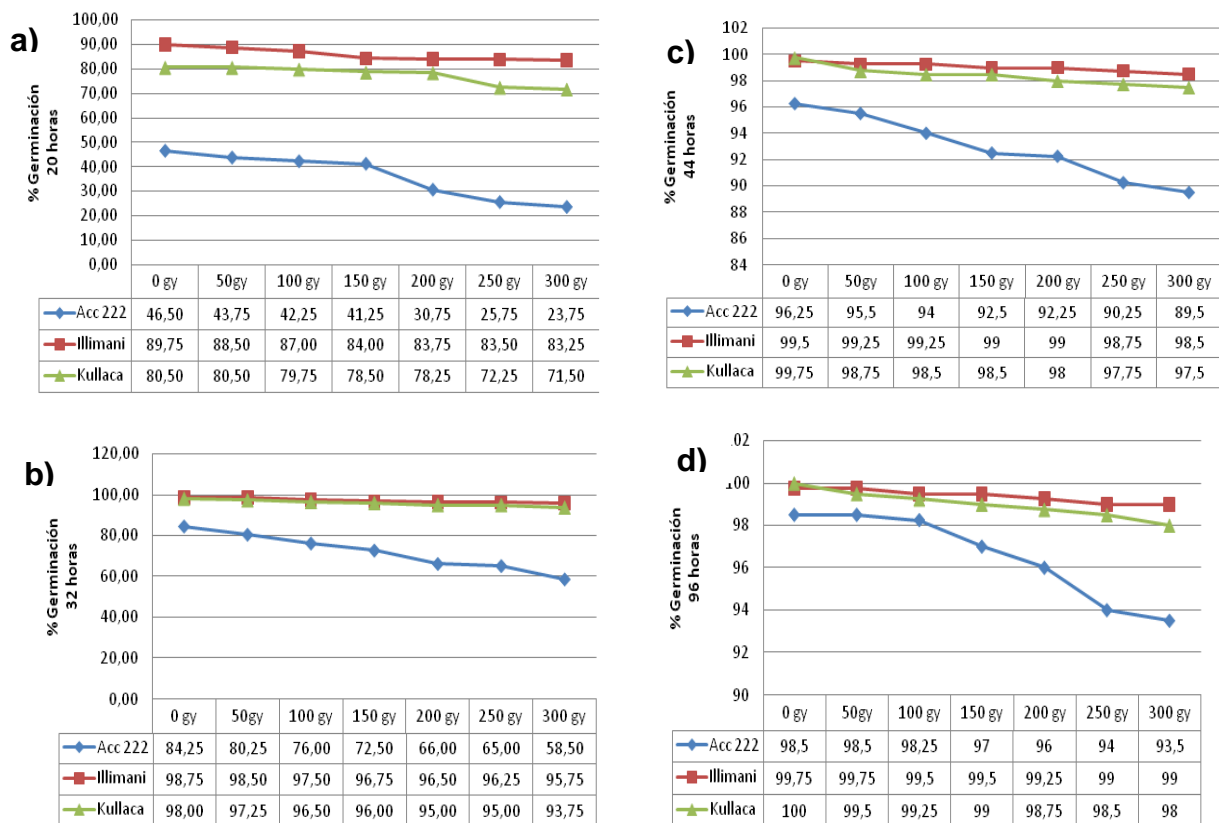
De acuerdo al análisis de varianza de efectos simples (cuadro 11), se observa que el porcentaje de germinación a las 20 y 32 horas después de la siembra, presenta altas diferencias estadísticas, en todos los casos, donde se tiene un comportamiento significativamente diferenciado del factor variedad con los niveles de dosis de irradiación.

Asimismo, el análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de germinación a las 44 horas después de la siembra, presenta altas diferencias estadísticas, en todos los casos, donde se tiene un comportamiento significativamente diferenciado del factor variedad con los niveles de dosis de irradiación, excepto el testigo que no presenta diferencia a comparación de los demás.

Además, a las 96 horas después de la siembra, en los niveles de 0, 50 y 100 Gy de dosis de irradiación no presentan diferencias significativas a comparación de los demás niveles de 150, 200, 250 y 300 Gy que si presenta altas diferencias

estadísticas, donde se tiene un comportamiento significativamente diferenciado del factor variedad con los niveles de dosis de irradiación.

Figura 2. Análisis del efecto simple para el porcentaje de germinación de las variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) 20 horas; b) 32 horas; c) 44 horas; d) 96 horas.



En la figura 2, se observa la interacción entre variedades de cañahua por dosis de irradiación para la variable de respuesta porcentaje de germinación a diferentes tiempos de muestreo: 20, 32, 44 y 96 horas después de la siembra. Los cuadros muestran que la variedad Illimani y Kullaca no presentan diferencias significativas en la germinación con relación a los niveles de dosis de irradiación. Por el contrario, la Accesoión 222 muestra diferencias significativas para el porcentaje de germinación que va disminuyendo, drásticamente, a medida que la irradiación aumenta, hasta llegar a un valor de 58.5% a los 300 Gy. En resumen se puede

aseverar que la accesión 222 fue la que más retrasó su germinación debido al efecto de la irradiación con Co-60.

Gómez *et al.* (2007), que trabajo con mejoramiento genético de la Kiwicha (*Amarantus caudatus* L.) empleando inducción de mutaciones, presenta valores promedios de germinación logrados en los diversos tratamientos estudiados. La germinación varió de 78.67 a 95.67% en aquellas semillas irradiadas con rayos gamma. El testigo presentó una germinación de 97.33% y no se apreciaron diferencias entre el testigo y los tratamientos una vez realizada la prueba de Duncan.

6.1.3 Longitud de radícula en quinua y cañahua.

En el cuadro 12, muestra que no existe diferencia significativa del factor variedad y el factor dosis de irradiación respecto a la longitud de radícula en quinua medida a los 8 días después de la siembra esto debido a que tuvieron un tiempo óptimo para desarrollar la radícula normalmente; así mismo presenta un coeficiente de variación de 23.55%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 12. Análisis de varianza de longitud de radícula en quinua y cañahua a los 8 días de su siembra.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F		
		Quinua		Cañahua
Variedad	2	0,4638	ns	<,0001 **
Dosis	6	0,0581	ns	<,0001 **
Variedad*Dosis	12	0,921	ns	0,3943 ns
C.V. (%)		23,55		7,95

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

En el análisis de varianza para cañahua muestra una alta significancia entre el factor variedad y el factor dosis de irradiación respecto a la longitud de radícula lo cual causó un retraso en su desarrollo. También se puede decir que la interacción

de factor variedad por dosis de irradiación en estudio no existe diferencia significativa.

Su coeficiente de variación determinado corresponde al 7.95%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 13. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de radícula a los 8 días de la siembra por efecto de la variedad de cañahua.

Variedad	Longitud de radícula (mm)	
	Cañahua	
Illimani	2,79	a
Kullaca	2,58	b
Acc. 222	2,41	c

En el cuadro 13, se observa una diferencia significativa en la longitud de radícula de cañahua a los 8 días de la siembra de las semillas, la variedad Illimani con 2.79 cm respecto a la variedad Kullaca con 2.58 cm y en relación a la Accesión 222 con 2.41 cm.

Cuadro 14. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de radícula a los 8 días de la siembra para el factor dosis de irradiación en cañahua.

Dosis	Longitud de radícula (mm)	
	Cañahua	
0 Gy	2,85	a
50 Gy	2,75	a b
100 Gy	2,70	a b
150 Gy	2,58	b c
200 Gy	2,51	c
250 Gy	2,45	c d
300 Gy	2,29	d

De acuerdo al cuadro 14, se deduce que existe diferencia entre la longitud de radícula del testigo con 2.85 cm respecto de 200 Gy con 2.51 cm y de 300 Gy con 2.29 cm. No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50 y 100 Gy con 2.75 y 2.70 cm respectivamente. Tampoco existe diferencias entre las dosis 150, 200 y 250 Gy con 2.58, 2.51 y 2.45 cm respectivamente. Las diferencias entre la longitud de radícula de 50 y 100 Gy son no significativas.

Según Gómez *et al.* (2007), que trabajo con mejoramiento genético de la Kiwicha (*Amarantus caudatus* L.) empleando inducción de mutaciones, indica que el desarrollo radicular se vio afectado con los diversos tratamientos, el valor promedio varió de 3.29 a 7.21 cm entre los tratamientos. El testigo llegó a desarrollar una longitud de 10 cm. La prueba de Duncan indicó que el testigo supera estadísticamente en longitud radicular a todos los tratamientos.

El mismo autor en el año 2003, trabajo con el mejoramiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) mediante mutaciones inducidas, indica respecto a los valores de longitud de raíz no hubo mayores diferencias entre los valores del material tratado y el testigo de referencia con 3.33 cm, el tratamiento de 150Gy con 2.88 cm, el de 250 Gy con 3.33 cm y de 350 Gy con 2.78 cm.

6.1.4 Longitud de hipocótilo en quinua y cañahua.

Cuadro 15. Análisis de varianza de longitud de hipocótilo en quinua y cañahua a los 8 días de su siembra.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F			
		Quinua		Cañahua	
Variedad	2	0,0007	**	<,0001	**
Dosis	6	<,0001	**	0,0009	**
Variedad*Dosis	12	0,1052	ns	0,4173	ns
C.V. (%)		17,03		9,62	

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

El cuadro 15, muestra una alta significancia del factor variedad y el factor dosis de irradiación para la longitud de hipocótilo en quinua y cañahua, por otro lado la interacción de factores variedad por dosis de irradiación muestra que no existe diferencia significativa.

El coeficiente de variación determinado en Quinua corresponde al 17.03%, y en Cañahua es de 9.62%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro16. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de hipocótilo a los 8 días de la siembra por efecto de la variedad quinua y cañahua.

Longitud de hipocótilo (mm)			
Variedad	Quinua	Variedad	Cañahua
Kosuña	3,60 a	Kullaca	2,38 a
Blanquita	3,07 b	Illimani	2,19 b
Chucapaca	2,94 b	Acc. 222	1,82 c

En el cuadro 16, se observa la comparación de medias de la longitud de hipocótilo medida a los 8 días de la siembra de las semillas en quinua presenta diferencias significativas entre la longitud de hipocótilo de la variedad Kosuña con 3.60 cm respecto a la variedad Blanquita y Chucapaca con 3.07 y 2.94 cm respectivamente. Pero no existen diferencias entre la longitud de hipocótilo de la variedad Blanquita y Chucapaca.

También se observa en cañahua que existe diferencia significativa entre la longitud de hipocótilo de la variedad Kullaca con 2.38 cm respecto a la variedad Illimani con 2.19 cm y en relación a la Accesoión 222 con 1.82 cm.

De acuerdo al cuadro 17, se deduce para quinua que existe diferencia entre la longitud de hipocótilo del testigo con 4.06 cm respecto de 100 y 150 Gy con 3.45 y 3.27 cm respectivamente y en relación de 200, 250 y 300 Gy con 2.67, 2.63 y 2.55

cm. No existe diferencia entre la longitud de hipocótilo del testigo respecto a las dosis de 50 Gy con 3.79 cm.

Cuadro 17. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de hipocótilo en quinua y cañahua, a los 8 días de la siembra para el factor dosis de irradiación.

Dosis	Longitud de hipocótilo (mm)	
	Quinua	Cañahua
0 Gy	4,06 a	2,31 a
50 Gy	3,79 a b	2,21 a b
100 Gy	3,45 b	2,20 a b
150 Gy	3,27 b	2,15 a b
200 Gy	2,67 c	2,06 b c
250 Gy	2,63 c	2,05 b c
300 Gy	2,55 c	1,93 c

Asimismo se observa para cañahua que existe diferencia entre la longitud de hipocótilo del testigo con 2.31 cm respecto de 300 Gy con 1.93 cm. No existe diferencia del testigo respecto a las dosis de 50, 100 y 150 Gy con 2.21, 2.20 y 2.15 cm respectivamente. Tampoco existen diferencias entre 200 y 250 Gy con 2.06 y 2.05 cm respectivamente. Las diferencias entre la longitud de hipocótilo de 50, 100, 150 Gy y 200, 250 Gy son no significativas.

En el Mejoramiento de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) mediante mutaciones inducidas, indica respecto a los valores de longitud de hipocótilo no hubo mayores diferencias entre los valores del material tratado y el testigo de referencia con 3.53 cm, el tratamiento de 150Gy con 3.85 cm, el de 250 Gy con 3.78 cm y de 350 Gy con 3.6 cm. (Gómez *et al.*, 2003).

6.2 Variables de respuesta de Ambiente Protegido.

Las variables de respuestas de ambiente protegido, se evaluaron durante todo el proceso del desarrollo de la planta, los resultados e interpretación se describen a continuación:

6.2.1 Porcentaje de supervivencia en quinua.

En el cuadro 18, el análisis de varianza muestra una alta significancia del factor variedad utilizadas por efecto de la dosis de irradiación a la que fueron sometidas. También se puede decir que el factor dosis de irradiación y la interacción de factores variedad por dosis de irradiación en estudio tiene una alta diferencia significativa con respecto al porcentaje de supervivencia a los 67 días de su siembra. En cambio en la evaluación de supervivencia a los 10 y 142 días, la interacción de factores variedad por dosis de irradiación en estudio no presentó diferencia significativa.

Cuadro 18. Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia evaluada en diferentes tiempos en quinua (transformación $\sqrt{X+1}$).

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F		
		10 días	67 días	142 días
Bloque	2	0,042 *	<,0001 **	0,9569 ns
Variedad	2	<,0001 **	<,0001 **	<,0001 **
Dosis	6	0,6149 ns	<,0001 **	<,0001 **
Variedad*Dosis	12	0,2011 ns	0,0015 **	0,2134 ns
C.V. (%)		8,49	9,63	16,05

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Por otro lado el coeficiente de variación determinado en el porcentaje de supervivencia es menor al 17%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 19. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de supervivencia por efecto de la variedad de quinua.

Variedad/Días	Porcentaje de supervivencia (%)		
	10 días	67 días	142 días
Blanquita	81,57 a	56,17 a	44,55 a
Kosuña	81,29 a	59,57 a	40,57 a
Chucapaca	30,14 b	18,71 b	16,33 b

En el cuadro 19, se observa que existe diferencia significativa entre el porcentaje de supervivencia de la variedad Kosuña y Blanquita respecto a la variedad Chucapaca en todos los casos. Pero no existen diferencias entre el porcentaje de supervivencia de la variedad Blanquita y Kosuña.

Cuadro 20. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del porcentaje de supervivencia para el factor dosis de irradiación en quinua.

Dosis/Días	Porcentaje de supervivencia (%)	
	67 días	142 días
0 Gy	61,33 a	52,67 a
50 Gy	58,67 a	44,00 a
100 Gy	51,67 a b	39,67 a
150 Gy	51,00 a b	38,00 a
200 Gy	42,00 b	22,67 b
250 Gy	23,33 c	12,80 b c
300 Gy	10,50 d	4,00 c

De acuerdo al cuadro 20, se observa que a los 67 días existe diferencia entre los porcentajes de supervivencia del testigo y 50 Gy con 61,33 y 58,67% respectivamente respecto de 200 Gy con 42% y a cerca de 250 Gy con 23.33%, también de 300 Gy con 10.5%. No existen diferencias del testigo y 50 Gy respecto a las dosis de 100 y 150 Gy con 51.67 y 51% respectivamente. Las diferencias entre los porcentajes de supervivencia de 100 y 150 Gy son no significativas.

Asimismo en el porcentaje de supervivencia a los 142 días de la siembra de las semillas, se observa que existe diferencia entre el testigo, 50, 100 y 150 Gy con 52.67, 44, 39.67 y 38% respectivamente respecto de 200 Gy con 22.67% y a cerca de 300 Gy con 4%.

De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple (cuadro 21), del porcentaje de supervivencia a los 67 días después de la siembra, presenta altas diferencias estadísticas, en todos los casos, donde se tiene un comportamiento significativamente diferenciado del factor variedad con los niveles de dosis de

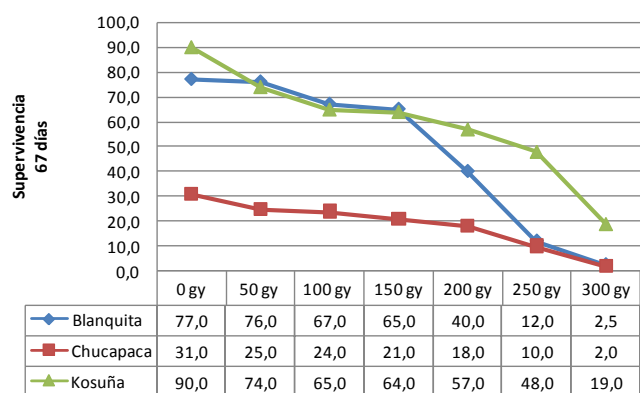
irradiación. Excepto el tratamiento con 300 Gy que no presenta diferencia significativa.

Cuadro 21. Análisis de efecto simple para el porcentaje de supervivencia a los 67 días después de su siembrade la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
variedad (0gy)	2	5829,333	2914,666	42,3	<,0001	**
variedad (50gy)	2	1264	632	9,17	0,0015	**
variedad (100gy)	2	2305,333	1152,666	16,73	<,0001	**
variedad (150gy)	2	3409,333	1704,667	24,74	<,0001	**
variedad (200gy)	2	1948	974	14,14	0,0001	**
variedad (250gy)	2	1829,333	914,6667	13,28	0,0002	**
variedad (300gy)	2	289	289	4,19	0,0539	ns
Error	20	1378	68,9			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Figura 3. Análisis del efecto simple para el porcentaje de supervivencia de las variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación a los 67 días de su siembra.



En la figura 3, se observa la interacción de los factores del porcentaje de supervivencia a los 67 días después de la siembra, donde se aprecia que la variedad Blanquita, Kosuña y Chucapaca presentan una diferencia significativa en el porcentaje de supervivencia que va disminuyendo en cuanto mayor irradiación reciben las semillas.

6.2.2 Porcentaje de supervivencia en cañahua.

Cuadro 22. Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia evaluada en diferentes tiempos en cañahua (transformación $\sqrt{X+1}$).

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F					
		11 días		69 días		143 días	
Bloque	2	0,5108	ns	0,7697	ns	0,5018	ns
Variedad	2	0,1823	ns	0,3598	ns	0,3956	ns
Dosis	6	0,8982	ns	0,2804	ns	0,8784	ns
Variedad*Dosis	12	0,2452	ns	0,0255	*	0,0545	ns
C.V. (%)		23,86		21,44		25,66	

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

En el cuadro 22, el análisis de varianza muestra que entre los factores de variedad y dosis de irradiación no existen diferencia significativa con respecto al porcentaje de supervivencia; pero, en la interacción de variedad por dosis de irradiación a los 69 días de su siembra presenta una diferencia significativa; así mismo presenta un coeficiente de variación menor al 26%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

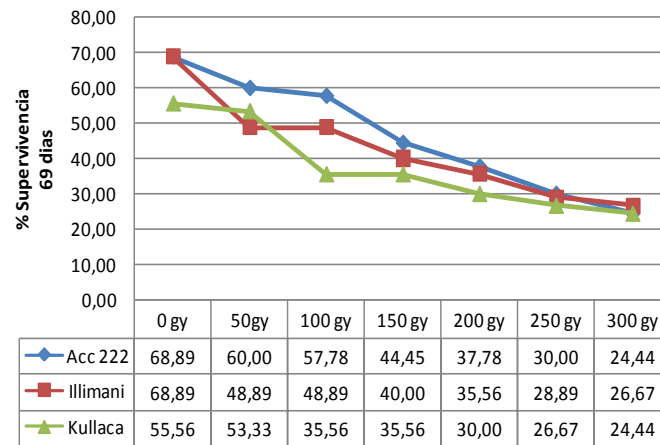
Cuadro 23. Análisis de efecto simple para el porcentaje de supervivencia a los 69 días después de su siembra de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
Variedad (0gy)	2	1451,8819	725,9407	2,31	0,112	ns
Variedad (50gy)	2	1017,2197	508,6098	1,62	0,2104	ns
Variedad (100gy)	2	2873,6592	1436,8296	4,58	0,0162	*
Variedad (150gy)	2	1806,9926	903,4963	2,88	0,0679	ns
Variedad (200gy)	2	602,6716	301,3358	0,96	0,3914	ns
Variedad (250gy)	2	1688,5333	844,26660	2,69	0,0801	ns
Variedad (300gy)	2	2,1121	1,056086	0	0,9966	ns
Error	40	12549,7632	313,7440			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

En el cuadro 23, el análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de supervivencia a los 69 días después de la siembra, no presentan diferencias estadísticas, en todos los casos, donde se tiene un comportamiento no diferenciado del factor variedad con los niveles de dosis de irradiación. Excepto el tratamiento con la dosis de 100 Gy que presenta diferencia significativa a comparación de las demás niveles.

Figura 4. Análisis del efecto simple para el porcentaje de supervivencia de las variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación a los 69 días después de la siembra.



En la figura 4, se observa la interacción de los factores del porcentaje de supervivencia a los 69 días después de la siembra, donde se aprecia que la variedad Illimani, Kullaca y la Acceso 222 presentan una diferencia en el porcentaje de supervivencia que va disminuyendo con relación a los niveles de dosis de irradiación van aumentando.

Gómez *et al.* (2003), trabajo en el Mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) mediante mutaciones inducidas, indica que los datos del efecto de los agentes mutagénicos en la germinación y supervivencia del material genético se pueden apreciar los valores promedio obtenidos en los cuatro genotipos. La supervivencia sigue un patrón similar, observándose una deficiencia en la formación de hojas a medida que se incrementa la dosis, produciéndose la muerte

de las plantas con hojas cotiledonales aproximadamente a los 30 días de emergido el material. El porcentaje de supervivencia del testigo es de 88%, del tratamiento de 50 Gy con 79%, de 150 Gy con 71%, de 250 Gy con 69% y de 350 Gy con 8%.

6.2.3 Altura de planta en quinua

En el cuadro 24, el análisis de varianza muestra que existen diferencias entre bloques, el diseño fue bien aplicado. De la misma manera muestra una alta significancia en el factor variedad y el factor dosis de irradiación. También se puede decir que la interacción de factores variedad por dosis de irradiación tiene una alta diferencia significativa en la altura de planta a los dos meses de su siembra y a la madurez fisiológica.

Cuadro 24. Análisis de varianza de altura de planta evaluada en diferentes fases fenológica en quinua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F	
		Dos meses	Madurez fisiológica
Bloque	2	0,0247 *	0,0003 **
Variedad	2	<,0001 **	<,0001 **
Dosis	6	<,0001 **	<,0001 **
Variedad*Dosis	12	<,0001 **	<,0001 **
C.V. (%)		7,32	8,39

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Por otro lado el coeficiente de variación determinado en la altura de planta es menor al 9%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

En el cuadro 25, se observa la comparación de medias de la altura de planta medida a los dos meses de la siembra de las semillas, que existe diferencias significativas de la variedad Kosuña con 34.44 cm respecto a la variedad Blanquita con 29.12 cm y en relación de la variedad Chucapaca con 26.5 cm.

Cuadro 25. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de altura de planta por efecto de la variedad de quinua.

Variedad	Altura de planta (cm)	
	dos meses	madurez fisiológica
Kosuña	34,44 a	90,33 a
Blanquita	29,12 b	88,45 a
Chucapaca	26,50 c	65,17 b

También se observa que existe diferencia significativa entre la altura de planta a la madurez fisiológica de la variedad Blanquita con 90.33 cm respecto a la variedad Kosuña con 65.17 cm. Pero no existen diferencias entre la altura de planta de la variedad Blanquita respecto a la Chucapaca con 88.45 cm.

Cuadro 26. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la altura de planta para el factor dosis de irradiación en quinua.

Dosis	Altura de planta (cm)	
	dos meses	madurez fisiológica
0 Gy	48,35 a	112,93 a
50 Gy	42,57 b	110,39 a
100 Gy	41,54 b	105,98 a
150 Gy	32,79 c	89,29 b
200 Gy	20,76 d	63,25 c
250 Gy	8,80 e	27,46 d
300 Gy	4,85 f	12,75 e

De acuerdo al cuadro 26, de la comparación de medias de la altura de planta a los dos meses de la siembra de las semillas, se observa que existen diferencia entre la altura de planta del testigo con 48.35 cm respecto de 50 y 100 Gy con 42.57 y 41.54 cm y también de 150 Gy con 32.79 cm, a cerca de 200 Gy con 20.76 cm respecto a 250 Gy con 8.80 cm y en relación de 300 Gy con 4.85 cm. No existe diferencia entre altura de planta con dosis de 50 y 100 Gy.

También se observa que existe diferencia entre la altura de planta a la madurez fisiológica del testigo con 112.93 cm respecto de 150 Gy con 89.29 cm, a cerca de

200 Gy con 63.25 cm respecto a 250 Gy con 27.46 cm y en relación de 300 Gy con 12.75 cm. No existe diferencia entre altura de planta del testigo respecto al nivel de 50 y 100 Gy con 110.39 y 105.98 cm respectivamente.

Cuadro 27. Análisis de efecto simple para altura de planta de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F			
		dos meses		Madurez fisiológica	
Variedad (0gy)	2	0,0015	**	<,0001	**
Variedad (50gy)	2	0,0229	*	<,0001	**
Variedad (100gy)	2	<,0001	**	<,0001	**
Variedad (150gy)	2	<,0001	**	<,0001	**
Variedad (200gy)	2	<,0001	**	0,4624	ns
Variedad (250gy)	2	<,0001	**	0,2706	ns
Variedad (300gy)	2	0,5404	ns	0,0822	ns

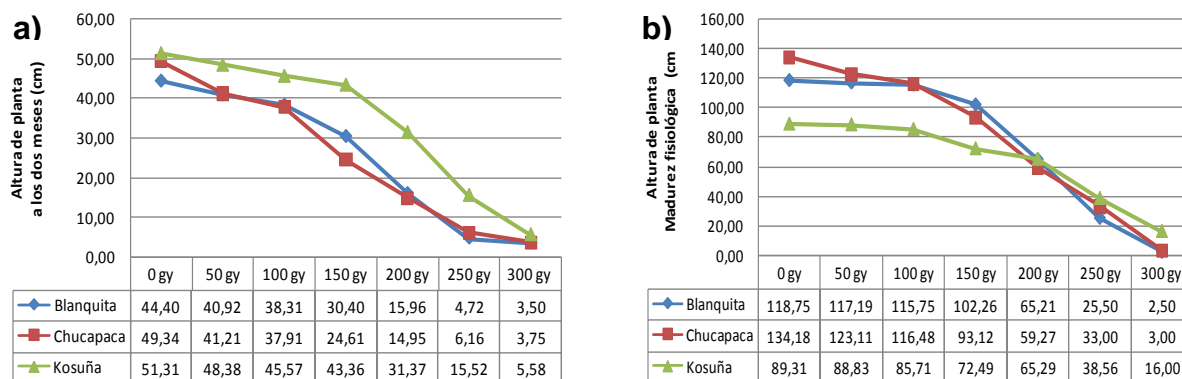
** = Altamente significativo; * = Significativo; ns= No significativo

En el cuadro 27, el análisis de varianza de Efectos Simples para altura de planta a los dos meses de su siembra se observa que las variedades de quinua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente, excepto para el tratamiento con dosis de irradiación 300 Gy, no presenta significancia.

En la altura de planta a la madurez fisiológica se observa que las variedades de quinua presentan diferencias significativas y no así para los tratamientos con dosis de 200, 250 y 300 Gy.

En la figura 5, se observa la interacción de los factores dosis de irradiación por variedad para la altura de planta, se aprecia que las variedades de quinua presentan una diferencia significativa en la altura de planta con relación a los niveles de dosis de irradiación. La variedad Kosuña en la altura de planta a los dos meses de su siembra presenta una mayor altura a comparación de las otras dos variedades que presenta una altura menor.

Figura 5. Análisis del efecto simple para la altura de planta en variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) dos meses de siembra; b) madurez fisiológica.



Gómez *et al.* (2003) menciona que, en condiciones de campo podemos apreciar la altura de planta, evaluada al mes de sembrado el material, con valores similares en todo el material, incluyendo el testigo. Las plantas del tratamiento 350 Gy no sobrevivieron. El tratamiento de 150Gy con 68.25 cm, el de 250 Gy con 51.75 cm. de altura de planta.

Rojas (1998) indica que, a la madurez fisiológica las variedades y genotipos de quinua se diferencian notoriamente por su altura. También determina que la altura de planta en la quinua es un carácter muy variable, donde es posible encontrar variedades altas y enanas según las características, variando éstas de 0.70 a 1.40 m de altitud.

Mújica *et al.* (2004) indican que, las alturas de las plantas varían desde 30 a 300 cm., dependiendo del tipo de quinua, de genotipos, de las condiciones ambientales donde crece y la fertilidad de los suelos.

6.2.4 Altura de planta en cañahua.

En el cuadro 28, el análisis de varianza muestra que existen diferencias entre bloques, el diseño fue bien aplicado. De la misma manera la altura de planta a los

dos meses de su siembra muestra una alta significancia en el factor dosis de irradiación y no así en el factor variedad y la interacción de factores variedad por dosis de irradiación que no presenta diferencia significativa. En cambio en la altura de planta a la madurez fisiológica se observa una alta diferencia significativa en el factor variedad y el factor dosis de irradiación así también en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación.

Cuadro 28. Análisis de varianza de altura de planta evaluada en diferentes fases fenológica en cañahua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F	
		Dos meses	Madurez fisiológica
Bloque	2	<,0001 **	<,0001 **
Variedad	2	0,1755 ns	<,0001 **
Dosis	6	<,0001 **	<,0001 **
Variedad*Dosis	12	0,7626 ns	0,0041 **
C.V. (%)		23,96	13,81

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Por otro lado el coeficiente de variación determinado corresponde al 23.97% en la altura de planta a los dos meses de su siembra y 13.81% en la altura de planta a la madurez fisiológica, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 29. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de altura de planta a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de cañahua.

Variedad	Altura de planta (cm)
	Madurez fisiológica
Kullaca	55,95 a
Acc. 222	52,85 a
Illimani	45,12 b

En el cuadro 29, se observa la comparación de medias de la altura de planta a la madurez fisiológica, donde presenta diferencias significativas entre la variedad Kullaca con 55.95 cm respecto a la variedad Illimani con 45.12 cm. Pero no

existen diferencias entre la variedad Kullaca respecto a la Accesoión 222 con 52.85 cm.

Cuadro 30. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de altura de planta para el factor dosis de irradiación en cañahua.

Dosis	Altura de planta (cm)	
	dos meses	madurez fisiológica
0 Gy	29,42 a	60,82 a
50 Gy	26,63 a b	60,03 a b
100 Gy	26,17 a b	53,87 a b c
150 Gy	23,98 b c	53,22 b c
200 Gy	19,94 c d	50,89 c
250 Gy	15,17 d e	43,49 d
300 Gy	10,98 e	36,82 d

De acuerdo al cuadro 30, la comparación de medias de la altura de planta a los dos meses de la siembra de las semillas, se observa que existe diferencia entre el testigo con 29.42 cm respecto de 300 Gy con 10.98 cm. No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50 y 100 Gy con 26.63 y 26.17 cm respectivamente. Las diferencias entre la altura de planta de 50 y 100 Gy son no significativas, así también de 200 y 250 Gy con 19.94 y 15.17 cm.

También se observa que existe diferencia entre la altura de planta a la madurez fisiológica del testigo con 60.82 cm respecto de 200 Gy con 50.89 cm y a cerca de 250 y 300 Gy con 43.49 y 36.82 cm respectivamente. No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50 y 100 Gy con 60.03 y 53.87 cm respectivamente.

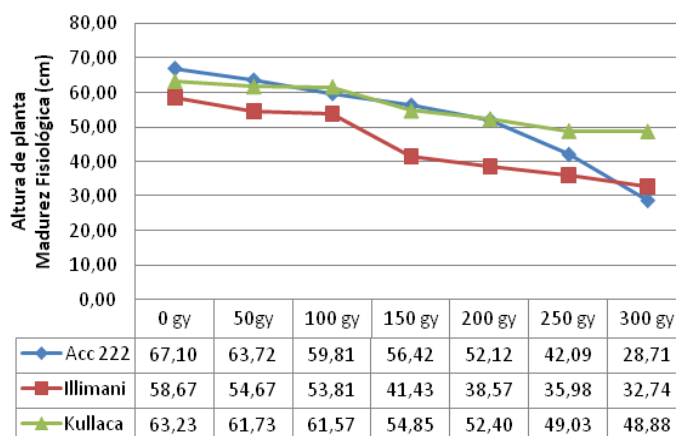
De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple (cuadro 31), se observa que las variedades de cañahua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente en la altura de planta a la madurez fisiológica. No existe diferencias en la altura de planta de las variedades dentro la dosis de irradiación de 0, 50 y 100 Gy.

Cuadro 31. Análisis de efecto simple para altura de planta a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
Variedad (0gy)	2	135,7062	67,8531	1,35	0,2706	ns
Variedad (50gy)	2	267,4077	133,7038	2,66	0,0822	ns
Variedad (100gy)	2	149,1352	74,5676	1,48	0,2388	ns
Variedad (150gy)	2	407,3404	203,6702	4,05	0,0249	*
Variedad (200gy)	2	413,2446	206,6223	4,11	0,0237	*
Variedad (250gy)	2	694,3450	347,1725	6,91	0,0026	**
Variedad (300gy)	2	1070,4564	535,2282	10,66	0,0002	**
Error	40	2009,2710	50,2317			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Figura 6. Análisis del efecto simple para la altura de planta a la madurez fisiológica en variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación.



En la figura 6, se observa la interacción de los factores de altura de planta a la madurez fisiológica, se aprecia que las variedades de cañahua presentan una diferencia significativa con relación a los niveles de dosis de irradiación.

Gómez *et al.* (2007), trabajo con Mejoramiento Genético de la Kiwicha (*Amarantus caudatus* L.) empleando inducción de mutaciones, presenta la altura de plántulas en diferentes edades y de la planta adulta. A la dosis de 400 Gy se observa un incremento en altura de 3 cm (8 días) a 135.20 a medida que la planta se

establece en el campo (109 días). Las plantas tratadas con 1000 Gy no sobrevivieron y la altura de la plántula varió de 3.8 (8 días) a 4.50 cm (28 días).

Respecto a la altura de planta, Rojas *et al.* (2002), registraron un rango de variación de 12.60 a 73.20 cm de altura y de igual manera asocian a la altura de plantas de acuerdo al hábito de crecimiento, en tanto Quisbert (2000), en caracterización de plantas de hábito de crecimiento lasta y saihua reportó una variación de 32.00 a 49.10 cm, las diferencias en variables morfológicas se deben a variaciones genéticas y del medio donde desarrollan las plantas.

Al respecto Cahuana (2006), en su investigación de evaluación de accesiones promisorias de cañahua de los bancos de germoplasma de La paz y Oruro en la comunidad de Sullcatunca del Municipio de Curahuara de Carangas, estudio a las accesiones 300, 472 y 081 donde registro promedios de 29.9, 21.8 y 21.2 cm respectivamente.

Dosis altas influyen directamente en los ácidos nucleicos, citocromos, mitocondrias y membranas celulares (Marcano, 2006).

6.2.5 Ancho y Largo de lámina de hoja en quinua.

Cuadro 32. Análisis de varianza de ancho y largo de lámina de hoja en quinua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F	
		Ancho de hoja	Largo de hoja
Bloque	2	0,7697 ns	0,5801 ns
Variedad	2	0,0002 **	<,0001 **
Dosis	6	<,0001 **	<,0001 **
Variedad*Dosis	12	0,6587 ns	0,0058 **
C.V. (%)		12,09	8,11

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

En el cuadro 32, el análisis de varianza muestra que no existen diferencias entre bloques, el diseño pierde precisión. De la misma manera muestra una alta significancia entre el factor variedad y el factor dosis de irradiación para el ancho y largo de lámina de hoja. También se puede decir que la interacción de factores variedad por dosis de irradiación no presenta diferencia significativa en el ancho de lámina de hoja. En cambio en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación presenta diferencia significativa en el largo de lámina de hoja.

Por otro lado el coeficiente de variación determinado en el ancho de lámina de hoja corresponde al 12.09% y en el largo de lámina de hoja es de 8.11% lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 33. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del ancho y largo de lámina de hoja por efecto de la variedad de quinua.

Variedad	Ancho de hoja	Largo de hoja
Blanquita	3,93 a	5,88 a
Chucapaca	3,47 b	5,49 b
Kosuña	3,35 b	4,91 c

En el cuadro 33, se observa la comparación de medias, ancho de lámina de hoja que presenta diferencias significativas entre la variedad Blanquita con 3.93 cm respecto a la variedad Chucapaca y Kosuña con 3.47 y 3.35 cm respectivamente.

También se observa la comparación de medias de largo de lámina de hoja, presenta diferencia significativa entre la variedad Blanquita con 5.88 cm respecto a la variedad Chucapaca con 5.49 y en relación de Kosuña con 4.91 cm.

De acuerdo al cuadro 34, según la prueba de significancia Duncan al ($p < 0.05$), se observa que existe diferencia entre el testigo con 4.91 cm respecto de 50 y 100 Gy con 4.45 y 4.33 cm respectivamente, a cerca de 150 Gy con 3.57 cm respecto de 200 Gy con 2.97 cm y a cerca de 300 Gy con 2.28 cm. No existe diferencia entre

el ancho de lámina de hoja de 200 Gy respecto a las dosis de 250 Gy con 2.57 cm.

Cuadro 34. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del ancho y largo de lámina de hoja para el factor dosis de irradiación en quinua.

Dosis	Ancho de hoja	Largo de hoja
0 Gy	4,91 a	6,79 a
50 Gy	4,45 b	6,36 b
100 Gy	4,33 b	6,17 b
150 Gy	3,57 c	5,56 c
200 Gy	2,97 d	5,10 d
250 Gy	2,57 d e	4,35 e
300 Gy	2,28 e	3,67 f

También se observa la comparación de medias del largo de lámina de hoja, que existe diferencia entre el testigo con 6.79 cm respecto de 50 y 100 Gy con 6.36 y 6.17 cm respectivamente, a cerca de 150 Gy con 5.56 cm respecto de 200 Gy con 5.10 cm, a cerca de 250 Gy con 4.35 cm respecto con 300 Gy con 3.67 cm. No existe diferencia entre el largo de lámina de hoja de 50 Gy respecto a las dosis de 100 Gy.

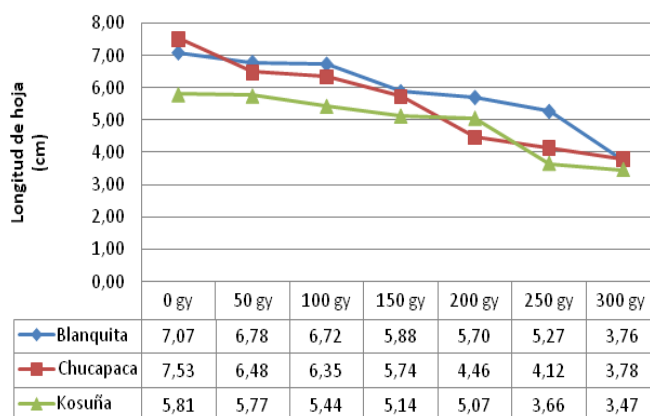
Cuadro 35. Análisis de efecto simple para el largo de lámina de hoja de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
variedad (0gy)	2	5,0104	2,5052	12,94	<,0001	**
variedad (50gy)	2	2,5852	1,2926	6,68	0,0031	**
variedad (100gy)	2	1,4848	0,7424	3,84	0,0299	*
variedad (150gy)	2	1,1147	0,5573	2,88	0,0679	ns
variedad (200gy)	2	2,3264	1,1632	6,01	0,0052	**
variedad (250gy)	2	4,1216	2,0608	10,65	0,0002	**
variedad (300gy)	2	0,1864	0,0932	0,48	0,6213	ns
Error	40	7,7424	0,1935			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple (cuadro 35), del largo de lámina de hoja se observa que las variedades de quinua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existe diferencias en el largo de lámina de hoja de las variedades dentro la dosis de irradiación de 150 y 300Gy.

Figura 7. Análisis del efecto simple para el largo de lámina de hoja en quinua bajo los efectos de dosis de irradiación.



En la figura 7, se observa la interacción de los factores de largo de lámina de hoja donde se aprecia que las variedades de quinua presentan una diferencia significativa con relación a los niveles de dosis de irradiación.

6.2.6 Ancho y Largo de lámina de hoja en cañahua.

En el cuadro 36, el análisis de varianza muestra que existen diferencias entre bloques, el diseño fue bien aplicado. De la misma manera muestra una alta significancia entre el factor variedad y el factor dosis de irradiación. También se puede decir que en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación no presenta diferencia significativa en el ancho de lámina de hoja. En cambio en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación presenta diferencia significativa en el largo de lámina de hoja.

Cuadro 36. Análisis de varianza de ancho y largo de lámina de hoja en cañahua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F	
		Ancho de hoja	Largo de hoja
Bloque	2	0,0152 *	0,0029 **
Variedad	2	0,0054 **	0,0006 **
Dosis	6	0,0008 **	0,0156 *
Variedad*Dosis	12	0,0577 ns	0,0097 **
C.V. (%)	13,44		9,62

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Por otro lado, el coeficiente de variación determinado en el ancho de lámina de hoja corresponde al 13.44% y en el largo de lámina de hoja es de 9.62% lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 37. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del ancho y largo de lámina de hoja por efecto de la variedad de cañahua.

Variedad	Ancho de hoja	Largo de hoja
Acc. 222	2,54 a	2,86 a
Illimani	2,30 b	2,87 a
Kullaca	2,21 b	2,56 b

En el cuadro 37, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$), se observa la comparación de medias del ancho de lámina de hoja, donde presenta diferencias significativas entre la Accesión 222 con 2.54 cm respecto a la variedad Illimani y Kullaca con 2.30 y 2.21 cm respectivamente.

También se observa la comparación de medias del largo de lámina de hoja, que presenta diferencias significativas de la variedad Illimani con 2.87 cm respecto a la variedad Kullaca con 2.56 cm. Pero no existen diferencias entre la variedad Illimani respecto a la Accesión 222 con 2.86 cm.

Cuadro 38. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de ancho y largo de lámina de hoja para el factor dosis de irradiación en cañahua.

Dosis	Ancho de hoja	Largo de hoja
0 Gy	2,62 a	2,31 a
50 Gy	2,60 a	2,21 a b
100 Gy	2,43 a b	2,20 a b
150 Gy	2,42 a b	2,15 a b
200 Gy	2,22 b c	2,06 b c
250 Gy	2,12 b c	2,05 b c
300 Gy	2,02 c	1,93 c

De acuerdo al cuadro 38, según la prueba de significancia Duncan al ($p < 0.05$), de la comparación de medias del ancho de lámina de hoja, se observa que existe diferencia del testigo con 2.62 cm respecto de 300 Gy con 2.02 cm. No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50, 100 y 150 Gy con 2.60, 2.43 y 2.42 cm respectivamente, así también no existe diferencia entre las dosis de 200 y 250 Gy con 2.22 y 2.12 cm respectivamente. Las diferencias entre el ancho de lámina de hoja de 100 y 150 Gy; 200 y 250 Gy son no significativas.

De la comparación de medias del largo de lámina de hoja, se observa que existe diferencia entre el testigo con 2.31 cm respecto de 300 Gy con 1.93 cm. No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50, 100 y 150 Gy con 2.21, 2.20 y 2.15 cm respectivamente, tampoco existe diferencia significativa en las dosis de 200 y 250 Gy con 2.06 y 2.05 cm respectivamente. Las diferencias entre el largo de hoja de 50, 100 y 150; 200 y 250 Gy son no significativas.

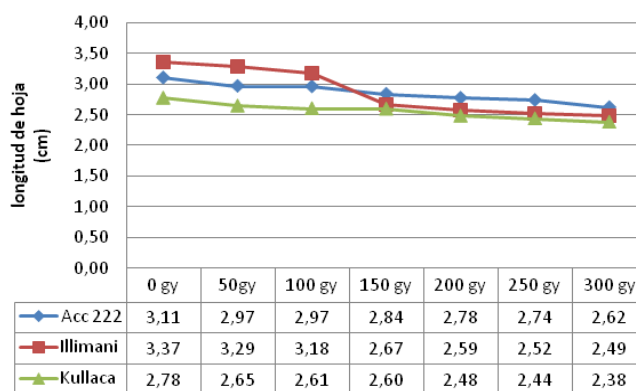
De acuerdo análisis de varianza de Efecto Simple de largo de lámina de hoja (cuadro 39), se observa que las variedades de cañahua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existe diferencias en el largo de lámina de hoja de las variedades dentro la dosis de irradiación de 150, 200, 250 y 300 Gy.

Cuadro 39. Análisis de efecto simple para el largo de lámina de hoja de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
Variedad (0gy)	2	0,5856	0,2928	4,14	0,0233	*
Variedad (50gy)	2	1,3269	0,6634	9,37	0,0005	**
Variedad (100gy)	2	0,6922	0,3461	4,89	0,0126	*
Variedad (150gy)	2	0,1969	0,0984	1,39	0,2605	ns
Variedad (200gy)	2	0,0966	0,0483	0,68	0,5111	ns
Variedad (250gy)	2	0,2736	0,1368	1,93	0,158	ns
Variedad (300gy)	2	0,3886	0,1943	2,75	0,0763	ns
Error	40	2,8312	0,0707			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns= No significativo

Figura 8. Análisis del efecto simple para el largo de lámina de hoja en variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación.



En la figura 8, se observa la interacción de los factores de largo de lámina de hoja donde se aprecia que las variedades de cañahua presentan una diferencia significativa con relación a los niveles de dosis de irradiación.

Rojas *et al.* (2002), reportaron promedios en centímetros de longitud de hoja de 2.82 ± 0.33 , ancho de hoja de 2.81 ± 0.38 , longitud de pecíolo de 1.84 ± 0.41 y número de dientes de 5.09 ± 0.67 .

6.2.7 Longitud de panoja a la madurez fisiológica en quinua.

Cuadro 40. Análisis de varianza de longitud de panoja a la madurez fisiológica en quinua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
Bloque	2	32,329	16,164	2,050	0,142	ns
Variedad	2	900,256	450,128	57,083	<,0001	**
Dosis	6	5637,247	939,541	119,149	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	847,292	70,608	8,954	<,0001	**
Error	40	315,419	7,885			
Total	63	29067,712				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 14.48%

En el cuadro 40, el análisis de varianza muestra que no existen diferencias entre bloques, el diseño pierde precisión. De la misma manera muestra una alta significancia en el factor variedad y el factor dosis de irradiación. También se puede decir que en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación presenta una alta diferencia significativa en la longitud de panoja a la madurez fisiológica.

El coeficiente de variación determinado corresponde al 14.48%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 41. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de longitud de panoja a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua.

Variedad	Longitud de panoja
Blanquita	26,17 a
Chucapaca	25,36 a
Kosuña	13,21 b

En el cuadro 41, según la prueba de significancia Duncan ($p < 0.05$), se observa la comparación de medias de la longitud de panoja, presenta diferencias

significativas entre la variedad Blanquita con 26.17 cm respecto a la variedad Kosuña con 13.21 cm. Pero no existen diferencias entre la variedad Blanquita respecto a Chucapaca con 25.36 cm.

Cuadro 42. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) de la longitud de panoja a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua.

Dosis	Longitud de panoja
0 Gy	29,25 a
50 Gy	26,83 a b
100 Gy	24,98 b c
150 Gy	22,36 c
200 Gy	15,36 d
250 Gy	8,05 e
300 Gy	3,00 f

De acuerdo al cuadro 42, según la prueba de significancia Duncan al ($p < 0.05$), de la comparación de medias de la longitud de panoja, se observa que existe diferencia entre el testigo con 29.25 cm respecto de 150 con 22.36 cm, a cerca de 200 Gy con 15.36 cm respecto a 250 Gy con 8.05 cm y de 300 Gy con 3 cm. No existe diferencia el testigo respecto a la dosis de 50 Gy con 26.83 cm, ni en la dosis de 150 Gy respecto a la de 100 Gy con 24.98 cm.

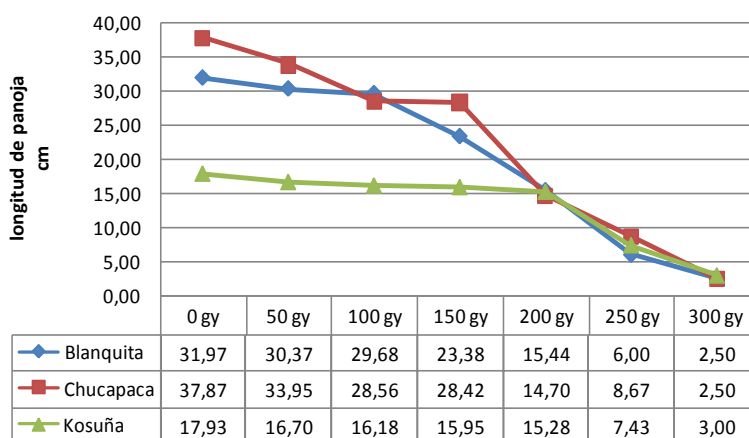
Cuadro 43. Análisis de efecto simple para longitud de panoja a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Ftab	Sig.
variedad (0gy)	2	629,701	314,851	39,928	2,489	**
variedad (50gy)	2	310,449	155,225	19,685	2,489	**
variedad (100gy)	2	530,117	265,059	33,614	2,489	**
variedad (150gy)	2	263,852	131,926	16,730	2,489	**
variedad (200gy)	2	2,363	1,182	0,150	2,489	ns
variedad (250gy)	2	10,685	5,342	0,677	2,489	ns
variedad (300gy)	2	0,500	0,250	0,032	2,489	ns
Error	40	315,419	7,885			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple de longitud de panoja (cuadro 43), se observa que las variedades de quinua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existen diferencias en el tratamiento con dosis de 200 y 250 Gy. Además en la dosis de 300 Gy muestra no significativo porque las plantas no sobrevivieron a esta radiación.

Figura 9. Análisis del efecto simple para la de longitud de panoja a la madurez fisiológica en variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación.



En la figura 9, se observa la interacción de los factores de longitud de panoja, donde se aprecia que las variedades de quinua presentan una diferencia significativa con relación a los niveles de dosis de irradiación.

Según los estudios de Chungara (2000), la longitud de panoja bajo riego varía de 5.7 a 23.6 cm entre la más pequeña y la más alta; y en tratamiento a secano fluctúan de 3.1 a 19.7 cm.

La longitud de las panojas es muy variable, se pueden agrupar en pequeñas de 15 cm., medianas y grandes de hasta 70 cm. (Bonifacio *et al.*, 2004).

Rojas (1998), encontró panojas con promedio de 6.85 cm. y el rango de variación es de 2.86 a 19.42 cm. entre las que formaron pequeñas y altas, respectivamente

esto al evaluar el germoplasma de quinua de la estación experimental Patacamaya.

6.2.8 Diámetro de panoja a la madurez fisiológica en quinua.

Cuadro 44. Análisis de varianza de diámetro de panoja a la madurez fisiológica en quinua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
Bloque	2	0,020	0,010	0,044	0,9569	ns
Variedad	2	15,960	7,980	35,828	<,0001	**
Dosis	6	80,100	13,350	59,937	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	20,882	1,740	7,813	<,0001	**
Error	40	8,909	0,223			
Total	63	621,753				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 16.62%

En el cuadro 44, el análisis de varianza muestra que no existen diferencias entre bloques, el diseño pierde precisión. De la misma manera muestra una alta significancia en el factor variedad y el factor dosis de irradiación. También se puede decir que en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación presenta una alta diferencia significativa en el diámetro de panoja a la madurez fisiológica.

Por otro lado el coeficiente de variación determinado corresponde al 16.62%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 45. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de panoja a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua.

Variedad	Diámetro de panoja (cm)
Chucapaca	3,76 a
Blanquita	3,58 a
Kosuña	2,14 b

En el cuadro 45, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$), se observa la comparación de medias del diámetro de panoja, donde existe diferencia significativa entre la variedad Chucapaca con 3.76 cm respecto a la variedad Kosuña con 2.14 cm. Pero no existen diferencias entre el diámetro de panoja de la variedad Chucapaca respecto a Blanquita con 3.58 cm.

Cuadro 46. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de panoja a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua.

Dosis	Diámetro de panoja (cm)
0 Gy	4,26 a
50 Gy	3,95 a
100 Gy	3,31 b
150 Gy	3,23 b
200 Gy	2,36 c
250 Gy	1,51 d
300 Gy	1,08 d

De acuerdo al cuadro 46, según la prueba de significancia Duncan al ($p < 0.05$), de la comparación de medias del diámetro de panoja, se observa que existe diferencia entre el testigo con 4.26 cm respecto de 100 y 150 Gy con 3.31 y 3.23 cm, a cerca de 200 Gy con 2.36 cm respecto a 250 Gy con 1.51 cm y de 300 Gy con 1.08cm. No existe diferencia entre el diámetro de panoja del testigo respecto a las dosis de 50 Gy con 3.95 cm.

De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple del diámetro de panoja (cuadro 47), se observa que las variedades de quinua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existe diferencias en el diámetro de panoja de las variedades dentro la dosis de irradiación de 200 y 250 Gy. Además en la dosis de 300 Gy muestra no significativo porque las plantas no sobrevivieron a esta irradiación.

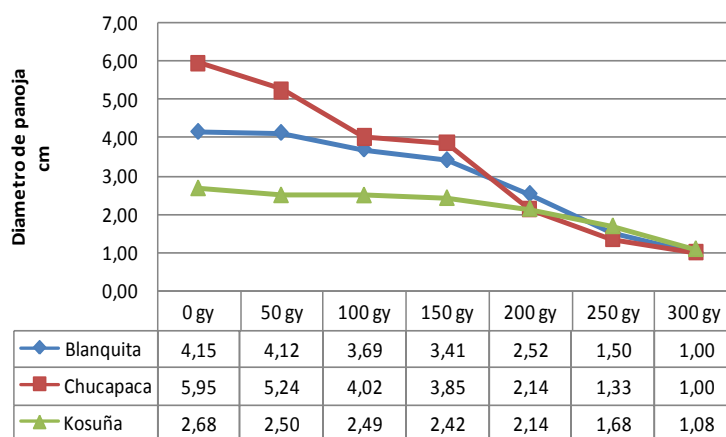
Cuadro 47. Análisis de efecto simple del diámetro de panoja a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	F tab	Sig.
variedad (0gy)	2	16,092	8,046	36,126	2,489	**
variedad (50gy)	2	5,344	2,672	11,997	2,489	**
variedad (100gy)	2	11,444	5,722	25,692	2,489	**
variedad (150gy)	2	3,520	1,760	7,901	2,489	**
variedad (200gy)	2	0,238	0,119	0,534	2,489	ns
variedad (250gy)	2	0,183	0,091	0,410	2,489	ns
variedad (300gy)	2	0,014	0,007	0,031	2,489	ns
Error	40	8,909	0,223			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

En la figura 10, se observa la interacción de los factores de diámetro de panoja, donde se aprecia que las variedades de quinua presentan una diferencia significativa en el diámetro de panoja con relación a los niveles de dosis de irradiación.

Figura 10. Análisis del efecto simple para el diámetro de panoja a la madurez fisiológica en variedades de quinua bajo los efectos de dosis de irradiación.



Rojas (1998), en un estudio sobre el análisis de diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia, registró un promedio máximo de diámetro de panoja de 6.9 + 1.6. cm, con un rango de variación de 2.9 a 19.4 cm entre las

accesiones que formaron las panojas con menor y mayor diámetro, respectivamente.

Alegría (1998) sostiene que, el crecimiento del diámetro de panoja está en función de las condiciones medioambientales.

Al respecto Mújica *et al.*(2004) indican que, el diámetro de panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 5 a 30 cm.de diámetro.

6.2.9 Diámetro de tallo a la madurez fisiológica en quinua y cañahua.

En el cuadro 48, el análisis de varianza muestra que no existen diferencias entre bloques, el diseño pierde precisión. De la misma manera muestra una alta significancia en el factor variedad y el factor dosis de irradiación a la que fueron sometidas. También se puede decir que en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación presenta una alta diferencia significativa en el diámetro de tallo a la madurez fisiológica en quinua y cañahua.

Cuadro 48. Análisis de varianza de diámetro de tallo a la madurez fisiológica en quinua y cañahua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F	
		Quinua	Cañahua
Bloque	2	0,0801 ns	0,7939 ns
Variedad	2	<,0001 **	0,0029 **
Dosis	6	<,0001 **	<,0001 **
Variedad*Dosis	12	0,0015 **	<,0001 **
C.V. (%)		10,29	9,94

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

El coeficiente de variación determinado en Quinua corresponde al 10.29%, para Cañahua es de 9.94%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 49. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de tallo a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua y cañahua.

Variedad	Diámetro de tallo (mm)		
	Quinua	Variedad	Cañahua
Chucapaca	5,59 a	Acc. 222	2,14 a
Blanquita	5,29 a	Kullaca	2,14 a
Kosuña	4,09 b	Illimani	1,94 b

En el cuadro 49, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$), se observa la comparación de medias del diámetro de tallo en quinua, donde existe diferencia significativa entre la variedad Chucapaca con 5.59 mm respecto a la variedad Kosuña con 4.09 mm. Pero no existen diferencias entre variedad Chucapaca respecto a Blanquita con 5.29 mm.

De la misma manera, se observa la comparación de medias del diámetro de tallo en cañahua, donde presenta diferencias significativas entre la Accesoión 222 con 2.14 mm respecto a la variedad Illimani con 1.94 mm. Pero no existen diferencias entre la Accesoión 222 respecto a la variedad Kullaca con 2.14 mm.

Cuadro 50. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del diámetro de tallo a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua y cañahua.

Dosis	Diámetro de tallo (mm)	
	Quinua	Cañahua
0 Gy	6,16 a	2,28 a
50 Gy	5,97 a	2,23 a
100 Gy	5,73 a	2,21 a
150 Gy	5,13 b	2,11 a
200 Gy	4,26 c	2,07 a
250 Gy	2,62 d	1,84 b
300 Gy	1,67 e	1,77 b

De acuerdo al cuadro 50, según la prueba de significancia Duncan al ($p < 0.05$), de la comparación de medias del diámetro de tallo en quinua, se observa que existe

diferencia entre el testigo con 6.16 mm respecto de 150 Gy con 5.13 mm, a cerca de 200 Gy con 4.26 mm respecto a 250 Gy con 2.62 mm y de 300 Gy con 1.67 mm. No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50 y 100 Gy con 5.97 y 5.73 mm respectivamente.

De la comparación de medias del diámetro de tallo en cañahua, se observa que existe diferencia entre el testigo con 2.28 mm respecto de 250 y 300 Gy con 1.84 y 1.77 mm. No existe diferencia entre el diámetro de tallo del testigo respecto a las dosis de 50, 100, 150 y 200 Gy con 2.23, 2.21, 2.11 y 2.07 mm respectivamente.

De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple del diámetro de tallo (cuadro 51), se observa que las variedades de quinua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existe diferencias en el diámetro de tallo de las variedades dentro la dosis de irradiación de 200, 250 y 300 Gy.

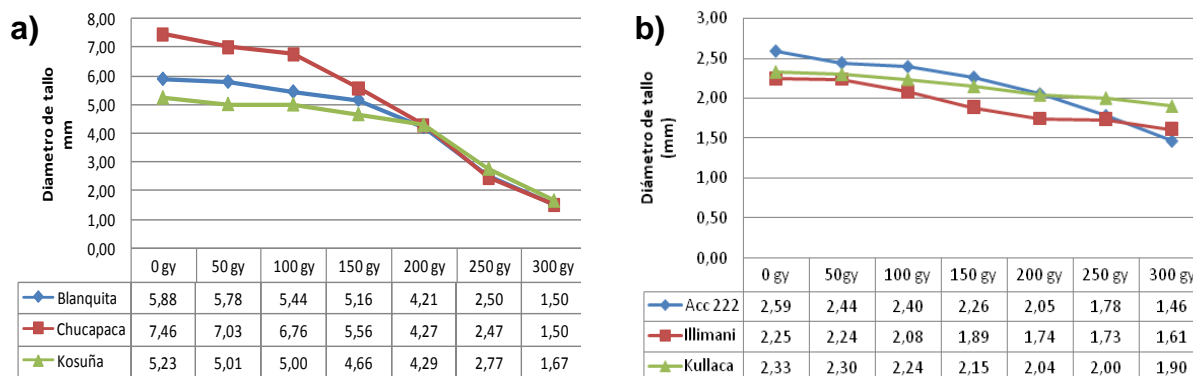
Cuadro 51. Análisis de efecto simple del diámetro de tallo a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua y cañahua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de Significancia Pr > F			
		Quinua		Cañahua	
Variedad (0gy)	2	17,986	2,489	**	0,0875 ns
Variedad (50gy)	2	11,343	2,489	**	0,8577 ns
Variedad (100gy)	2	13,760	2,489	**	0,1266 ns
Variedad (150gy)	2	2,748	2,489	*	<,0001 **
Variedad (200gy)	2	0,025	2,489	ns	0,0147 *
Variedad (250gy)	2	0,379	2,489	ns	0,2508 ns
Variedad (300gy)	2	0,124	2,489	ns	<,0001 **

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns= No significativo

Asimismo, el análisis de varianza de Efecto Simple de diámetro de tallo, se observa que las variedades de cañahua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existe diferencias en el diámetro de tallo de las variedades dentro la dosis de irradiación de 0, 50,100 y 250 Gy.

Figura 11. Análisis del efecto simple para el diámetro de tallo en variedades de quinua y cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) Quinua; b) Cañahua.



En la figura 11, se observa la interacción de los factores de diámetro de tallo; donde las variedades de quinua presentan una diferencia significativa en el diámetro de tallo con relación a los niveles de dosis de irradiación. En las variedades de cañahua presentan una diferencia significativa en el diámetro de tallo con relación a los niveles de dosis de irradiación, el ANVA de efectos simples muestra que las diferencias entre dosis de irradiación en la variedad Illimani y la accesión 222 es significativas y no así en la variedad Kullaca.

Ramos (2000) afirma que, la supresión de riego en determinadas fases fenológicas afecta al diámetro de tallo. Asimismo Rojas (1998) indica que, los genotipos y las variedades de quinuas tardías presentan un mayor diámetro de tallo que las precoces.

Chungara (2000), bajo riego registró diámetros entre 5.9 a 8.1 mm y a seco entre 5.3 a 6.8 mm, lo cual demuestra que de acuerdo a la zona y a las condiciones medioambientales existen diferencias en el desarrollo del cultivo.

Los valores registrados por Flores (2006), fluctuaron entre 1.76 a 5.98 mm menores a los obtenidos, mientras que Rojas *et al.* (2002), reportaron un rango de

variación de 4.60 a 9.26 mm, con resultados más altos, la variación puede deberse a la densidad entre plantas que influye al desarrollo del tallo.

Bilbao(1997), determinó el diámetro que varía de 10.49 a 8.49mm. y corresponden al mayor y menor valor. El diámetro del tallo es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo.

6.2.10 Número de ramas en quinua y cañahua.

En el cuadro 52, el análisis de varianza muestra que existen diferencias entre bloques, el diseño fue bien aplicado. De la misma manera muestra una alta significancia en el factor variedad y el factor dosis de irradiación. También se puede decir que en la interacción de factores variedad por dosis de irradiación presenta una alta diferencia significativa en el número de ramas a la madurez fisiológica tanto para quinua y cañahua.

Cuadro 52. Análisis de varianza del número de ramas a la madurez fisiológica en quinua y cañahua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F	
		Quinua	Cañahua
Bloque	2	0,0419 *	0,0003 **
Variedad	2	<,0001 **	0,0004 **
Dosis	6	<,0001 **	0,0046 **
Variedad*Dosis	12	<,0001 **	<,0001 **
C.V. (%)		11,06	10,81

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns= No significativo

El coeficiente de variación determinado en Quinua corresponde al 11.06%, para Cañahua es de 10.81%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

En el cuadro 53, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$), se observa la comparación de medias del número de ramas en quinua donde presenta diferencias significativas entre la variedad Chucapaca con 16.25 respecto a la variedad

Kosuña con 11.05. Pero no existen diferencias entre la variedad Chucapaca respecto a la Blanquita con 15.39.

Cuadro 53. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del número de ramas a la madurez fisiológica por efecto de la variedad de quinua y cañahua.

Variedad	Número de ramas		
	Quinua	Variedad	Cañahua
Chucapaca	16,25 a	Kullaca	11,26 a
Blanquita	15,39 a	Illimani	10,79 a
Kosuña	11,05 b	Acc. 222	9,76 b

Asimismo se observa la comparación de medias del número de ramas en cañahua, donde presenta diferencia significativa entre la variedad Kullaca con 11.26 respecto a la Accesión 222 con 9.76. Pero no existen diferencias entre la variedad Kullaca respecto a la Illimani con 10.79.

Cuadro 54. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del número de ramas a la madurez fisiológica para el factor dosis de irradiación en quinua y cañahua.

Dosis	Número de ramas	
	Quinua	Cañahua
0 Gy	18,64 a	11,12 a
50 Gy	17,45 a	11,11 a
100 Gy	17,09 a	11,02 a
150 Gy	13,92 b	11,00 a
200 Gy	10,28 c	10,89 a
250 Gy	7,39 d	9,79 b
300 Gy	4,83 e	9,30 b

De acuerdo al cuadro 54, según la prueba de significancia Duncan al ($p < 0.05$), de la comparación de medias del número de ramas en quinua, se observa que existe diferencia entre el testigo con 18.64 respecto de 150 Gy con 13.92, a cerca de 200 Gy con 10.28 respecto a 250 Gy con 7.39 y de 300 Gy con 4.83. No existe

diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50 y 100 Gy con 17.45 y 17.09 respectivamente.

También se observa la comparación de medias del número de ramas en cañahua, que existe diferencia entre el testigo con 11.12 respecto de 250 y 300 Gy con 9.79 y 9.30. No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50, 100, 150 y 200 Gy con 11.11, 11.02, 11 y 10.89 respectivamente.

Cuadro 55. Análisis de efecto simple del número de ramas a la madurez fisiológica de la interacción de variedad por dosis de irradiación en quinua y cañahua.

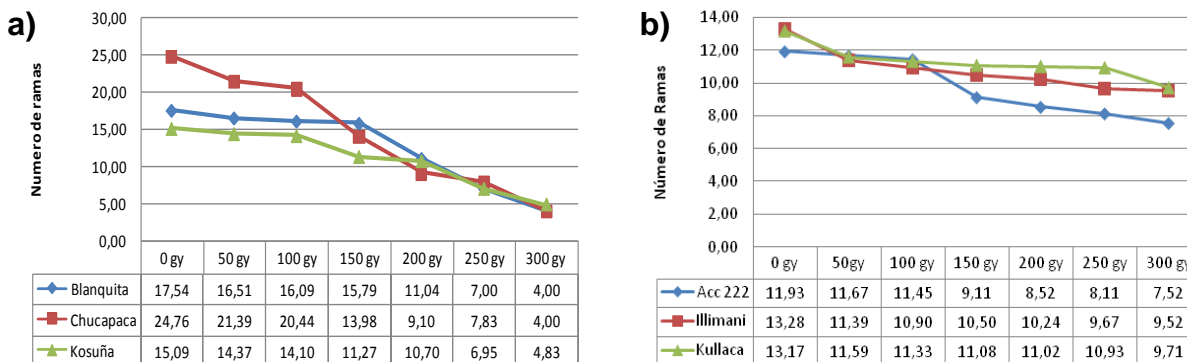
F.V.	GL	Valores de probabilidad de Significancia Pr > F			
		Quinua		Cañahua	
Variedad (0gy)	2	40,483	2,489	**	0,0289 *
Variedad (50gy)	2	20,839	2,489	**	0,3196 ns
Variedad (100gy)	2	13,185	2,489	**	0,8277 ns
Variedad (150gy)	2	9,856	2,489	**	0,362 ns
Variedad (200gy)	2	1,540	2,489	ns	0,0003 **
Variedad (250gy)	2	0,352	2,489	ns	0,0005 **
Variedad (300gy)	2	0,331	2,489	ns	<,0001 **

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple del número de ramas (cuadro 55), se observa que las variedades de quinua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existen diferencias en las dosis de irradiación de 200,250 y 300 Gy.

Asimismo, el análisis de varianza de Efecto Simple de número de ramas en variedades de cañahua, se observa que dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. Pero no existen diferencias en las dosis de irradiación de 50, 100 y 150 Gy.

Figura 12. Análisis del efecto simple para el número de ramas en variedades de quinua y cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación; a) Quinua; b) Cañahua.



En la figura 12, se observa la interacción de los factores de número de ramas, donde se aprecia que las variedades de quinua presentan una diferencia significativa en el número de ramas con relación a los niveles de dosis de irradiación. En las variedades de cañahua presentan una diferencia significativa en el número de ramas con relación a los niveles de dosis de irradiación.

Los resultados obtenidos por Flores (2006), reportó un rango de variación de 5.41a 12.00 ramas, donde las más delgadas corresponden a accesiones de hábito de crecimiento saihua y las que tienen mayor número de ramas corresponden a accesiones lastas. Mientras que Rojas *et al.* (2002), registraron mayor cantidad de número de ramas reportando un rango de variación de 5.80 a 32.40 para esta variable, que puede deberse a las características genéticas porque son accesiones con mayor ramificación.

6.2.11 Índice de cosecha en quinua y cañahua.

En el cuadro 56, el análisis de varianza muestra que existen diferencias entre bloques, el diseño fue bien aplicado. De la misma manera muestra una alta significancia entre el factor variedad y el factor dosis de irradiación. También se puede decir que en la interacción de factores variedad de quinua por dosis de

irradiación no presenta diferencia significativa. En cambio para cañahua la interacción de factores variedad por dosis de irradiación presenta una alta diferencia significativa en el índice de cosecha.

Cuadro 56. Análisis de varianza del Índice de cosecha en quinua y cañahua.

F.V.	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F	
		Quinua	Cañahua
Bloque	2	0,0486 *	<,0001 **
Variedad	2	0,0003 **	<,0001 **
Dosis	6	<,0001 **	<,0001 **
Variedad*Dosis	12	0,0881 ns	0,0066 **
C.V. (%)		23,85	21,93

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

El coeficiente de variación determinado en Quinua corresponde al 23.85%, para Cañahua es de 21.93%, lo cual significa que el manejo de los datos fue de forma apropiada, el porcentaje está dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

Cuadro 57. Comparación de medias (Método de Duncan, p< 0.05) del índice de cosecha por efecto de la variedad de quinua y cañahua.

Variedad	Índice de cosecha		
	Quinua	Variedad	Cañahua
Kosuña	0,29 a	Acc. 222	0,25 a
Chucapaca	0,28 a	Kullaca	0,24 a
Blanquita	0,23 b	Illimani	0,17 b

En el cuadro 57, según la prueba de significancia de Duncan ($p < 0.05$), se observa la comparación de medias del índice de cosecha en quinua, donde presenta diferencias significativas entre la variedad Kosuña con 0.29 que significa que un 29% del total de peso de la planta se manifiesta en el grano y la otra parte que es el 71% es el resto que es la broza, respecto a la variedad Blanquita con 0.23 (23% grano y 77% broza). Pero no existen diferencias entre la variedad Kosuña respecto a Chucapaca con 0.28 (28% grano y 72% broza).

Asimismo, de la comparación de medias del índice de cosecha en cañahua, presenta diferencias significativas entre la Accesión 222 con 0.25 que significa que un 25% del total de peso de la planta se manifiesta en el grano y la otra parte que es el 75% es el resto que es la broza, respecto a la variedad Illimani con 0.17 (17% grano y 83% broza). Pero no existen diferencias entre la Accesión 222 respecto a la variedad Kullaca con 0.24 (24% grano y 76% broza).

Cuadro 58. Comparación de medias (Método de Duncan, $p < 0.05$) del índice de cosecha para el factor dosis de irradiación en quinua y cañahua.

Dosis	Índice de cosecha	
	Quinua	Cañahua
0 Gy	0,38 a	0,32 a
50 Gy	0,37 a	0,29 a b
100 Gy	0,28 b	0,25 b c
150 Gy	0,21 c	0,24 c d
200 Gy	0,20 c	0,19 d e
250 Gy	0,09 d	0,15 e
300 Gy	0,08 d	0,09 f

De acuerdo al cuadro 58, de la comparación de medias del índice de cosecha en quinua, se observa que existe diferencia entre el testigo con 0.38 que significa que un 38% del total de peso de la planta se manifiesta en el grano y la otra parte que es el 62% es el resto que es la broza, respecto de 100 Gy con 0.28 (28% grano y 72% broza), a cerca de 150 y 200 Gy con 0.21 y 0.20 (21 y 20% grano y 79 y 80% broza) respectivamente, y de 250 Gy con 0.09 (9% grano y 91% broza). No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50 Gy con 0.37 (37% grano y 63% broza).

También se observa la comparación de medias del índice de cosecha en cañahua, donde existe diferencia entre el testigo con 0.32 que significa que un 32% del total de peso de la planta se manifiesta en el grano y la otra parte que es el 68% es el resto que es la broza, respecto de 250 Gy con 0.15 (15% grano y 85% broza), a

cerca de 300 Gy con 0.09 (9% grano y 91% broza). No existe diferencia entre el testigo respecto a las dosis de 50 Gy con 0.29 (29% grano y 71% broza).

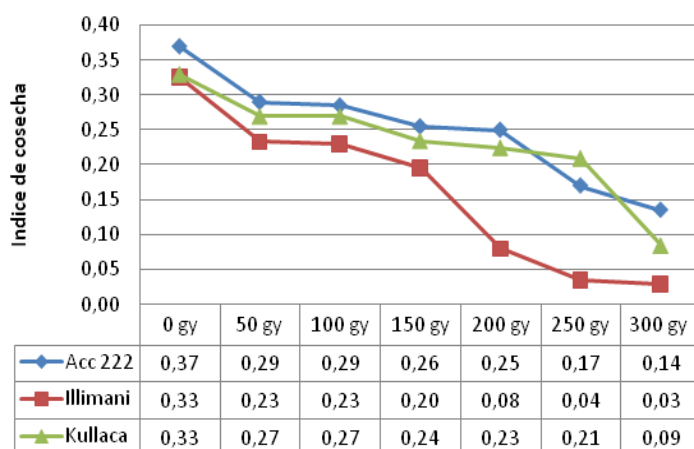
Cuadro 59. Análisis de efecto simple del índice de cosecha de la interacción de variedad por dosis de irradiación en cañahua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
Variedad (0gy)	2	0,0025	0,0012	0,53	0,5941	ns
Variedad (50gy)	2	0,0126	0,0063	2,64	0,0849	ns
Variedad (100gy)	2	0,0056	0,0028	1,18	0,3186	ns
Variedad (150gy)	2	0,0028	0,0014	0,6	0,5558	ns
Variedad (200gy)	2	0,0303	0,0151	6,35	0,0043	**
Variedad (250gy)	2	0,0578	0,0289	12,12	<,0001	**
Variedad (300gy)	2	0,0550	0,0275	11,53	0,0001	**
Error	59	0,7715				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza de Efecto Simple del índice de cosecha (cuadro 59), se observa que las variedades de cañahua dentro las dosis de irradiación, tiene un comportamiento significativamente diferente. No existe diferencias en el índice de cosecha de las variedades dentro la dosis de irradiación del testigo, 50, 100 y 150Gy.

Figura 13. Análisis del efecto simple para el índice de cosecha en variedades de cañahua bajo los efectos de dosis de irradiación.



En la figura 13, se observa la interacción de los factores de índice de cosecha, donde se aprecia que las variedades estudiadas presentan una diferencia significativa en el índice de cosecha con relación a los niveles de dosis de irradiación.

Sin embargo es importante mencionar que en un estudio realizado por Chungara (2000) en el altiplano Central, se determinó que la precocidad es un carácter que se asocia negativamente con la arquitectura de la planta y el rendimiento, lo que significa que mientras más precoz sea, más pequeña será la planta y menor rendimiento se obtendrá.

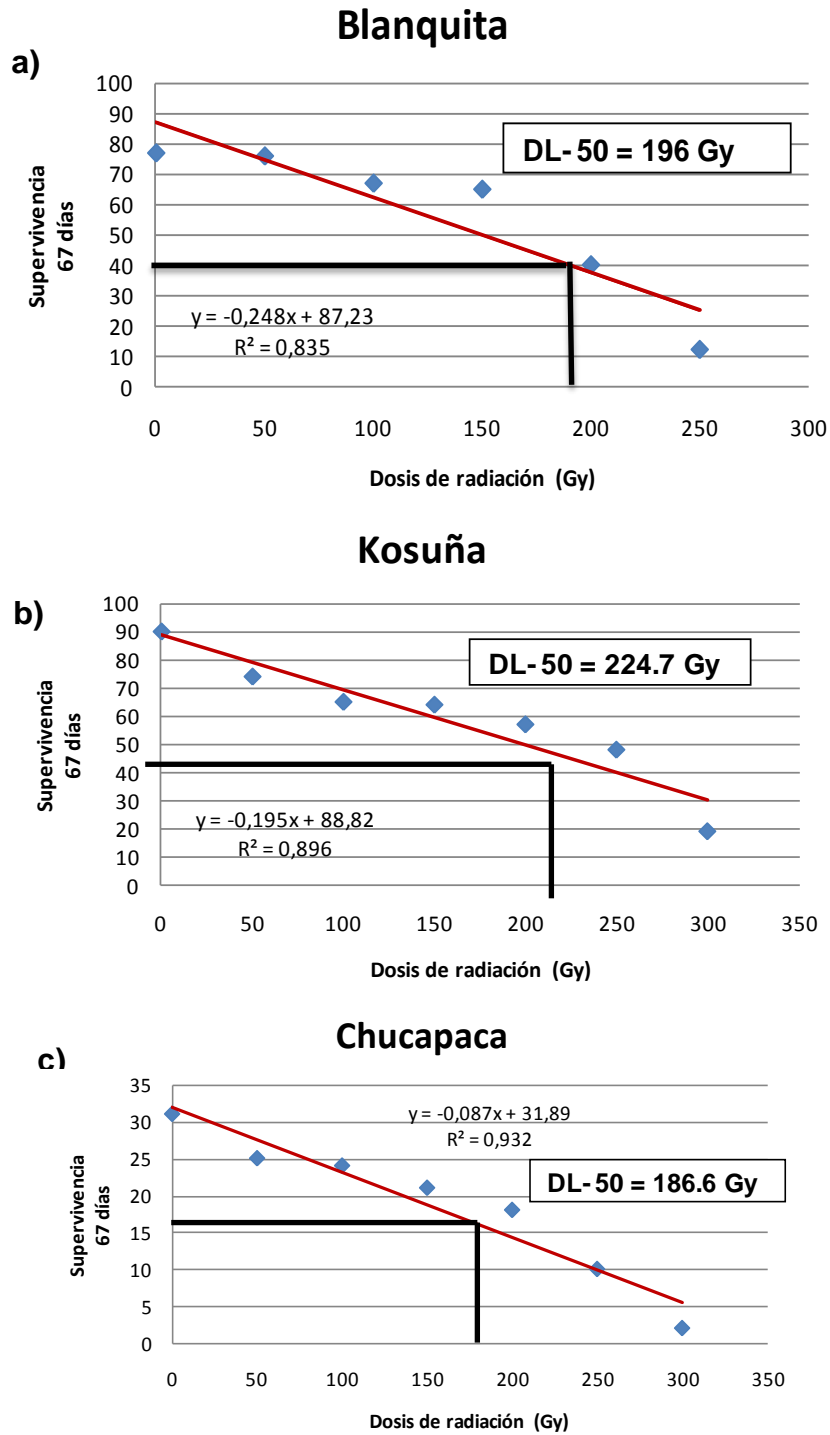
Mújica *et al.* (2004) indican que, el índice de cosecha obtenido en quinua como la relación entre el peso de la semilla (rendimiento económico) y el peso seco de toda la planta, incluyendo la semilla (rendimiento biológico), en promedio alcanza a 0.30 con una variación de 0.21-0.45, dependiendo de las variedades.

Los índices de cosecha obtenidos se encuentran dentro de rangos de variación reportados por anteriores estudios así Rojas *et al.* (2002), registraron valores inferiores a los obtenidos con un rango de variación de 0.08 - 0.48.

6.3 Dosis letal media (DL-50) de irradiación – variedad de quinua Blanquita, Kosuña y Chucapaca.

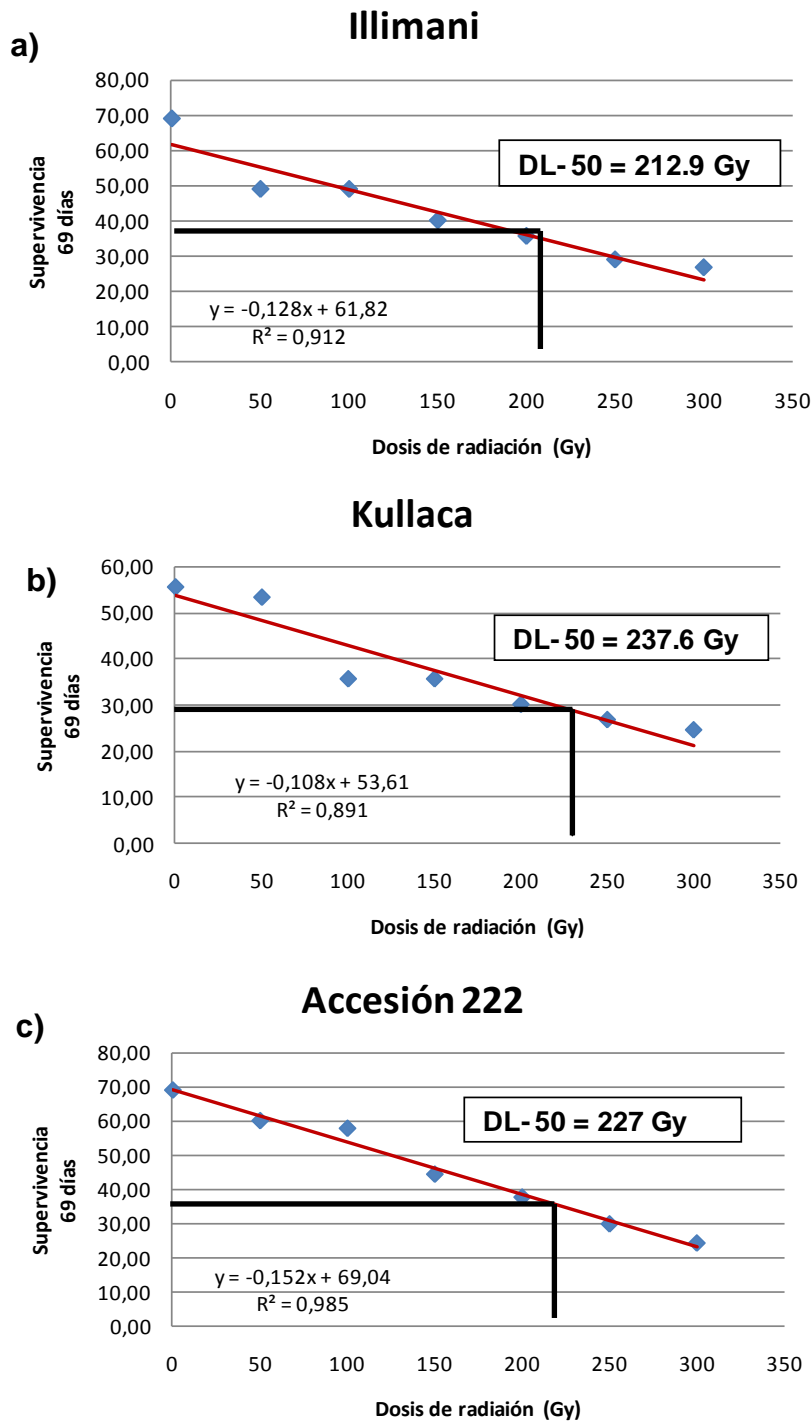
Con los datos obtenidos en los resultados, se trabajó en base a una regresión lineal con lo cual se calculó la dosis letal media para cada una de las variedades de quinua, las mismas son las siguientes:

Figura 14. Dosis letal media (DL-50) de irradiación de variedades de quinua; a) Blanquita; b) Kosuña; c) Chucapaca.



6.4 Dosis letal media (DL-50) de irradiación – variedad de cañahua Illimani, Kullaca y Accesión 222.

Figura 15. Dosis letal media (DL-50) de irradiación de variedades de cañahua; a) Illimani; b) Kullaca; c) Accesión 222.



A partir de estas dosis se puede diseñar trabajos de fitomejoramiento. A esta dosis la posibilidad de encontrar mutaciones favorables es muy amplia (Sonnimo *et al.*, 1998).

Por otra parte esto hace notar que es importante realizar trabajos de dosimetría ya que dependiendo de la variedad dentro de una misma especie la dosis letal media puede ser diferente, todo ello ayuda de manera más eficiente la realización de otros trabajos relacionados principalmente al fitomejoramiento.

6.5 Dosis adecuada de irradiación para las variedades en estudio.

Tabulado los datos de los resultados obtenidos se puede aseverar que la dosis óptima de irradiación para la inducción de mutaciones deseables para las variedades de quinua es, Blanquita con 196 Gy, Kosuña con 224.7 Gy y Chucapaca con 186.6 Gy; y en las variedades de cañahua son, Illimani con 212.9 Gy, Kullaca con 237.6 Gy y la Accesión 222 con 227 Gy.

Cuadro 60. Dosis óptimas de irradiación de las variedades de quinua y cañahua con Co -60 para la inducción de mutaciones.

Dosis de irradiación óptima para la mutación	Quinua			Cañahua		
	Blanquita	Kosuña	Chucapaca	Illimani	Kullaca	Acc. 222
	196 Gy	224.7 Gy	186.6 Gy	212.9 Gy	237.6 Gy	227 Gy

Gómez *et al.* (2003) indica que, se puede apreciar que el agente mutagénico más eficiente en el caso de la quinua variedad La Molina 89 es ázida de sodio a la dosis de 1.0mM y rayos gamma a la dosis 150 Gy para PRQ 22. Se están realizando evaluaciones en los otros genotipos, como Amarilla de Maranganí y Blanca de Junín al igual que en muchas especies, en la quinua se han encontrado mutaciones de clorofila, antocianina, mutaciones de precocidad y rendimiento. También es importante señalar que se están realizando evaluaciones del contenido de proteínas, saponinas y resistencia al acame.

Torres *et al.* (1999) menciona que, en virtud de que el ajo es un cultivo cuya producción anual asciende a 65.000 ton destinándose el 60% de esta a la exportación y dado que su principal problema es la pudrición blanca, han encontrado genotipos tolerantes a esta enfermedad mediante mutagénesis radioinducida, tales como Hermosillo y Chileno V-O sometidos a dosis de 7.5 Gy.

Según Gómez *et al.*(2007), en el mejoramiento genético de Kiwicha menciona que es mejor obtener variedades de mejor comportamiento que el material parental empleando inducción de mutaciones. La dosis mutagénica óptima para la selección Ancash fue de 400 Grays.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene las siguientes conclusiones.

- Se determinó que los tratamientos de irradiación afectaron a la germinación de las variedades de quinua a las 32 horas de muestreo. La variedad más afectada por la irradiación fue la Kosuña la cual muestra una pérdida de 28% en su germinación frente a 12% de la variedad Chucapaca y 5% de la Blanquita. A las 96 horas de muestreo no se encontraron diferencias significativas en la interacción entre variedades por dosis de irradiación.
- Para la Cañahua el porcentaje de germinación, evaluadas a las 32 horas de muestreo. La variedad más afectada por la irradiación fue Accesión 222 la cual muestra una pérdida de 26% en su germinación frente a 4% de la variedad Kullaca y 5% de la Illimani. A las 96 horas de muestreo las diferencias encontradas no son altamente significativas entre variedades por dosis de irradiación.
- Las variedades Kosuña y Blanquita fueron las más afectadas en la variable porcentaje de supervivencia, en promedio disminuyeron 73%. Por otra parte, la variedad Chucapaca fue afectada por la irradiación en menor proporción con solo 29 %.
- Para cañahua, las variedades Illimani, Kullaca y la Accesión 222 fueron las más afectadas en la variable porcentaje de supervivencia, en promedio disminuyeron 58%.
- En la etapa de campo, se observó que las plantas en ambiente protegido presentaron un desarrollo diferenciado con relación a los tratamientos de dosis de irradiación. En las variedades de quinua la variable altura de planta presenta una diferencia en promedio de 120 cm. en relación a las

variedades Blanquita y Chucapaca frente a 73 cm. de la variedad Kosuña. Para la variable longitud de panoja, las variedades Blanquita, Kosuña y Chucapaca no lograron desarrollar la panoja a tratamientos de 250 y 300 Gy de dosis de irradiación llegando a alcanzar un promedio de 2 cm.

- Para cañahua, se observó que en la variable de altura de planta presentaron un desarrollo diferenciado con relación a los tratamientos de dosis de irradiación. En las variedades de cañahua presenta una diferencia en promedio de 20 cm. para Illimani y Kullaca frente a 40 cm. de la Accesoión 222, la cual fue más afectada.
- En las variedades de quinua (Blanquita, Kosuña y Chucapaca) a la dosis de irradiación de 50 y 100 Gy el desarrollo en altura de planta, número de ramificaciones, diámetro de tallo e índice de cosecha fue similar respecto al testigo. A 150 y 200 Gy el desarrollo disminuye lo cual muestra una diferencia en dichas variables de estudio respecto al testigo. A 250 y 300 Gy fueron afectadas las variedades sufren una amplia mortandad.
- En las variedades de cañahua (Illimani, Kullaca y Accesoión 222) a la dosis de irradiación de 50, 100, 150 y 200 Gy el desarrollo en altura de planta, número de ramificaciones, diámetro de tallo e índice de cosecha fue similar respecto al testigo. A 250 y 300 Gy el desarrollo disminuye lo cual muestra una diferencia en dichas variables de estudio respecto al testigo.
- La dosis letal media (DL-50) para las variedades de quinua son; Blanquita de 196 Gy, en Kosuña de 224.7 Gy y en Chucapaca de 186.6 Gy.
- La dosis letal media (DL-50) para las variedades de Cañahua; Illimani de 212.9 Gy, en Kullaca de 237.6 Gy y la Accesoión 222 de 227 Gy.

VIII. RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos y las conclusiones realizadas en el presente trabajo de investigación se llega a las siguientes recomendaciones:

- En el trabajo de investigación se evaluó la población inicial (Mo), por lo cual se recomienda seguir con el trabajo de evaluación hasta la población M6 para obtener algún genotipo con características de importancia para la seguridad alimentaria y para afrontar problemas que ocasiona el cambio climático.
- Realizar trabajos de dosimetría para diferentes variedades de quinua y cañahua para fortalecer programas de mejoramiento genético por técnicas de inducción de mutaciones.
- Realizar trabajos de inducción de mutaciones en plantas silvestres de quinua (ajaras), para obtener genotipos con características de importancia para la agricultura.

IX.BIBLIOGRAFÍA

ALEGRÍA, S. 1998, Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la quinua en dos épocas y dos espaciamientos de siembra en el Altiplano Central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 105 p.

BILBAO, M. 1997, Semilla básica por selección estratificada en ocho variedades de quinua *Chenopodium quinoa* Willd. Tesis de Lic. En Agronomía. La Paz, Bolivia. pp.: 42-47.

BONIFACIO, A. 2003, *Chenopodium* sp. Recursos Genéticos, Etnobotánica y Distribución Geográfica. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

BONIFACIO, A. y DIEZES, J. 1992, Estudio de la microscopia electrónica de la morfología de la Quinua y Cañahua en relación con la resistencia a sequía. Actas del VII congreso internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. 50 p.

BONIFACIO, A.; MUJICA, A.; ALVAREZ, A. y ROCA, W. 2004, Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. Cap. VI. Santiago, Chile. pp. 125-180.

BONIFACIO, A.; VARGAS, A; ARONI, G. 2003. Variedad “Quinua Jacha Grano”. En: Ficha Técnica No. 6. PROINPA. La Paz, Bolivia.

BONIFACIO, A.; VARGAS, A; ROJAS, J.; CHOQUE, E.; MONASTERIOS, N.; 2008. Variedad “Quinua Blanquita”. En: Ficha Técnica No. 81. PROINPA. La Paz, Bolivia.

BONIFACIO, A.; VARGAS, A; ARONI, G.; QUISPE, R. 2005. Variedad “Quinua K’osuña”. En: Ficha Técnica No. 13. PROINPA. La Paz, Bolivia.

BORREGO, A.; GARCIA DELAS HERAS, R.; GUEDE S. B.; HOCES P. R.; MENENDEZ C. E. y PACHECO C. F. 1998, Biología. “Colección de materiales curriculares para e Bachillerato N° 5”. Dirección General de Evaluación Educativa y Formación de Profesorado. Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Pág. 59.

CAHUANA, J. M. 2006, Evaluación de accesiones promisorias de cañahua de los bancos de germoplasma de La Paz y Oruro en el Municipio de Curahuara de Carangas del departamento de Oruro. Tesis de grado UTO, Oruro Bolivia.

CALLE, E. 1995. Cultivos Andinos, Cultivo de la Cañahua. Centro de Estudios para la Agronomía. Oruro, Bolivia. pp. 23-30.

CALZADA, J. 1986. Métodos Estadísticos para la investigación. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 640 p.

CAMACHO, F. 1994, Dormición de semillas: Causas y tratamientos, Ed. Trillas, México. 17 – 23 p.

CASTAÑON N. G. 2002, La Biotecnología y el Mejoramiento Genético Vegetal, División Académica de Ciencias Biológicas, Revista de Divulgación, Volumen VII Numero 14.

CHUNGARA, A. 2000, Evaluación y selección para tolerancia a la sequía de 60 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del germoplasma de la zona andina. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Oruro, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Oruro, Bolivia. 112 p.

CRUZ – COKE, M. R. 2003, Valoración de trabajos clásicos en la historia de la genética. Rev. Méd. Chile 2003.

FLORES, R. 2006, “Evaluación agronómica y morfológica de 120 accesiones de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental del Belén”. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 99.

GANDARILLAS, H. 1979, Genética y origen de la quinua. CIID. Bogotá, Colombia. 45 – 47 p.

GÓMEZ, P. L.; ROMERO, J.; JIMÉNEZ, D. A.; ROLDÁN, C.; EGUILUZ DE LA BARRA, 1996, Mejoramiento de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Mediante Mutaciones Inducidas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa de Cereales. Lima – Perú.

GÓMEZ, P. L.; ROMERO, J.; JIMENEZ, D. A.; ROLDÁN, C.; EGUILUZ DE LA BARRA. 2003, Mejoramiento de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Mediante Mutaciones Inducidas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

GÓMEZ, P. L.; HEROS, A.E.; EGUILUZ DE LA BARRA, A.; 2007, Mejoramiento Genético de la Kiwicha (*Amarantus caudatus* L.) empleando inducción de mutaciones. Perú.

GONZALES, M. C.; MUKANDAMA, J. P.; ALÍ, M. M. y TRUJILLO, D.; 2009, DOMI: Mutante de Tomate de Doble Propósito obtenido mediante la Inducción de Mutaciones con Rayos Gamma de Co-60; Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA); La Habana – Cuba.

HARTMANN, H. Y KESTER, D. 1994, Propagación de plantas. 5ª Reimp. México. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. pág. 647-657-740.

HUNZIKER, A.T. 1943, Las especies de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los indios de América. Revista Argentina de Agronomía.

IAEA.org, International Atomic Energy Agency, 2008, Radiaciones para provocar mutaciones en los alimentos. Viena, Austria.

IBTA – CRS LP. 1993, Producción y uso de semilla certificada de quinua. Boletín N° 1. La Paz, Bolivia. 37 p.

IPGRI, PROINPA e IFAD. 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Internacional Fundfor Agricultural Developmet, Roma, Italia.

IPGRI. Instituto internacional de Recursos filogenéticos. 2000, Conservación Ex situ de los Recursos filogenéticos.

JACOBSEN, S. 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Puno, Perú. 61 – 62 p.

JARAMILLO, S. y BAENA, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto internacional de recursos fitogenéticos Cali, Colombia. 35 – 36 p.

JUANIQUINA, H. 2001. Parámetros agronómicos y fisicotécnicos en Cañahua en la provincia Cercado del Departamento de Oruro. Tesis de grado, UTO. Oruro – Bolivia. pp. 31 – 66.

LINDSEY, 1989. Biotecnología vegetal Agrícola, Editorial Acribia, Zaragoza España.

MALLCU, CH. A. 2005. Estudio de la Germinación y Tamaño muestra de las colecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) del Banco de Germoplasma de Granos Andinos de la

F.C.A.P.V. - U.T.O. Tesis de Grado Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Veterinarias. Oruro – Bolivia.

MARCANO, J. 2006. Los Recursos Naturales. Se encuentra en: <http://www.jmarcano.com/recursos/index.html> (Disponible, 29 de enero 2011).

MUJICA, A. 2004. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Puno, Perú. 4 – 5 p.

MUJICA, A.; BONIFACIO, A.; ALVAREZ, A. 2004. Ancestral cultivo andino, Alimento del presente y futuro. Santiago, Chile. 159 p.

PEIXOTO G., 1970. Bases para la mutación por irradiación Gamma. FAO Vienna.

PRISTLEY, 1986. Breeding of Plant Using Radiation of Gamma Ray. University of Birmingham United Kindom.

QUISBERT, L. 2000. “Evaluación agronómica y morfológica de 20 accesiones de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Provincia Ingavi. Tesis de Grado. Universidad Académica Campesina de Tiahuanacu. Carrera de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 86.

QUISPE, H.; Y MARCONI J.L. 2006. “Evaluación de la tolerancia a la salinidad de accesiones de cañahua, con aptitud forrajera y producción de grano “Informe Anual 2006. Fundación PROINPA - Regional Altiplano. La Paz, Bolivia. 98 – 100 p.

RAMOS, M. 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego diferenciado por fases fenológicas en el altiplano central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 125 p.

REA, J. 1969. Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Turrialba.

ROBLES, S. 1991. Genética Elemental y Fitomejoramiento. México. LIMUSA. Pág. 400-401.

RODRIGUEZ, J. 2000. Plantas herbáceas, semileñosas y leñosas, Usos y Beneficios. UMSA. Facultad de Agronomía. Proyecto UNIR. La Paz, Bolivia.

ROJAS, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Magíster en Ciencias Vegetales. Escuela de graduados.

ROJAS, W. 1999. Biodiversidad y recursos genéticos. Memorias del Seminario sobre investigación, producción y comercialización de La Paz, Bolivia. MACA – IBTA. 7 – 16 p.

ROJAS, W.; Y PINTO, M. 2002. “Caracterización y evaluación preliminar de la colección de germoplasma de cañahua”. Informe Anual 2002. Fundación PROINPA - Regional Altiplano. La Paz, Bolivia. 17 – 25 p.

ROJAS, W.; Y PINTO, M., 1993. Refrescamiento, caracterización y evaluación preliminar del Banco de germoplasma. Informe anual del programa de quinua 1992 – 1993. La Paz, Bolivia. MACA – IBTA. 42 – 46 p.

ROJAS, W.; Y PINTO, M., A. 2002. Variedades de quinua recomendadas para el Altiplano Norte y Central (En línea). La Paz, Bolivia Consultado 3, nov. 2009. Disponible en <http://www.proinpa.org>.

ROJAS, W.; Y PINTO, M., A; SOTO J. L.; 2008. Variedad “Cañahua Illimani y Kullaca”. En: Ficha Técnica PROINPA. La Paz, Bolivia.

SONNINO, A., MENDOZA, V.H. 1998. Informe. Proyecto “Mejoramiento de la Papa Amarga por inducción de mutaciones con Co-60” *Solanum juzepczukii*. S. *ajanhuiri*. CIN – Viacha IBTEN.

TAPIA, M.; GANDARILLAS, H.; ALANDIA, S.; CARDOZO, A.; MUJICA, A.; ORTIZ, R.; OTAZU, V.; REA, J.; SALAS, B.; ZANABRIA, E. 1979. “La Quinoa y la Kañiwa. Cultivos Andinos”. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo CIID. Bogotá– Colombia.

TORRES, C. E. y GARCÍA, A. J. M. 1999. Situación Actual y Perspectivas del Mejoramiento por Mutagénesis. Departamento de Biología. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. VI Seminario Nacional Sobre el Uso de la Irradiación en Fitomejoramiento. México.

VALLENAS, M. y CARPIO, V. 1974. La cañahua y su cultivo. Ministerio de Agricultura. Zona Agraria XII. Puno, Perú. Boletín N° 26 33p.

VENTURA, G. N. 2007. “Evaluación preliminar *in vitro* del efecto de los rayos gamma (Co-60) en variedades de crisantemo” (*Chrysanthemum sp.*). Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.

ZAMUDIO, T. 2005. Regulación Jurídica de los Biotecnólogos. Equipo de Docencia e Investigación. UBA. Derecho. <http://www.bioetica.org/>.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Análisis de varianza de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de quinua.

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en quinua a las 20 horas de su siembra (transformación $\sqrt{X+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	335,0353854	167,5176927	488,75	<,0001	**
Dosis	6	21,0923389	3,5153898	10,26	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	43,2286232	3,6023853	10,51	<,0001	**
Error	63	21,5932664	0,3427503			
Total	83	420,949614				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 9,26%

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en quinua a las 32 horas de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	239,8395039	119,9197519	1130,73	<,0001	**
Dosis	6	6,2432383	1,0405397	9,81	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	5,3334483	0,444454	4,19	<,0001	**
Error	63	6,6814588	0,1060549			
Total	83	258,0976492				

** = altamente significativo; * = significativo; ns = no significativo

C.V. = 4,19%

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en quinua a las 44 horas de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	244,4561458	122,2280729	1497,15	<,0001	**
Dosis	6	0,9099689	0,1516615	1,86	0,1022	ns
Variedad*Dosis	12	0,7438811	0,0619901	0,76	0,6887	ns
Error	63	5,143335	0,0816402			
Total	83	251,2533308				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 3,29%

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en quinua a las 96 horas de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	123,2999745	61,6499872	277,19	<,0001	**
Dosis	6	0,5137327	0,0856221	0,38	0,886	ns
Variedad*Dosis	12	1,1237325	0,0936444	0,42	0,9496	ns
Error	63	14,0119384	0,2224117			
Total	83	138,949378				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 5,14%

Análisis de varianza de la longitud de radícula en quinua a los 8 días de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	1,27789524	0,63894762	0,78	0,4638	ns
Dosis	6	10,95579683	1,82596614	2,24	0,0581	ns
Variedad*Dosis	12	4,60526032	0,38377169	0,47	0,921	ns
Error	42	34,29293333	0,81649841			
Total	62	51,13188571				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 23,54%

Análisis de varianza de la longitud de hipocótilo en quinua a los 8 días de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	5,16875238	2,58437619	8,69	0,0007	**
Dosis	6	19,72123175	3,28687196	11,05	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	6,0172254	0,50143545	1,69	0,1052	ns
Error	42	12,49753333	0,29756032			
Total	62	43,40474286				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 17,03%

Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia en quinua a los 10 días de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	115,1390758	57,5695379	128,28	<,0001	**
Dosis	6	2,0247417	0,3374569	0,75	0,6149	ns
Variedad*Dosis	12	8,0726824	0,6727235	1,5	0,2011	ns
Error	21	9,4243384	0,448778			
Total	41	134,6608383				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 8.49%

Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia en quinua a los 67 días de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	86,75073735	43,37536867	116,05	<,0001	**
Dosis	6	74,6771607	12,44619345	33,3	<,0001	**
Variedad*Dosis	11	18,91630831	1,71966439	4,6	0,0015	**
Error	20	7,4753031	0,3737652			
Total	39	197,1420244				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 9.62%

Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia en quinua a los 142 días de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	47,28096065	23,64048033	29,69	<,0001	**
Dosis	6	82,74996383	13,79166064	17,32	<,0001	**
Variedad*Dosis	10	12,0476625	1,20476625	1,51	0,2134	ns
Error	18	14,3311535	0,7961752			
Total	36	147,3751949				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 16.04%

Análisis de varianza de altura de planta en quinua a los dos meses de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	39,84792	19,92396	4,1	0,0247	*
Variedad	2	1111,67049	555,83524	114,36	<,0001	**
Dosis	6	13779,17185	2296,52864	472,51	<,0001	**
Variedad*Dosis	11	436,70576	39,70052	8,17	<,0001	**
Error	37	179,83208	4,86033			
Total	58	15514,95118				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 7.31%

Análisis de varianza del ancho de lámina de hoja en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,09886667	0,04943333	0,26	0,7697	ns
Variedad	2	3,95006667	1,97503333	10,53	0,0002	**
Dosis	6	55,59702222	9,26617037	49,39	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	1,77604444	0,1480037	0,79	0,6587	ns
Error	40	7,505	0,187625			
Total	62	68,927				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 12.08%

Análisis de varianza del largo de lámina de hoja en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,21368889	0,10684444	0,55	0,5801	ns
Variedad	2	10,12115556	5,06057778	26,14	<,0001	**
Dosis	6	68,75305397	11,45884233	59,2	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	6,70868889	0,55905741	2,89	0,0058	**
Error	40	7,74244444	0,19356111			
Total	62	93,53903175				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 8.10%

Análisis de varianza de altura de planta en quinua a la madurez fisiológica.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	925,98643	462,99321	10,21	0,0003	**
Variedad	2	2028,45289	1014,22644	22,37	<,0001	**
Dosis	6	64410,33262	10735,05544	236,82	<,0001	**
Variedad*Dosis	11	7540,18597	685,47145	15,12	<,0001	**
Error	34	1541,25157	45,33093			
Total	55	79312,17737				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 8.38%

Análisis de varianza de longitud de panoja en quinua a la madurez fisiológica.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	37,717026	18,858513	2,07	0,142	ns
Variedad	2	1113,633354	556,816677	61,06	<,0001	**
Dosis	6	2438,638399	406,439733	44,57	<,0001	**
Variedad*Dosis	9	625,023618	69,447069	7,62	<,0001	**
Error	34	310,030374	9,11854			
Total	53	5428,010681				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 14.47%

Análisis de varianza de número de ramas a la madurez fisiológica en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	16,6976926	8,3488463	3,49	0,0419	*
Variedad	2	156,4563639	78,2281819	32,67	<,0001	**
Dosis	6	879,0046761	146,5007794	61,18	<,0001	**
Variedad*Dosis	9	204,582725	22,7314139	9,49	<,0001	**
Error	34	81,410107	2,394415			
Total	53	1484,998076				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 11.06%

Análisis de varianza de diámetro de panoja a la madurez fisiológica en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,02312593	0,01156296	0,04	0,9569	ns
Variedad	2	19,10618056	9,55309028	36,47	<,0001	**
Dosis	6	40,15950357	6,6932506	25,55	<,0001	**
Variedad*Dosis	9	17,72150278	1,96905586	7,52	<,0001	**
Error	34	8,90607407	0,26194336			
Total	53	97,16800926				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 16.62%

Análisis de varianza de diámetro de tallo a la madurez fisiológica en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	1,39963333	0,69981667	2,72	0,0801	ns
Variedad	2	11,39681278	5,69840639	22,17	<,0001	**
Dosis	6	84,26973135	14,04495522	54,63	<,0001	**
Variedad*Dosis	9	9,23545389	1,02616154	3,99	0,0015	**
Error	34	8,7407	0,2570794			
Total	53	128,35375				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 10.29%

Análisis de varianza de Índice de cosecha en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,02754178	0,01377089	3,34	0,0486	*
Variedad	2	0,08861632	0,04430816	10,75	0,0003	**
Dosis	5	0,47843224	0,09568645	23,21	<,0001	**
Variedad*Dosis	9	0,07076576	0,00786286	1,91	0,0881	ns
Error	31	0,12779956	0,00412257			
Total	49	0,76772912				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 23.84%

ANEXO Nº 2. Análisis de varianza de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de cañahua.

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en cañahua a las 20 horas de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	175,3140954	87,6570477	378,16	<,0001	**
Dosis	6	4,5994959	0,7665826	3,31	0,0068	*
Variedad*Dosis	12	11,9938423	0,9994869	4,31	<,0001	**
Error	63	14,6033806	0,2317997			
Total	83	206,5108142				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 5,97%

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en cañahua a las 32 horas de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	35,00807189	17,50403595	218,33	<,0001	**
Dosis	6	2,20988595	0,36831433	4,59	0,0006	**
Variedad*Dosis	12	5,01783357	0,4181528	5,22	<,0001	**
Error	63	5,05081622	0,08017169			
Total	83	47,28660763				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 3,01%

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en cañahua a las 44 horas de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	1,66624237	0,83312119	71,34	<,0001	**
Dosis	6	0,17419701	0,02903284	2,49	0,0319	*
Variedad*Dosis	12	0,27782414	0,02315201	1,98	0,0408	*
Error	63	0,73569463	0,01167769			
Total	83	2,85395815				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 1,09%

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en cañahua a las 96 horas de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	0,34350196	0,17175098	32,48	<,0001	**
Dosis	6	0,13229632	0,02204939	4,17	0,0014	**
Variedad*Dosis	12	0,17820143	0,01485012	2,81	0,0039	**
Error	63	0,33313182	0,00528781			
Total	83	0,98713154				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 0,72%

Análisis de varianza de la longitud de radícula en cañahua a los 8 días de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	2,04323095	1,02161548	24,05	<,0001	**
Dosis	6	2,69286667	0,44881111	10,57	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	0,54896905	0,04574742	1,08	0,3943	ns
Error	63	2,6757	0,04247143			
Total	83	7,96076667				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 7,95%

Análisis de varianza de la longitud de hipocótilo en cañahua a los 8 días de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	4,51290238	2,25645119	53,73	<,0001	**
Dosis	6	1,11089524	0,18514921	4,41	0,0009	**
Variedad*Dosis	12	0,52874762	0,0440623	1,05	0,4173	ns
Error	63	2,64585	0,04199762			
Total	83	8,79839524				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 9,62%

Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia en cañahua a los 11 días de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	11,51857365	5,75928683	1,77	0,1823	ns
Dosis	6	7,07423722	1,17903954	0,36	0,8982	ns
Variedad*Dosis	12	51,35420039	4,2795167	1,32	0,2452	ns
Error	42	136,4460455	3,2487154			
Total	62	206,3930568				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 23.85%

Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia en cañahua a los 69 días de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	3,95185436	1,97592718	1,05	0,3598	ns
Dosis	6	14,66966424	2,44494404	1,3	0,2804	ns
Variedad*Dosis	12	51,54394795	4,295329	2,28	0,0255	*
Error	40	75,3588047	1,8839701			
Total	60	146,4657714				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 21.43%

Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia en cañahua a los 143 días de su siembra (transformación $\sqrt{Y+1}$).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Variedad	2	3,9591194	1,9795597	0,95	0,3956	ns
Dosis	6	4,93130663	0,82188444	0,39	0,8784	ns
Variedad*Dosis	12	49,24506993	4,10375583	1,97	0,0545	ns
Error	40	83,4182698	2,0854567			
Total	60	142,1550995				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 25.65%

Análisis de varianza de altura de planta a los dos meses de su siembra en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	5785,300238	2892,650119	106,38	<,0001	**
Variedad	2	98,886667	49,443333	1,82	0,1755	ns
Dosis	6	2427,620238	404,603373	14,88	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	220,945	18,412083	0,68	0,7626	ns
Error	40	1087,661429	27,191536			
Total	62	9620,413571				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 23,96%

Análisis de varianza del ancho de lámina de hoja en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,92866984	0,46433492	4,65	0,0152	*
Variedad	2	1,1902127	0,59510635	5,97	0,0054	**
Dosis	6	2,91348571	0,48558095	4,87	0,0008	**
Variedad*Dosis	12	2,32754286	0,1939619	1,94	0,0577	ns
Error	40	3,98999683	0,09974992			
Total	62	11,34990794				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 13,44%

Análisis de varianza del largo de lámina de hoja en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,96318413	0,48159206	6,8	0,0029	**
Variedad	2	1,28699365	0,64349683	9,09	0,0006	**
Dosis	6	1,28460952	0,21410159	3,02	0,0156	*
Variedad*Dosis	12	2,2737619	0,18948016	2,68	0,0097	**
Error	40	2,83121587	0,0707804			
Total	62	8,63976508				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 9,62%

Análisis de varianza de altura de planta a la madurez fisiológica en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	2654,4283	1327,21415	26,42	<,0001	**
Variedad	2	1306,68664	653,343319	13,01	<,0001	**
Dosis	6	4032,11004	672,018341	13,38	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	1830,94918	152,579099	3,04	0,0041	**
Error	40	2009,27104	50,23178			
Total	62	11833,4452				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 13,81%

Análisis de varianza de número de ramas a la madurez fisiológica en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	26,010981	13,0054905	9,89	0,0003	**
Variedad	2	24,7793429	12,3896714	9,42	0,0004	**
Dosis	6	29,7065524	4,95109206	3,77	0,0046	**
Variedad*Dosis	12	81,5248571	6,7937381	5,17	<,0001	**
Error	40	52,5903524	1,3147588			
Total	62	214,612086				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 10,81%

Análisis de varianza de diámetro de tallo a la madurez fisiológica en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,01967723	0,00983862	0,23	0,7939	ns
Variedad	2	0,57694763	0,28847382	6,81	0,0029	**
Dosis	6	2,09436071	0,34906012	8,24	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	2,50594534	0,20882878	4,93	<,0001	**
Error	40	1,69521868	0,04238047			
Total	62	6,8921496				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 9,94%

Análisis de varianza de Índice de cosecha en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Bloque	2	0,22857498	0,11428749	47,86	<,0001	**
Variedad	2	0,08985647	0,04492824	18,82	<,0001	**
Dosis	6	0,29398116	0,04899686	20,52	<,0001	**
Variedad*Dosis	12	0,08260743	0,00688395	2,88	0,0066	**
Error	37	0,08834952	0,00238782			
Total	59	0,77155565				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

C.V. = 21.93%

ANEXO Nº 3. Análisis de varianza de Efecto Simple de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de quinua.

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de germinación en quinua a las 20 horas de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	452,428571	75,404762	1,33	0,2569	ns
Dosis (Chucapaca)	6	73,714286	12,285714	0,22	0,9701	ns
Dosis (Kosuña)	6	7258,928571	1209,821429	21,35	<,0001	**
variedad (0gy)	2	7210,666667	3605,333333	63,63	<,0001	**
variedad (50gy)	2	8122,166667	4061,083333	71,67	<,0001	**
variedad (100gy)	2	7197,166667	3598,583333	63,51	<,0001	**
variedad (150gy)	2	9171,166667	4585,583333	80,93	<,0001	**
variedad (200gy)	2	9682,166667	4841,083333	85,44	<,0001	**
variedad (250gy)	2	11825	5912,583333	104,35	<,0001	**
variedad (300gy)	2	15175	7587,75	133,91	<,0001	**
Error	63	3569,75	56,6627			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de germinación en quinua a las 32 horas de su siembra.

FV	GL	SC	CM	VALOR F	PR > F	Sig
Dosis (blanquita)	6	55,714286	9,285714	0,42	0,8603	ns
Dosis (chucapaca)	6	310,428571	51,738095	2,36	0,0403	*
Dosis (kosuña)	6	2543,214286	423,869048	19,35	<,0001	**
Variedad (0gy)	2	6753,5	3376,75	154,18	<,0001	**
Variedad (50gy)	2	8432,666667	4216,333333	192,52	<,0001	**
Variedad (100gy)	2	7408,666667	3704,333333	169,14	<,0001	**
Variedad (150gy)	2	7564,666667	3782,333333	172,7	<,0001	**
Variedad (200gy)	2	8131,5	4065,75	185,64	<,0001	**
Variedad (250gy)	2	8321,166667	4160,583333	189,97	<,0001	**
Variedad (300gy)	2	8862,5	4431,25	202,33	<,0001	**
Error	63	1379,75	21,90079			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de supervivencia en quinua a los 67 días de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	6469,66667	1293,93333	18,78	<,0001	**
Dosis (Chucapaca)	6	1158,85714	193,142857	2,8	0,0381	*
Dosis (Kosuña)	6	5939,42857	989,904762	14,37	<,0001	**
variedad (0gy)	2	5829,33333	2914,66667	42,3	<,0001	**
variedad (50gy)	2	1264	632	9,17	0,0015	**
variedad (100gy)	2	2305,33333	1152,66667	16,73	<,0001	**
variedad (150gy)	2	3409,33333	1704,66667	24,74	<,0001	**
variedad (200gy)	2	1948	974	14,14	0,0001	**
variedad (250gy)	2	1829,33333	914,666667	13,28	0,0002	**
variedad (300gy)	2	289	289	4,19	0,0539	ns
Error	63	1378	68,9			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de altura de planta a los dos meses de su siembra en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	3682,96665	736,59333	151,55	<,0001	**
Dosis (Chucapaca)	6	5223,043021	870,50717	179,1	<,0001	**
Dosis (Kosuña)	6	5647,451581	941,24193	193,66	<,0001	**
variedad (0gy)	2	76,170867	38,085433	7,84	0,0015	**
variedad (50gy)	2	40,743356	20,371678	4,19	0,0229	*
variedad (100gy)	2	211,048889	105,524444	21,71	<,0001	**
variedad (150gy)	2	552,952689	276,476344	56,88	<,0001	**
variedad (200gy)	2	507,988422	253,994211	52,26	<,0001	**
variedad (250gy)	2	206,592089	103,296044	21,25	<,0001	**
variedad (300gy)	2	1,855469	1,855469	0,38	0,5404	ns
Error	63	179,83208	4,86033			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de largo de lámina de hoja en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	23,455162	3,909194	20,2	<,0001	**
Dosis (Chucapaca)	6	35,367067	5,894511	30,45	<,0001	**
Dosis (Kosuña)	6	16,639514	2,773252	14,33	<,0001	**

variedad (0gy)	2	5,010489	2,505244	12,94	<,0001	**
variedad (50gy)	2	2,585267	1,292633	6,68	0,0031	**
variedad (100gy)	2	1,484822	0,742411	3,84	0,0299	*
variedad (150gy)	2	1,114756	0,557378	2,88	0,0679	ns
variedad (200gy)	2	2,326422	1,163211	6,01	0,0052	**
variedad (250gy)	2	4,121622	2,060811	10,65	0,0002	**
variedad (300gy)	2	0,186467	0,093233	0,48	0,6213	ns
Error	63	7,74244444	0,19356111			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de altura de planta a la madurez fisiológica en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	24192	4838,446412	106,74	<,0001	**
Dosis (Chucapaca)	6	32091	5348,506973	117,99	<,0001	**
Dosis (Kosuña)	6	14232	2371,980219	52,33	<,0001	**
variedad (0gy)	2	3193,505199	1596,7526	35,22	<,0001	**
variedad (50gy)	2	1849,307489	924,653744	20,4	<,0001	**
variedad (100gy)	2	2028,250467	1014,125233	22,37	<,0001	**
variedad (150gy)	2	1395,725422	697,862711	15,39	<,0001	**
variedad (200gy)	2	71,5304	35,7652	0,79	0,4624	ns
variedad (250gy)	2	1897,275091	948,637546	20,93	<,0001	**
variedad (300gy)	1	255,780178	255,780178	5,64	0,0233	*
Error	63	1541,25157	45,33093			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de longitud de panoja en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	559,594093	139,898523	15,34	<,0001	**
Dosis (Chucapaca)	6	1926,159667	385,231933	42,25	<,0001	**
Dosis (Kosuña)	6	577,908257	96,318043	10,56	<,0001	**
variedad (0gy)	2	629,5352	314,7676	34,52	<,0001	**
variedad (50gy)	2	310,488422	155,244211	17,03	<,0001	**
variedad (100gy)	2	530,016156	265,008078	29,06	<,0001	**
variedad (150gy)	2	263,954489	131,977244	14,47	<,0001	**
variedad (200gy)	2	2,368689	1,184344	0,13	0,8786	ns
variedad (250gy)	2	2,294017	2,294017	0,25	0,6192	ns
variedad (300gy)	2	0,5	0,3	0,032	2,5	ns
Error	63	310,030374	9,11854			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de número de ramas en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	76,392707	19,098177	7,98	0,0001	**
Dosis (Chucapaca)	6	730,409694	146,081939	61,01	<,0001	**
Dosis (Kosuña)	6	276,785	46,130833	19,27	<,0001	**
variedad (0gy)	2	169,6778	84,8389	30,72	<,0001	**
variedad (50gy)	2	87,326467	43,663233	10,22	0,0003	**
variedad (100gy)	2	55,240467	27,620233	11,54	0,0002	**
variedad (150gy)	2	41,200289	20,600144	8,6	0,0009	**
variedad (200gy)	2	6,432467	3,216233	1,34	0,2745	ns
variedad (250gy)	2	1,1616	1,1616	0,49	0,4908	ns
variedad (300gy)	2	0	0	0	0	ns
Error	63	81,410107	2,394415			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de diámetro de panoja en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	5,311867	1,327967	5,07	0,0026	**
Dosis (Chucapaca)	6	46,722244	9,344449	35,67	<,0001	**
Dosis (Kosuña)	6	5,846895	0,974483	3,72	0,006	**
variedad (0gy)	2	16,096022	8,048011	30,72	<,0001	**
variedad (50gy)	2	5,355467	2,677733	10,22	0,0003	**
variedad (100gy)	2	11,444622	5,722311	21,85	<,0001	**
variedad (150gy)	2	3,5106	1,7553	6,7	0,0035	**
variedad (200gy)	2	0,237222	0,118611	0,45	0,6396	ns
variedad (250gy)	2	0,18375	0,18375	0,7	0,4081	ns
variedad (300gy)	2	0,023	0,023	0,031	2,5	ns
Error	63	8,90607407	0,26194336			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de diámetro de tallo en quinua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Blanquita)	6	5,424973	1,356243	5,28	0,002	**
Dosis (Chucapaca)	6	55,24405	11,04881	42,98	<,0001	**
Dosis (Kosuña)	6	32,836162	5,472694	21,29	<,0001	**
variedad (0gy)	2	8,045756	4,022878	15,65	<,0001	**
variedad (50gy)	2	5,068867	2,534433	9,86	0,0004	**
variedad (100gy)	2	6,136867	3,068433	11,94	0,0001	**

variedad (150gy)	2	1,228689	0,614344	2,39	0,1069	ns
variedad (200gy)	2	0,011022	0,005511	0,02	0,9788	ns
variedad (250gy)	2	0,141067	0,141067	0,55	0,4639	ns
variedad (300gy)	2	0,056	0,028	0,124	2,489	ns
Error	34	8,7407	0,2570794			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

ANEXO Nº 4. Análisis de varianza de Efecto Simple de variables de respuesta evaluadas en laboratorio y ambiente protegido para el cultivo de cañahua.

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de germinación en cañahua a las 20 horas de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	2076,214286	346,035714	7,1	<,0001	**
Dosis (Illimani)	6	173,857143	28,97619	0,59	0,7337	ns
Dosis (Kullaca)	6	351,857143	58,642857	1,2	0,3168	ns
Variedad (0gy)	2	4014,5	2007,25	41,16	<,0001	**
Variedad (50gy)	2	7355,166667	3677,583333	75,42	<,0001	**
Variedad (100gy)	2	9024,5	4512,25	92,54	<,0001	**
Variedad (150gy)	2	4375,166667	2187,583333	44,86	<,0001	**
Variedad (200gy)	2	4082,166667	2041,083333	41,86	<,0001	**
Variedad (250gy)	2	3708,166667	1854,083333	38,02	<,0001	**
Variedad (300gy)	2	8496,166667	4248,083333	87,12	<,0001	**
Error	63	3072	48,7619			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de germinación en cañahua a las 32 horas de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	2005,214286	334,202381	14,19	<,0001	**
Dosis (Illimani)	6	31,428571	5,238095	0,22	0,9681	ns
Dosis (Kullaca)	6	51,357143	8,559524	0,36	0,8994	ns
Variedad (0gy)	2	1738,5	869,25	36,9	<,0001	**
Variedad (50gy)	2	2546	1273	54,04	<,0001	**
Variedad (100gy)	2	3812,666667	1906,333333	80,93	<,0001	**
Variedad (150gy)	2	747,166667	373,583333	15,86	<,0001	**
Variedad (200gy)	2	1108,166667	554,083333	23,52	<,0001	**

Variedad (250gy)	2	320,666667	160,333333	6,81	0,0021	**
Variedad (300gy)	2	2646	1323	56,17	<,0001	**
Error	63	1484	23,55556			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de germinación en cañahua a las 44 horas de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	153,428571	25,571429	5,82	<,0001	**
Dosis (Illimani)	6	2,714286	0,452381	0,1	0,9958	ns
Dosis (Kullaca)	6	13,428571	2,238095	0,51	0,7989	ns
Variedad (0gy)	2	25,166667	12,583333	2,86	0,0645	ns
Variedad (50gy)	2	216,166667	108,083333	24,6	<,0001	**
Variedad (100gy)	2	199,5	99,75	22,71	<,0001	**
Variedad (150gy)	2	114,666667	57,333333	13,05	<,0001	**
Variedad (200gy)	2	50,166667	25,083333	5,71	0,0053	**
Variedad (250gy)	2	30,5	15,25	3,47	0,0371	*
Variedad (300gy)	2	106,166667	53,083333	12,08	<,0001	**
Error	63	276,75	4,392857			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de germinación en cañahua a las 96 horas de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	107,214286	17,869048	8,69	<,0001	**
Dosis (Illimani)	6	2,428571	0,404762	0,2	0,9765	ns
Dosis (Kullaca)	6	10,5	1,75	0,85	0,5355	ns
Variedad (0gy)	2	4,666667	2,333333	1,14	0,3279	ns
Variedad (50gy)	2	4,166667	2,083333	1,01	0,3688	ns
Variedad (100gy)	2	0,666667	0,333333	0,16	0,8507	ns
Variedad (150gy)	2	15,5	7,75	3,77	0,0284	*
Variedad (200gy)	2	60,166667	30,083333	14,64	<,0001	**
Variedad (250gy)	2	87,5	43,75	21,28	<,0001	**
Variedad (300gy)	2	30,5	15,25	7,42	0,0013	**
Error	63	129,5	2,055556			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del porcentaje de supervivencia en cañahua a los 69 días de su siembra.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	4671,481533	778,580256	2,48	0,039	*
Dosis (Illimani)	6	3804,4424	634,073733	2,02	0,0853	ns
Dosis (Kullaca)	6	2728,32742	454,721237	1,45	0,2204	ns
Variedad (0gy)	2	1451,881489	725,940744	2,31	0,112	ns
Variedad (50gy)	2	1017,219756	508,609878	1,62	0,2104	ns
Variedad (100gy)	2	2873,659289	1436,829644	4,58	0,0162	*
Variedad (150gy)	2	1806,992622	903,496311	2,88	0,0679	ns
Variedad (200gy)	2	602,671622	301,335811	0,96	0,3914	ns
Variedad (250gy)	2	1688,533356	844,266678	2,69	0,0801	ns
Variedad (300gy)	2	2,112171	1,056086	0	0,9966	ns
Error	63	12549,76327	313,74408			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del largo de lámina de hoja en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	0,50279	0,083798	1,18	0,3344	ns
Dosis (Illimani)	6	2,720514	0,453419	6,41	<,0001	**
Dosis (Kullaca)	6	0,335067	0,055844	0,79	0,5839	ns
Variedad (0gy)	2	0,585622	0,292811	4,14	0,0233	*
Variedad (50gy)	2	1,326956	0,663478	9,37	0,0005	**
Variedad (100gy)	2	0,692289	0,346144	4,89	0,0126	*
Variedad (150gy)	2	0,196956	0,098478	1,39	0,2605	ns
Variedad (200gy)	2	0,096622	0,048311	0,68	0,5111	ns
Variedad (250gy)	2	0,273622	0,136811	1,93	0,158	ns
Variedad (300gy)	2	0,388689	0,194344	2,75	0,0763	ns
Error	63	2,83121587	0,0707804			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de altura de planta a la madurez fisiológica en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	3243,863981	540,643997	10,76	<,0001	**
Dosis (Illimani)	6	1930,476667	321,746111	6,41	<,0001	**
Dosis (Kullaca)	6	688,718581	114,78643	2,29	0,0545	ns

Variedad (0gy)	2	135,7062	67,8531	1,35	0,2706	ns
Variedad (50gy)	2	267,407756	133,703878	2,66	0,0822	ns
Variedad (100gy)	2	149,135289	74,567644	1,48	0,2388	ns
Variedad (150gy)	2	407,340422	203,670211	4,05	0,0249	*
Variedad (200gy)	2	413,2446	206,6223	4,11	0,0237	*
Variedad (250gy)	2	694,345089	347,172544	6,91	0,0026	**
Variedad (300gy)	2	1070,456467	535,228233	10,66	0,0002	**
Error	63	2009,27104	50,23178			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple del número de ramas en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	62,687429	10,447905	7,95	<,0001	**
Dosis (Illimani)	6	29,5272	4,9212	3,74	0,0048	**
Dosis (Kullaca)	6	19,016781	3,169463	2,41	0,044	*
Variedad (0gy)	2	10,197089	5,098544	3,88	0,0289	*
Variedad (50gy)	2	3,086867	1,543433	1,17	0,3196	ns
Variedad (100gy)	2	0,499467	0,249733	0,19	0,8277	ns
Variedad (150gy)	2	2,741067	1,370533	1,04	0,362	ns
Variedad (200gy)	2	26,2238	13,1119	9,97	0,0003	**
Variedad (250gy)	2	24,071089	12,035544	9,15	0,0005	**
Variedad (300gy)	2	39,484822	19,742411	15,02	<,0001	**
Error	63	52,5903524	1,3147588			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

Análisis de varianza de Efecto Simple de diámetro de tallo en cañahua.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr> F	Sig
Dosis (Acc. 222)	6	2,922	0,487	11,46	<,0001	**
Dosis (Illimani)	6	1,20179	0,200298	4,71	0,001	**
Dosis (Kullaca)	6	0,474914	0,079152	1,86	0,1113	ns
Variedad (0gy)	2	0,220089	0,110044	2,59	0,0875	ns
Variedad (50gy)	2	0,013089	0,006544	0,15	0,8577	ns
Variedad (100gy)	2	0,185	0,0925	2,18	0,1266	ns
Variedad (150gy)	2	1,1202	0,5601	13,18	<,0001	**
Variedad (200gy)	2	0,399356	0,199678	4,7	0,0147	*
Variedad (250gy)	2	0,121689	0,060844	1,43	0,2508	ns
Variedad (300gy)	2	1,0278	0,5139	12,1	<,0001	**
Error	63	1,69928571	0,04248214			

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

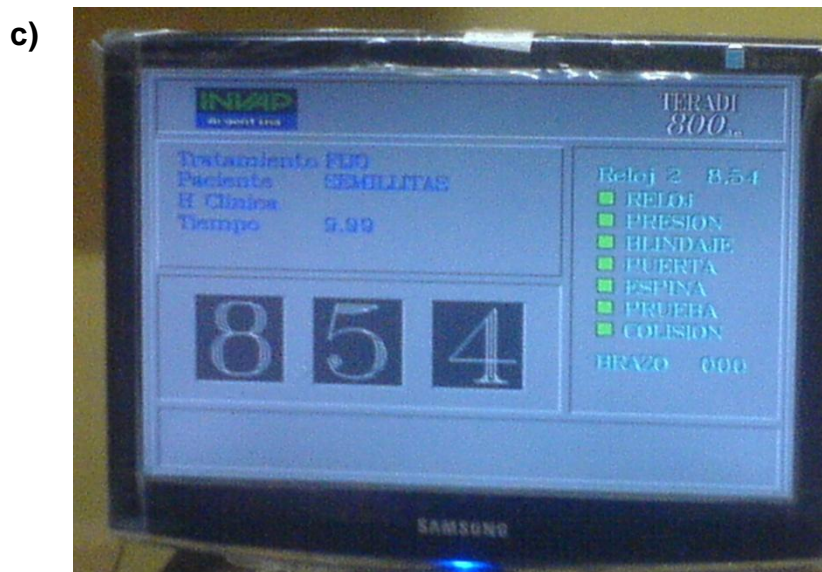
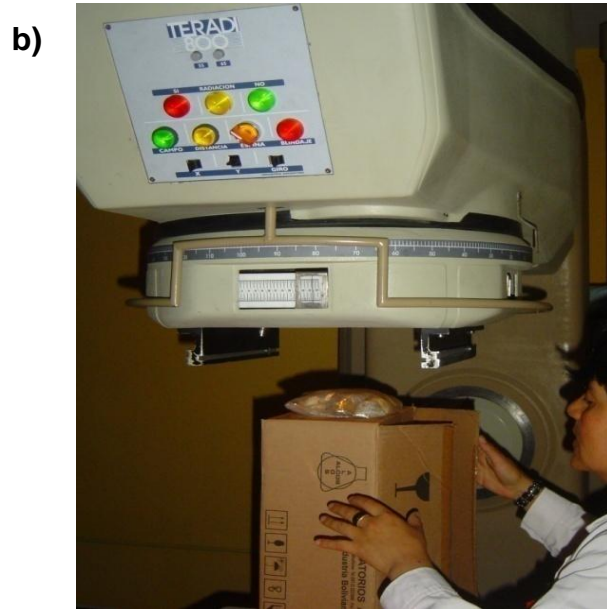
Análisis de varianza de Efecto Simple del índice de cosecha en cañahua.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr > F	Sig.
Variedad (0gy)	2	0,0025	0,0012	0,53	0,5941	ns
Variedad (50gy)	2	0,0126	0,0063	2,64	0,0849	ns
Variedad (100gy)	2	0,0056	0,0028	1,18	0,3186	ns
Variedad (150gy)	2	0,0028	0,0014	0,6	0,5558	ns
Variedad (200gy)	2	0,0303	0,0151	6,35	0,0043	**
Variedad (250gy)	2	0,0578	0,0289	12,12	<,0001	**
Variedad (300gy)	2	0,0550	0,0275	11,53	0,0001	**
Error	59	0,7715				

** = Altamente significativo; * = Significativo; ns = No significativo

ANEXO Nº 5. Galería de fotos.

Fotografía 1. a) Hospital de clínicas, unidad de Oncología Radioterapia, b) Equipo utilizado para la irradiación de semillas de quinua y cañahua, de marca TERADI 800, c) Monitoreo para el tratamiento de irradiación de las semillas de quinua y cañahua.



Fotografía 2. Evaluación de las semillas germinadas en diferentes tiempos; **a)** 20 horas, **b)** 32 horas, **c)** 44 horas y **d)** 96 horas.



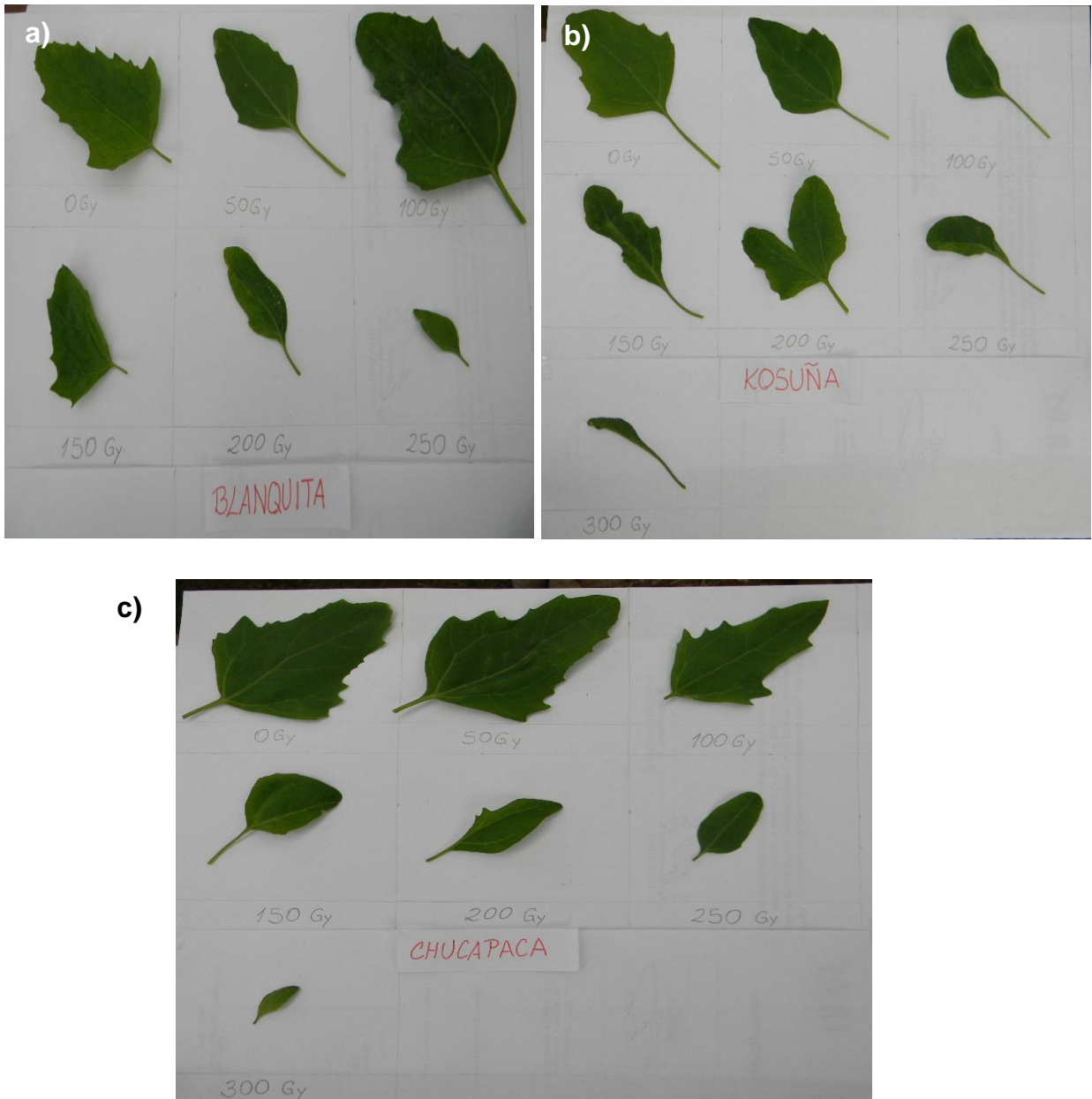
Fotografía 3. a) Preparación del sustrato con turba, cascarilla de arroz, tierra vegetal y tierra de lugar en una relación de 1:1:1:3, b) Preparación de las macetas con el sustrato preparado y riego con la humedad adecuada para la siembra de las semillas irradiadas de quinua y cañahua.



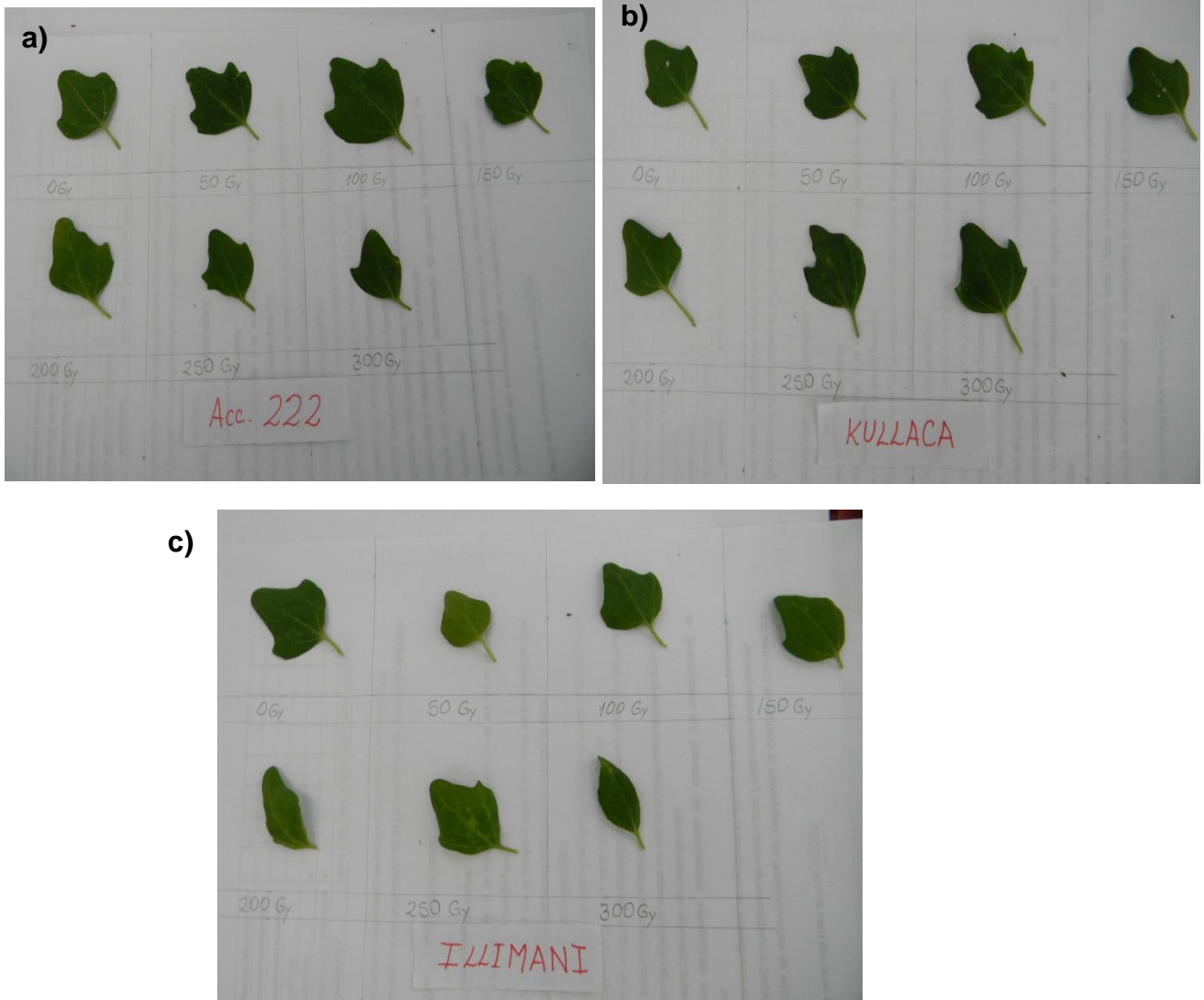
Fotografía 4. En la variedad Blanquitadel tratamiento de 150 Gy se puede observar que de un nudo nacen seis hojas. También se pudo observar la misma situación en las otras variedades.



Fotografía 5. Se observa las deformaciones, en ancho y largo de lámina de hoja, tamaño de la hoja, forma de las nervaduras y el borde de la hoja, efecto causado por la irradiación a las que fueron sometidas las semillas (testigo, 50, 100, 150, 200, 250 y 300 Gy) de las variedades de quinua; **a) Blanquita, b) Kosuña c) Chucapaca.**



Fotografía 6. Se observa las deformaciones, en ancho y largo de lámina de hoja, tamaño de la hoja, forma de las nervaduras y el borde de la hoja, efecto causado por la irradiación a las que fueron sometidas las semillas (testigo, 50, 100, 150, 200, 250 y 300 Gy) de las variedades de cañahua; **a)** Accesoión 222, **b)** Kullaca, **c)** Illimani.



Fotografía 7. En la variedad Blanquita del tratamiento de 200 Gy se puede observar las deformaciones de las primeras hojas. También se pudo observar la misma situación en las otras variedades.



Fotografía 8. En la variedad chucapaca del tratamiento de 250 Gy se puede observar que con una altura de planta aproximadamente de 8 cm llegando a formar la panoja.

