



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum L.*) A CUATRO DOSIS DE RADIACIONES GAMMA”

Tesis de grado previa a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

AUTORA:

MARÍA CRISTINA NAVARRETE POZO

DIRECTORA:

DRA. LUCÍA TOROMORENO

Ibarra – Ecuador

2012

PRESENTACIÓN

Esta tesis está concebida esencialmente para ser una guía a los estudiantes, con la finalidad de aportar conocimientos y ser la base de otras indagaciones, por lo tanto la presente investigación contiene resultados, cuadros, datos, gráficos, interpretación, análisis conclusiones y recomendaciones que son de exclusiva responsabilidad de la autora.

MARÍA CRISTINA NAVARRETE POZO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100298120-5
APELLIDOS Y NOMBRES:	NAVARRETE POZO MARÍA CRISTINA
DIRECCIÓN:	PROVINCIA DE IMBABURA, CANTÓN IBARRA, PARROQUIA SAGRARIO, BARRIO SIMÓN BOLÍVAR, CALLE JOSÉ NICOLÁS HIDALGO Y RAMÓN ALARCÓN
E MAIL:	mcnavarrete20@hotmail.com
TELÉFONO:	062956236

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (<i>Pisum sativum L.</i>) A CUATRO DOSIS DE RADIACIONES GAMMA
AUTORA:	NAVARRETE POZO MARÍA CRISTINA
FECHA:	2013-01-25
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA AGROPECUARIA
DIRECTORA:	DRA. LUCÍA TOROMORENO

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

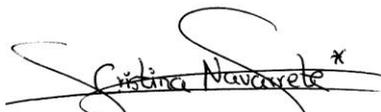
Yo, NAVARRETE POZO MARÍA CRISTINA con cédula de identidad Nro. 100298120-5; en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior art. 144.

3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de enero del 2013

LA AUTORA:


Ma. Cristina Navarrete Pozo
C.C.: 100298120-5

ACEPTACIÓN:


Biblioteca UTM
Ibarra - Ecuador
JEFE DE BIBLIOTECA

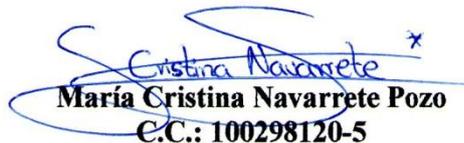
Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, NAVARRETE POZO MARÍA CRISTINA con cédula de identidad Nro. 100298120-5; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, art. 4,5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominada “RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum L.*) A CUATRO DOSIS DE RADIACIONES GAMMA”, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniera Agropecuaria en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.


María Cristina Navarrete Pozo
C.C.: 100298120-5

Ibarra, a los 25 días del mes de enero del 2013

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 2013-01-25

Navarrete Pozo María Cristina. RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum L.*) A CUATRO DOSIS DE RADIAIONES GAMMA / TRABAJO DE GRADO. Ingeniera Agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra 25 de enero de 2013. 117 p. anex., diagr.

DIRECTORA: Dra. Lucía Toromoreno

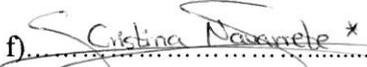
Resumen

A través de los resultados y análisis obtenidos se puede manifestar que el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) en las dos variedades presentó cambios que alteraron efectivamente las características fenotípicas, durante el periodo del cultivo se presentó mayor susceptibilidad a enfermedades para las dosis de 90 y 120 Gray, por ende se obtuvo mayor mortalidad de plantas al igual que menor producción, las dosis de 30, 60 y 90 Gray en comparación con el testigo presentaron mayor precocidad, ya que entraron a la floración en un promedio de 61,33 días para la variedad arvejón rosado, para la variedad quantum un promedio de 56,78 días, al comparar con el testigo la irradiación provocó un retraso de la floración en la dosis de 120 Gray para las dos variedades.

Fecha de Defensa de Tesis: 25 de enero de 2013

f).....

Dra. Lucía Toromoreno
Directora de Tesis

f).....

María Cristina Navarrete Pozo
Autora

DEDICATORIA

Es un honor para mí dedicar el esfuerzo realizado a alguien que siempre permanece conmigo y me ayudado cada día de mi vida para poder seguir adelante, un ser tan maravilloso merece tener todo de mí, por ello dedico mi trabajo de investigación a DIOS quien siempre me ha dado la fuerza suficiente para enfrentar cada problema que se ha presentado durante toda mi época estudiantil.

Dedico mi trabajo realizado a mis padres que me han brindado siempre su apoyo y sobre todo han sido incondicionales durante toda la etapa estudiantil; cuando caía siempre me brindaron su mano para levantarme, seguir adelante y decir: *“mañana será un nuevo día para seguir luchando por lo que se quiere”*. Y gracias a ello ahora soy una profesional.

También dedico mi Tesis a mi hermano y hermana quienes supieron ayudarme y brindarme todo su apoyo.

MARÍA CRISTINA NAVARRETE POZO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por darme la oportunidad de formarme en esta hermosa carrera, estoy muy orgullosa de pertenecer a una institución prestigiosa, la cual me ha formado en los procesos de aprendizaje, a través de sus docentes.

Quiero agradecer de manera muy especial al Ing. Raúl Barragán Cadena, ya que conté siempre con su apoyo y sobre todo con su ayuda y orientación que fueron la base para realizar mi investigación.

Al Ingeniero Miguel Echeverría ya que, gracias a su aporte de conocimientos y sugerencias durante la fase de campo logre obtener la información requerida para el análisis estadístico.

A mi Directora de Tesis y miembros asesores por ser una guía indispensable para la culminación de mi trabajo de investigación.

Y a todos mis maestros que durante cinco años fueron aportando conocimientos para mi formación profesional.

MARÍA CRISTINA NAVARRETE POZO

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 IMPORTANCIA Y OBJETIVO DE LA GENOTÉCNIA.....	4
2.2 RECURSOS FITOGENÉTICOS.....	5
2.2.1 Genes.....	6
2.2.1.1 Los genes como ADN (ácido desoxirribonucleico).....	6
2.2.1.2 Los genes y la información.....	7
2.3 MEJORAMIENTO EN PLANTAS AUTÓGAMAS.....	8
2.3.1 Métodos de mejoramiento genético.....	8
2.4 GENOTÉCNIA Y VARIACIÓN HEREDITARIA.....	9
2.4.1 Mutaciones génicas (puntuales o verdaderas).....	9
2.4.2 Condiciones que debe reunir un agente mutagénico.....	14
2.5 MÉTODOS DE INDUCCIÓN: AGENTES FÍSICOS.....	15
2.5.1 Radiaciones ionizantes.....	15
2.5.2 Tipos de efectos de la radiación sobre los seres vivos.....	15
2.5.2.1 Según el tiempo de aparición.....	16
2.5.2.2 Desde el punto de vista biológico.....	16
2.5.2.3 Según la dependencia de la dosis.....	16
2.5.3 Tipo de radiación y capacidad de penetración.....	17
2.5.3.1 Radiaciones gamma.....	18
2.5.4 Características de las radiaciones ionizantes.....	19
2.5.5 Aplicación de radiaciones ionizantes.....	19
2.5.6 Dosis.....	20
2.5.6.1 Determinación de la dosis óptima.....	21
2.6 EFECTOS Y BENEFICIOS DE LA RADIOINDUCCIÓN DE MUTACIONES EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LOS CULTIVOS	
2.6.1 La radioinducción de mutaciones aplicada a la agricultura, una técnica socialmente reconocida.....	24
2.7 ARVEJA (<i>Pisum sativum</i> L.)	
2.7.1 GENERALIDADES.....	25
2.7.1.1 Taxonomía.....	26
2.7.1.2 Composición Química.....	26
2.7.2 DIVERSIDAD GENÉTICA.....	27
2.7.3 MORFOLOGÍA.....	28
2.7.4 FISIOLOGÍA.....	29
2.7.5 PERIODO VEGETATIVO.....	32
2.7.6 AGROECOLOGÍA.....	32
2.7.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS VARIEDADES EVALUADAS.....	33

2.7.8 NORMAS DE CALIDAD DE LA SEMILLA.....	33
2.7.9 PRODUCCIÓN.....	33

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
3.1.1 Ubicación Geográfica de la Localidad.....	35
3.1.2 Condiciones Climáticas.....	35
3.1.3 Características Edáficas.....	35
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	
3.2.1 Materiales	
3.2.1.1 Material Experimental.....	36
3.2.1.2 Insumos.....	36
3.2.1.3 Materiales de Campo.....	36
3.2.2 Equipos.....	37
3.2.2.1 Campo.....	37
3.2.2.2 Oficina.....	37
3.3 FACTOR EN ESTUDIO.....	37
3.3.1 Tratamientos.....	38
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.4.1 Características del Experimento.....	39
3.4.1.1 Características del Ensayo.....	39
3.4.1.2 Características de la Unidad Experimental.....	39
3.4.1.3 Superficie del Experimento.....	40
3.4.2 Esquema del Análisis Estadístico.....	40
3.4.3 Análisis Funcional.....	40
3.5 VARIABLES A EVALUARSE	
3.5.1 Porcentaje de emergencia.....	40
3.5.2 Porcentaje de sobrevivencia.....	41
3.5.3 Días a la floración.....	41
3.5.4 Altura de plantas.....	41
3.5.5 Número de vainas por planta.....	42
3.5.6 Número de granos por vaina.....	42
3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO	
3.6.1 Ubicación del terreno.....	42
3.6.2 Análisis de Suelo.....	42
3.6.3 Semilla sometida a radiaciones gamma con fuente Co-60.....	43
3.6.4 Preparación del terreno.....	43
3.6.5 Delimitación del terreno.....	43
3.6.6 Instalación del experimento.....	44
3.6.7 Fertilización.....	44
3.6.8 Siembra.....	44
3.6.9 Labores Culturales.....	44

3.6.10 Controles Fitosanitarios.....	45
3.6.10.1 Fungicidas.....	45
3.6.10.2 Insecticidas.....	45
3.6.11 Cosecha.....	46
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Porcentaje de emergencia.....	47
4.2 Porcentaje de Supervivencia a los 30 días de la germinación.....	50
4.2.1 Porcentaje de Supervivencia a los 60 días de la germinación.....	54
4.3 Días a la floración.....	57
4.4 Altura de plantas al inicio de la floración.....	60
4.4.1 Altura de plantas a la madurez fisiológica.....	64
4.5 Número de vainas por planta.....	67
4.6 Número de granos por vaina.....	70
CAPÍTULO V CONCLUSIONES.....	74
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES.....	76
CAPÍTULO VII ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
7.1 TEMA.....	77
7.2 OBJETIVOS	
7.2.1 Objetivo General.....	77
7.2.2 Objetivos Específicos.....	77
7.3 MARCO LEGAL.....	77
7.4. LEYENDA.....	78
7.5. CALIFICACIÓN.....	79
7.6. ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID).....	80
7.7. ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII).....	80
7.8. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE.....	80
7.9. EVALUACIÓN DEL IMPACTO.....	80
7.10 CONCLUSIONES DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	84
CAPÍTULO VIII RESUMEN.....	85
CAPÍTULO IX SUMMARY.....	88
CAPÍTULO X BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica.....	26
Cuadro 2. Composición Química de 100 gr de parte comestible de arveja.....	27
Cuadro 3. Superficie, producción y ventas, según cultivos a nivel nacional.....	34
Cuadro 4. Variedades y Dosis de Radiaciones gamma establecidas.....	38
Cuadro 5. Esquema del ADEVA.....	40
Cuadro 6. Medias de los tratamientos Porcentaje de emergencia.....	47
Cuadro 7. Medias de Variedades (Factor A).....	47
Cuadro 8. Medias de Dosis (Factor B).....	47
Cuadro 9. Análisis de varianza (ADEVA).....	48
Cuadro 10. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	49
Cuadro 11. Prueba de DMS al 5% para Variedades.....	49
Cuadro 12. Medias de los tratamientos Sobrevivencia a los 30 días.....	50
Cuadro 13. Medias de Variedades (Factor A).....	51
Cuadro 14. Medias de Dosis (Factor B).....	51
Cuadro 15. Análisis de varianza (ADEVA).....	51
Cuadro 16. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	52
Cuadro 17. Prueba de DMS al 5% para Variedades.....	52
Cuadro 18. Medias de los tratamientos Sobrevivencia a los 60 días.....	54
Cuadro 19. Medias de Variedades (Factor A).....	54
Cuadro 20. Medias de Dosis (Factor B).....	54
Cuadro 21. Análisis de varianza (ADEVA).....	55
Cuadro 22. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	55
Cuadro 23. Prueba de DMS al 5% para Variedades.....	56
Cuadro 24. Medias de los tratamientos de Días a la floración.....	57
Cuadro 25. Medias de Variedades (Factor A).....	57
Cuadro 26. Medias de Dosis (Factor B).....	57
Cuadro 27. Análisis de varianza (ADEVA).....	58
Cuadro 28. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	58
Cuadro 29. Prueba de DMS al 5% para Variedades.....	59
Cuadro 30. Prueba de Tukey al 5% para Dosis.....	59
Cuadro 31. Medias de los tratamientos Altura de plantas inicio de la floración..	60
Cuadro 32. Medias de Variedades (Factor A).....	61
Cuadro 33. Medias de Dosis (Factor B).....	61
Cuadro 34. Análisis de varianza (ADEVA).....	61
Cuadro 35. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	62
Cuadro 36. Prueba de DMS al 5% para Variedades.....	62
Cuadro 37. Prueba de Tukey al 5% para Dosis.....	62
Cuadro 38. Medias de los tratamientos Altura de plantas a la madurez fisiológica.....	64
Cuadro 39. Medias de Variedades (Factor A).....	64
Cuadro 40. Medias de Dosis (Factor B).....	64
Cuadro 41. Análisis de varianza (ADEVA).....	65

Cuadro 42. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	65
Cuadro 43. Prueba de DMS al 5% para Variedades.....	66
Cuadro 44. Prueba de Tukey al 5% para Dosis.....	66
Cuadro 45. Medias de los tratamientos Número de vainas por planta.....	67
Cuadro 46. Medias de Variedades (Factor A).....	67
Cuadro 47. Medias de Dosis (Factor B).....	67
Cuadro 48. Análisis de varianza (ADEVA).....	68
Cuadro 49. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	68
Cuadro 50. Prueba de DMS al 5% para Variedades.....	69
Cuadro 51. Prueba de Tukey al 5% para Dosis.....	69
Cuadro 52. Medias de los tratamientos Número de granos por vaina.....	70
Cuadro 53. Medias de Variedades (Factor A).....	71
Cuadro 54. Medias de Dosis (Factor B).....	71
Cuadro 55. Análisis de varianza (ADEVA).....	71
Cuadro 56. Prueba de Duncan al 5% para Tratamientos.....	72
Cuadro 57. Prueba de Tukey al 5% para Dosis.....	72
Cuadro 58. Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.....	81
Cuadro 59. Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.....	82
Cuadro 60. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales.....	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Participación de producción de arveja por provincias.....	34
Gráfico 2. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en el porcentaje de emergencia.....	50
Gráfico 3. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en el porcentaje de sobrevivencia.....	53
Gráfico 4. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en el porcentaje de sobrevivencia a los 60 días desde la germinación.....	56
Gráfico 5. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en días a la floración.....	60
Gráfico 6. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en altura de plantas al inicio de la floración.....	63
Gráfico 7. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en altura de plantas a la madurez fisiológica.....	66
Gráfico 8. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en número de vainas por planta.....	70
Gráfico 9. Efecto de la Interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en número de granos por vaina.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Glosario de términos.....	95
ANEXO 2. Datos recopilados para la variable porcentaje de emergencia.....	97
ANEXO 3. Datos recopilados para la variable porcentaje de sobrevivencia (30 días de la germinación).....	97
ANEXO 4. Datos recopilados para la variable porcentaje de sobrevivencia a los 60 días de la germinación.....	98
ANEXO 5. Datos recopilados para la variable días a la floración.....	98
ANEXO 6. Datos recopilados para la variable altura de plantas al inicio de la floración.....	99
ANEXO 7. Datos recopilados para la variable altura de plantas a la madurez fisiológica.....	99
ANEXO 8. Datos recopilados para la variable número de vainas por planta.....	100
ANEXO 9. Datos recopilados para la variable número de granos por vaina.....	100
ANEXO 10. Croquis de Distribución de Tratamientos y Repeticiones en el Campo.....	101
ANEXO 11. Mapa de Ubicación del Ensayo.....	102
ANEXO 12. Tabla de Depreciación.....	103
ANEXO 13. Costos para la Variedad Arvejón Rosado.....	103
ANEXO 14. Costo para la Variedad Cuanthum.....	104
ANEXO 15. Reporte de Análisis de Suelo.....	106
ANEXO 16. Certificado de Irradiación de Muestras.....	107
ANEXO 17. Toma de muestras de suelo.....	109
ANEXO 18. Entrega de las Semilla para la Irradiación en el SCIAN.....	109
ANEXO 19. Delimitación de las parcelas y surcado.....	109
ANEXO 20. Quebrante.....	110
ANEXO 21. Aplicación del Fertilizante y Siembra.....	110
ANEXO 22. Aplicación de pre-emergente.....	110
ANEXO 23. Germinación de la planta.....	111
ANEXO 24. Riego.....	111
ANEXO 25. Recopilación de datos de la Primera y Segunda Variable.....	111
ANEXO 26. Aplicación de Abono Foliar.....	112
ANEXO 27. Desarrollo del Cultivo.....	112
ANEXO 28. Determinación de la DL ₅₀	113
ANEXO 29. Floración precoz en T2, T3, T7 y T8.....	113
ANEXO 30. Identificación de las plantas precoces.....	113
ANEXO 31. Toma de Datos de Altura de Plantas.....	114
ANEXO 32. Control Fitosanitario.....	114
ANEXO 33. Desarrollo del Cultivo.....	114
ANEXO 34. Segunda Toma de Datos de Altura de Plantas.....	115
ANEXO 35. Formación de Vainas.....	115

ANEXO 36. Llenado de Vainas.....	115
ANEXO 37. Presencia de Enfermedades en el Cultivo.....	116
ANEXO 38. Aplicación de Abono Foliar y Controles Fitosanitarios.....	116
ANEXO 39. Etapa de Secado del Cultivo.....	116
ANEXO 40. Generación M_1	117
ANEXO 41. Artículo Científico.....	118

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchos métodos de Mejoramiento Genético de plantas, los cuales en gran parte han solucionado problemas de ataques a enfermedades, insectos y otro tipo de plagas. Los resultados son evidentes, ya que hoy en día existen nuevas variedades en todas las especies cultivadas, obtenidas por métodos tradicionales de Mejoramiento Genético; sin embargo existen otras alternativas, mediante las cuales se puede obtener nuevos fenotipos que sean útiles por los Programas de Mejoramiento Genético, uno de ellos es la obtención de plantas mediante el uso de Mutaciones Genéticas inducidas por radiación; la mejora mutacional no resta valor a los métodos tradicionales de mejoramiento como la Selección y el Cruzamiento, los cuales constituyen partes integrantes de cada Programa de Mejora Mutacional.

En el futuro el Mejoramiento Mutacional ganará una considerable importancia ya que trata de reservar genes de las poblaciones naturales o especies primitivas, con caracteres individuales valiosos que son la base para crear gradualmente plantas de mejor calidad que sus progenitores. En el caso de la herencia de un carácter a través de genes mayores bastará con un solo paso mutacional para incitar en el individuo el nuevo carácter deseado, sin necesidad de realizar cruzamientos con otras plantas; importantes éxitos de mejora mutacional pueden ser esperados sobre todo en el campo de la mejora como resistencia a enfermedades, duración del periodo de vegetación, contenido de diferentes sustancias de reserva, componentes aislados del rendimiento y factores de calidad.

La eficiencia de mutaciones inducidas por radiaciones en semillas, está influenciada por el contenido de agua, el genotipo, la temperatura durante la germinación, la edad de los tejidos, el estado de la división celular, el número y tamaño de los cromosomas, el tipo de radiación y la presencia o ausencia de ciertos productos químicos; estos factores intervienen en los resultados para la obtención de variabilidad genética y por ende, las posibilidades de seleccionar características deseables para la contribución del desarrollo agrícola.

El Mejoramiento Genético de plantas está en relación al desarrollo del país, ya que siempre habrá la necesidad de producir nuevas variedades para satisfacer las necesidades del agricultor y del consumidor garantizando así su bienestar y para atender a las nuevas demandas de tecnología; la generación de más variedades en un país puede ser considerado como medidor del grado de desarrollo en la agricultura.

Si bien las radiaciones son empleadas para obtener nuevos fenotipos, en el país existen pocos trabajos al respecto, por ello se consideró necesario realizar la presente investigación con el propósito de conocer si la exposición de las semillas a radiaciones gamma es adecuado en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) de manera que provoque mutaciones beneficiosas para las variedades de éste cultivo, con la finalidad que sirva de guía hacia la generación de nuevos Programas de Mejoramiento Genético.

Los objetivos propuestos para la investigación fueron:

- ✓ Observar la respuesta de dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) a cuatro dosis de radiaciones gamma.
- ✓ Establecer la dosis letal media de radiación con la que se provoca cambios favorables para el cultivo de la arveja (*Pisum sativum L.*).

- ✓ Comparar entre las variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) los cambios fenotípicos que se presenten.
- ✓ Determinar cuáles cambios son propicios para un Programa de Mejoramiento Genético.
- ✓ Identificar a qué dosis de radiaciones gamma el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) presentó mayor porcentaje de germinación y sobrevivencia.

Las hipótesis planteadas fueron:

- ✓ El uso de las radiaciones gamma en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) provoca cambios fenotípicos importantes para un Programa de Mejoramiento Genético.
- ✓ Las variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) tienen la misma respuesta a las diferentes dosis de radiación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA Y OBJETIVOS DE LA GENOTÉCNIA

La Genotécnia Vegetal ha proporcionado la posibilidad de seleccionar casi el tipo ideal de plantas de acuerdo con las necesidades de cada región, todos estos logros no son suficientes si no se acompañan de un adecuado manejo del cultivo, esto es, aplicar los adelantos de la investigación agronómica. (¹)

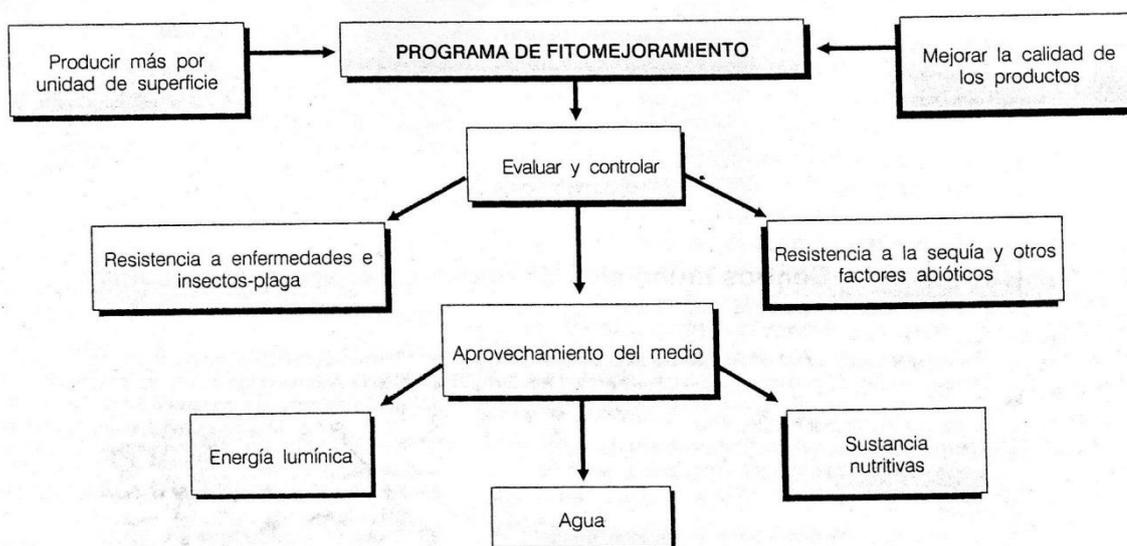
Los investigadores agrícolas se interesan por incrementar la productividad por unidad de superficie con el fin de obtener mayor cantidad de alimentos y fibras para corresponder así al incesante aumento demográfico. El principal objetivo de la genotécnia vegetal es el de formar variedades con alto potencial de rendimiento o sea variedades de plantas que aprovechen con más eficiencia el agua, los fertilizantes y en general su medio ambiente. Además se debe realizar la estabilización del rendimiento mediante la resistencia de las plantas al efecto de factores adversos, como, insectos, enfermedades, sequías, vientos fuertes, bajas temperaturas, etc.

El segundo objetivo es obtener una mejor calidad de los productos agrícolas. Un ejemplo es el mejoramiento genético del algodón donde se pretende obtener una fibra más larga y fuerte para beneficio de la industria; este objetivo es tan importante como el primero pues resulta esencial para algunos cultivos ya que ello condiciona su explotación. Y el tercer objetivo considerado en importancia es la presentación de los productos agrícolas, que comprende los aspectos de tamaño, forma y color aún más si el producto agrícola es destinado para exportación.

¹MENA, S., GARCÍA, M. (1999). *Fundamentos de Genotécnia*, México.

Una vez considerados los objetivos se puede definir a la Genotécnia Vegetal como la ciencia que estudia, los mecanismos de herencia de las características deseables en las plantas, y la metodología para mejorarlas. ⁽¹⁾

La aplicación práctica de la fitogenética se inicia con el desarrollo de variados métodos que tienden a evaluar y aprovechar al máximo la variación natural existente, para luego seleccionar las plantas con más productividad. Al iniciar un programa de fitomejoramiento deben tenerse muy claros los objetivos que se persiguen y evaluar determinados factores que actúan en conjunto. ⁽²⁾



Programa de fitomejoramiento: objetivos, procesos y actividades
Fuente: Aldana, H. (2001). Producción Agrícola 1, Colombia

2.2 RECURSOS FITOGENÉTICOS

La base fundamental para cualquier programa de fitomejoramiento es el conocimiento del material genético de la especie por mejorar. Los genes son materia prima para la fabricación de nuevos materiales vegetales mejorados y se encuentran expresados fenotípicamente en diversas especies silvestres, primitivas o formas cultivadas, lo cual se denomina *diversidad genética* y, en el caso específico de plantas, *recursos fitogenéticos*.

¹MENA, S., GARCÍA, M. (1999). *Fundamentos de Genotécnia*, México.

²ALDANA, H. (2001). *Producción Agrícola 1*, Terranova, Colombia.

Para las principales especies cultivadas en el mundo, los recursos fitogenéticos se encuentran colectados y conservados en los llamados bancos de germoplasma, lugares especializados en guardar la mayor cantidad posible de formas diferentes de la especie, bien sea como semilla sexual o asexual. Estas colecciones se encuentran principalmente en los centros internacionales de investigación.

Es evidente que para el futuro de la humanidad resulta de vital importancia velar por que los recursos fitogenéticos no se pierdan por la irracionalidad del ser humano, ya que ellos constituyen la solución potencial para los problemas de la agricultura y, desde luego, son garantía de la alimentación para generaciones del mañana; en otras palabras la supervivencia de nuestros descendientes. ⁽²⁾

2.2.1 Genes

Los genes se los considera como los “*pilotos*” de la vida, porque determinan todas las características; no lo hacen solos, sino en colaboración con diversos factores ambientales. Al observar las plantas notaremos diferencias análogas, los genes determinan semejanzas y diferencias ya que ellos forman parte del patrimonio hereditario de la especie, es decir, que se heredan de los progenitores y se transmiten a los descendientes. ⁽³⁾

El término “gen” suscita la idea de algo indefinible que forma parte de la composición de los seres vivos y que es muy importante, a los genes se les atribuye todas las características de la especie. ⁽⁴⁾

2.2.1.1 Los genes como ADN (ácido desoxirribonucleico)

A través de algunos experimentos los cuales dieron la certeza a los investigadores de que los caracteres genéticos son transportados por el ADN y que, por tanto, con toda probabilidad, los propios genes están constituidos por ácido desoxirribonucleico.

²ALDANA, H. (2001). *Producción Agrícola 1*, Terranova, Colombia.

³DULBECCO, R. (1999). *Los genes y nuestro futuro*, Editorial Alianza Biología, Madrid, España.

⁴WRIGHT, J. (1994). *Mejoramiento Genético de los Árboles Forestales*, Roma.

2.2.1.2 Los genes y la información

La información contenida en el ADN depende de la secuencia de bases, exactamente igual que el significado de un texto escrito está determinado por la sucesión de las letras que lo componen. La conservación de la información a través de muchas generaciones es posible gracias al mecanismo de replicación del ADN.

Para mantener la fidelidad de la información se da cuando a la nueva cadena se añade la nueva base que debe unirse a la preexistente en la vieja cadena. A fin de que se mantenga la fidelidad de la reproducción, en este proceso ha de usarse sólo la base complementaria a la preexistente. Pero siempre puede producirse un error; en tal caso, la proteína que coloca en su sitio las bases reconoce el error, quita la base errónea y repite el paso poniendo en su sitio la base acertada. Gracias a esta capacidad de autocorrección, la posibilidad de error se reduce a un caso entre cien millones. Pese a ello existen errores, aunque muy raros, que se denominan *mutaciones* (⁵).

Además de los errores espontáneos están también los *inducidos* por agentes físicos o químicos (rayos X, rayos ultravioleta, sustancias tóxicas, etc.) que alteran el ADN.

Estos agentes son capaces, en efecto, de alterar la estructura química de una o más bases en tal medida que, durante la replicación del ADN, la base alterada ya no es reconocida como tal, o bien es confundida con otra. Por ejemplo, las radiaciones emitidas en las reacciones nucleares son capaces de producir lesiones de diversos tipos (incluida la ruptura de la doble hélice).

La consecuencia puede ser el bloqueo de la replicación del ADN o la información de un ADN alterado. (³)

³DULBECCO, R. (1999). *Los genes y nuestro futuro*, Editorial Alianza Biología, Madrid, España.

⁵ JOSEPH, R., YEOH, H., LOH, S. (2004). *Induced mutations in cassava using somatic embryos and the identification of mutant plants with altered starch yield and composition*. Plant Cell Rep.

No todas las alteraciones surten efectos negativos, algunas alteraciones puede tener efectos positivos, mejorando la función de la proteína en condiciones especiales; las alteraciones “*leves*” desempeñan un importante papel en la evolución de la vida, mejorando la función de un gen o permitiendo que adquirirse una función nueva, algo distinta a la originaria. Tal cambio no se manifiesta, obviamente, en el gen original, sino en una copia suya formada en el mismo genoma, que adquiriría así la nueva función sin perder la vieja. (⁶)

2.3 MEJORAMIENTO EN PLANTAS AUTÓGAMAS

El objetivo de la mayoría de los programas de mejoramiento es la obtención de líneas puras, es decir, como las definió Johansen: “la descendencia de un individuo homocigoto autofecundado”, cuyo fenotipo es altamente homogéneo.

Las plantas autógamias consisten generalmente en una mezcla de multitud de líneas homocigóticas bastante relacionadas que, no obstante crecen próximas, permanecen más o menos independientes entre sí en la reproducción. Las plantas individuales de tales poblaciones son probablemente homocigotos vigorosos. (⁷)

Debe recordarse que en determinadas especies del grupo de las autógamias (algodón, sorgo y trébol) existen cruzamientos naturales que oscilan de 5 a 50%; en otras especies (cebada, avena, arveja, arroz, lechuga y tomate) el cruzamiento en raras ocasiones supera el 1%, independientemente de la variedad que se trate.

2.3.1 Métodos de mejoramiento genético

Para realizar un programa respecto a la mejora de plantas, con la finalidad de obtener variedades de mayor valor, es necesario partir de material existente (variedades de la localidad, variedades mejoradas obtenidas en la región o de otra parte, así como formas vegetales afines espontáneas de la misma especie) con el objetivo de someterlo a los trabajos que los diversos métodos requieran.

⁶CUBERO, J. (2003). *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*; Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.

⁷LÓPEZ, M. (1995). *Fitomejoramiento*, Editorial Trillas, México.

Existen dos atributos muy importantes a considerar en la selección, para comprender los principios de la mejora: a) la selección sólo puede actuar sobre diferencias heredables; b) la selección no puede crear variabilidad, sino que actúa sobre la ya existente. Este último atributo le dio importancia al concepto de “consanguinidad”, el cual origina un aumento de homocigosis aplicable a todos los loci, tanto a los caracteres cuantitativos (rendimiento, precocidad, calidad industrial, tamaños, números, etc.) como a los determinados por los genes homocigosis y heterocigosis; este concepto indica que existe consanguinidad cuando se realizan cruzamientos entre los individuos estrechamente emparentados (autofecundación).⁽⁷⁾

Existen dos métodos de propagación para lograr la formación de nuevas variedades o para mejorar las existentes son:

- ✓ Métodos Sexuados: Selección (masal e individual) e Hibridación o Cruzamiento.
- ✓ Métodos Asexuados: Selección Clonal, Hibridación e Inducción de Mutaciones.

2.4 GENOTÉCNIA Y VARIACIÓN HEREDITARIA

2.4.1 Mutaciones génicas (puntuales o verdaderas)

El término mutación fue propuesto por el Francés Duchesne quién lo sugirió a fines del siglo XVIII y posteriormente aceptado por Hugo de Vries luego de realizar estudios del fenómeno, en 1886.

Se define a la mutación como un cambio bien manifiesto en una o varias de las características morfológicas o fisiológicas de una especie, apareciendo en forma súbita en uno o en un corto número de individuos y que en general, transmiten éstos a su descendencia.⁽¹⁾

¹MENA, S., GARCÍA, M. (1999). *Fundamentos de Genotécnia*, México.

⁷LÓPEZ, M. (1995). *Fitomejoramiento*, Editorial Trillas, México.

Las mutaciones son la fuente esencial de toda variabilidad genética; representan, por tanto, en cierta manera, los materiales de construcción de la evolución, por medio de los cuales son posibles los cambios evolutivos. (4)

Una mutación es un cambio inesperado en el material hereditario de una célula; la mutación puede ser el resultado de un cambio en el gene de un alelo al otro, reacomodo de materiales cromosómicos, o pérdida o duplicación de segmentos cromosómicos. Una inmensa mayoría de las mutaciones son perjudiciales o deletéreas para el individuo. (8)

Las mutaciones son alteraciones genéticas no ocasionadas por recombinación, sino que surgen súbitamente en secuencias de bases nitrogenadas del material hereditario (ADN), por efecto de agentes mutagénicos espontáneos o artificiales. Se producen por sustitución de una base por otra, como también por adición o delección de fragmentos pequeños de ADN; dichas alteraciones permiten cambios en la disposición de los aminoácidos, cuando estos se agrupan en los ribosomas; y por lo tanto, hay síntesis de proteínas diferentes, que conllevan a cambios fenotípicos heredables. (9)

Es un trastorno en la reproducción de un gen que produce un cambio y desde ese momento seguirá transmitiendo una nueva característica en sucesivas generaciones, la mutación se presenta de manera abrupta y sin causa aparente. (10)

Las mutaciones de genes pueden ser dominantes o recesivas, pero estas últimas son las más comunes. Las mutaciones dominantes de los genes generalmente producen un efecto inmediato en un individuo. El efecto de una mutación recesiva de los genes generalmente no se manifiesta hasta que dos genes recesivos se unen en un individuo como resultado de segregaciones.

⁴WRIGHT, J. (1994). *Mejoramiento Genético de los Árboles Forestales*, Roma.

⁸POEHLMAN, J. (1992). *Mejoramiento genético de las cosechas*, Editorial Limusa, S.A, México.

⁹SAÑUDO, B., BETANCOURTH, C. (2005). *Fundamentos de Fitomejoramiento*, Colombia.

¹⁰RODRÍGUEZ, C., PÉREZ J. (1999). *Genética y Mejoramiento de las Plantas*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.

Entre los años 1928 a 1935, se realizaron muchos trabajos experimentales en mutaciones inducidas; ya que era una nueva forma de realizar mejoramiento genético de plantas. La capacidad potencial para aumentar la variación en las especies por la inducción artificial de mutaciones, ofreció desde el primer momento posibilidades atractivas para los fitomejoradores, pero desafortunadamente comprobaron los genetistas, que la aplicación de esta nueva posibilidad demostró inmediatamente ser lenta y desalentadora. En casi todos los casos, las variaciones debidas a mutaciones inducidas fueron desfavorables, y cuando éstas eran favorables, sus efectos pasaban prácticamente inadvertidos.

En 1934 y 1935, Nilsson-Ehle en la estación de fitomejoramiento en Svalöf (Suecia) observó en la cebada algunas mutaciones favorables inducidas por rayos X, entre las mutaciones favorables tenemos: espiga compacta, paja corta y rígida, precocidad, peso de grano y mayor capacidad de ahijamiento. Este experimento despertó el interés en los fitomejoradores respecto a las posibilidades de inducir mutaciones, sometiendo éstas o sus semillas a radiaciones. Desde entonces este sistema de mejoramiento se ha designado *mejoramiento por irradiaciones*.⁽¹¹⁾

Aun cuando el mejoramiento por irradiaciones ofrece posibilidades intrigantes para obtener un nuevo carácter, su uso tiene limitaciones como:

1. La mayor parte de las mutaciones que se presentan, son indeseables y no tienen valor para el fitomejorador. Muchas de ellas son letales.
2. La proporción de mutaciones producidas en el mejor de los casos es muy baja, y es necesario examinar poblaciones de plantas muy numerosas para encontrar mutaciones favorables.
3. La estabilidad de una línea mutante es todavía desconocida.
4. Es posible que haya que modificar la idea de que el fitomejorador puede mejorar una o dos características y al mismo tiempo mantener la identidad y comportamiento de una variedad en los demás aspectos.

¹¹HOVANITZ, W. (1999). *Tratado de Genética*, Ediciones Aguilar S.A, Madrid, España.

La mutación inducida debe considerarse un complemento para incrementar la cantidad de variación natural existente, en particular cuando ésta se haya reducido excesivamente por una intensa selección o cuando no se encuentre lo que se desea.

La inducción artificial de mutaciones por medio de la radiación ionizante data de principios del siglo XX, pero no fue hasta unos 30 años después que se demostró que estas transformaciones podían emplearse en la fitotecnia. En los intentos iniciales para inducir mutaciones en las plantas se utilizó fundamentalmente la técnica de rayos X desde el año de 1928; más tarde en los comienzos de la “era atómica”, se emplearon las radiaciones gamma y de neutrones, ya que estos tipos de radiación ionizante podían obtenerse fácilmente en los centros de investigación nuclear recién creados.

El término inducción de mutaciones a cambios espontáneos que afectan a la herencia en los organismos cuya descendencia presenta variaciones en tamaño, forma o composición genotípica que pueden ser expresados en su fenotipo. Los cambios efectuados dentro de los límites de un gen, a nivel de ADN, se denominan *mutaciones génicas o puntuales*. Cuando se producen cambios estructurales que ocasionan ganancia, pérdida, o relocalización de los segmentos de un cromosoma, se clasifican como *mutaciones cromosómicas*. Si los cambios afectan la estructura de organelos citoplasmáticos que contienen material genético tales como plastidios y condriosomas, se conocen como *mutaciones extranucleares*. Cuando los cambio afectan el número total de cromosomas característico de la especie, se habla de *mutaciones genómicas*.⁽²⁾

La mutagénesis no había sido la principal herramienta para la identificación genética, ya que las mutaciones carecen de marcas fenotípicas y, por lo tanto, se requiere un gran esfuerzo para aislar el gen afectado, aún después de haberse identificado el fenotipo mutante.

²ALDANA, H. (2001). *Producción Agrícola 1*, Terranova, Colombia.

Sin embargo, a partir del mejoramiento significativo de la eficiencia en la detección de polimorfismo genético se ha generado un interés creciente en la utilización de mutagénesis para investigación en genómica funcional en los organismos modelo (¹²).

Se debe tomar en cuenta que la mutación ocurre totalmente al azar, es decir, que cualquiera que sea el tratamiento mutagénico aplicado e incluso si es para obtenerlas dentro de un gen dado; nunca sabremos con total certeza cuál va a ser el resultado.

Algunas mutaciones son, evidentemente favorables lo que facilita explicar la evolución de los seres vivos; aunque en general las mutaciones produzcan alelos recesivos. Así pues, al conseguir una mutación favorable, hay que identificarla y transferirla por retrocruzamiento, separándola así de las mutaciones no convenientes.

La principal ventaja de la mutagénesis, con respecto a otras técnicas productoras de variabilidad genética, es que a partir de una misma población irradiada se pueden obtener genotipos con alteraciones en genes muy diversos debido a su acción aleatoria en el genoma de cada unidad irradiada (tallos, semilla, callo, células en suspensión, antera). En arroz, por ejemplo, existen numerosas ventajas producto de la utilización de agentes mutagénicos físicos y químicos para la producción de poblaciones mutantes adecuadas tanto para la genética “delantera” y reversa por la alta densidad de mutaciones producida. (¹²)

Actualmente se están trabajando en proyectos de mejoramiento basados en mutación inducida por rayos gamma en embriones somáticos de yuca, en los que se produjeron variaciones morfológicas en la planta y alteraciones en el rendimiento de raíces, contenido de amilosa y cianógenos (⁵).

⁵ JOSEPH, R., YEOH, H., LOH, S. (2004). *Induced mutations in cassava using somatic embryos and the identification of mutant plants with altered starch yield and composition*. Plant Cell Rep.

¹² WU, J., WU, C., LEI, C., BARAOIDAN, M., et al. (2005). *Chemical and irradiation induced mutants of indica rice IR64 for forward and reverse genetics*, Portugal.

El empleo en Agricultura de mutaciones inducidas para mejorar las cosechas es el método preferido para lograr variedades que den resultados superiores a los utilizados anteriormente. En la actualidad se utilizan unas 3.000 variedades mutantes. La primera generación de mutantes, de acuerdo con las necesidades de aquel tiempo, trataba de mejorar el rendimiento de las cosechas por medio de una mayor eficiencia en el uso de nutrientes o en mayores resistencias a condiciones adversas de las propias plantas o del ambiente. Al conseguirse estos objetivos con aumentos notables de las cosechas, dichos objetivos cambiaron al tratar de obtener valores añadidos que permitieran la diversificación de los empleos finales, consiguiendo mayores beneficios o condiciones alimentarias específicas. Estos valores requieren generalmente cambios mínimos en los genes, lo que se puede conseguir por mutagénesis inducida. Un ejemplo de estos valores inducidos han sido dos variedades de cebada más nutritivas, con menores contenidos de ácido fílico que las corrientes, lo que mejora la disponibilidad de hierro, cinc y calcio; mediante su empleo en la alimentación animal puede ahorrarse lo que cuestan los suplementos y se evitan los efectos ambientales del exceso de fósforo que producen los animales alimentados con cebada de mayor contenido en ácido fílico sobre los terrenos y las aguas.

2.4.2 Condiciones que debe reunir un agente mutagénico

Debe ser lo suficientemente efectivo sobre el material hereditario para causar cambios en su estructura y, al mismo tiempo, inocuo para el hombre. Esto es evidentemente imposible, pero es la razón de que se intente siempre aplicar un agente poco tóxico para el operario. La capacidad mutagénica se mide por la dosis semiletal (DL_{50}) que es la dosis que mata el 50% de los individuos tratados.

La frecuencia de mutación natural oscila entre 10^{-4} y 10^{-6} en plantas y animales (las frecuencias se dan por gen y generación); con mutagénesis artificial se puede conseguir una tasa tan alta como se quiera, pero existe el riesgo de causar tantas mutaciones en el organismo que éste pierda toda capacidad de sobrevivir; si, por ejemplo, un organismo tiene 10000 pares de alelos y conseguimos una tasa de 10^{-2} , le produciremos un promedio de 2×10000 (genes) $\times 0,01=200$ mutaciones,

esto es, modificaciones muchas veces sustanciales en 200 genes. Una tasa mayor podría eliminar toda viabilidad en el organismo.

2.5 MÉTODOS DE INDUCCIÓN: AGENTES FÍSICOS

2.5.1 Radiaciones ionizantes

La radiación es la emisión y propagación de energía a través del espacio o de un medio material en forma de partículas o de ondas electromagnéticas (fotones). La radiación presenta un comportamiento ondulatorio y viene regida por las leyes de la teoría electromagnética de Maxwell. ⁽¹³⁾

El fenómeno de la radiación consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material. La radiación propagada en forma de ondas electromagnéticas (Rayos X, Rayos UV, etc.) se llama radiación electromagnética, mientras que la radiación corpuscular es la radiación transmitida en forma de partículas subatómicas (partículas α , neutrones, etc.) que se mueven a gran velocidad en un medio o el vacío, con apreciable transporte de energía. Si la radiación transporta energía suficientemente como para provocar ionización en el medio que atraviesa, se dice que es una radiación ionizante. Son radiaciones ionizantes los Rayos X, Rayos γ , y Partículas α , entre otros. Por otro lado, radiaciones como los Rayos UV y las ondas de radio, TV o de telefonía móvil, son algunos ejemplos de radiaciones no ionizantes. ⁽¹⁴⁾

2.5.2 Tipos de efectos de la radiación sobre los seres vivos

ORTEGA, X; JORBA, J. (2009) mencionan que, los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos se pueden clasificar desde distintos puntos de vista:

¹³ORTEGA, X., JORBA, J. (2009). *Radiaciones Ionizantes: Utilización y Riesgos II*, Ediciones UPC, Barcelona.

¹⁴ORDÓÑEZ, J., CAMBERO, Ma. Isabel. (1998). *Tecnología de los Alimentos*, Editorial Síntesis, España.

2.5.2.1 Según el tiempo de aparición

- **Precoces:** Aparecen en minutos u horas después de haberse expuesto a la radiación.
- **Tardíos:** Aparecen en meses o años después de la exposición, ejemplo las mutaciones genéticas.

2.5.2.2 Desde el punto de vista biológico

- **Efectos Somáticos:** Sólo se manifiesta en el individuo que ha sido sometido a la exposición de radiaciones ionizantes.
- **Efecto Hereditario:** No se manifiesta en el individuo que ha sido expuesto a la radiación, sino en su descendencia, ya que lesionan las células germinales del individuo expuesto, ejemplo las mutaciones genéticas.

2.5.2.3 Según la dependencia de la dosis

- **Efecto Estocástico:** Son efectos absolutamente aleatorios, probabilísticos; pudiendo aparecer tras la exposición a pequeñas dosis de radiación ionizante. No necesita una dosis umbral determinada para producirse; si bien al aumentar la dosis aumenta la probabilidad de aparición de estos efectos, que suelen ser de tipo tardío.
- **Efecto No Estocástico:** Se necesita una dosis umbral para producirlos, por debajo de la cual, la probabilidad de aparición de los mismos es muy baja, suelen ser efectos precoces.

La radiosensibilidad es la magnitud de respuesta de las estructuras biológicas, provocadas por las radiaciones ionizantes. Un elemento biológico es más sensible cuanto mayor es su respuesta a una dosis determinada de radiación. ⁽¹¹⁾

El elemento biológico es más radiosensible cuando necesita menos dosis de radiación para alcanzar un efecto determinado.

¹¹HOVANITZ, W. (1999). *Tratado de Genética*, Ediciones Aguilar S.A, Madrid, España.

2.5.3 Tipo de radiación y capacidad de penetración

- Radiaciones Alfa: Recorren una distancia muy pequeña de centésimas de milímetro y son detenidas por una hoja de papel o la piel del cuerpo humano.
- Radiaciones Beta: Recorren en el aire una distancia de un metro aproximadamente, y son detenidas por unos pocos centímetros de madera o una hoja delgada de metal.
- Radiaciones Gamma: Recorren cientos de metros en el aire y son detenidas por una pared gruesa de plomo o cemento.

Las más utilizadas y efectivas son los rayos X y gamma habiéndose utilizado también los alfa, beta, neutrones, protones, etc. Las dos unidades que se manejan son el roentgen (R) y el rad (rad); la primera es la unidad de exposición: cantidad de radiación que produce una unidad electrostática de carga eléctrica por cm^3 de aire (¹⁵).

El rad es la unidad de radiación absorbida: es la radiación que produce una absorción de energía de 10⁻² Julios por kilogramo de material tratado. Ambas unidades son prácticamente equivalentes, siendo más fácil trabajar con el rad que con el roentgen, pues es más fácil medir la absorción que la emisión de energía.

Las partículas alfa, beta y fotones gamma emitidas por las sustancias radiactivas poseen una energía relativamente muy grande que se manifiesta en su poder de penetración a través de la materia.

El espesor de materia que puede atravesar depende de su energía inicial y de la naturaleza de las interacciones que produzcan. Cuando la energía de los electrones y de los fotones incidentes es suficientemente elevada, la colisión con un electrón atómico puede provocar la separación completa de ese electrón del átomo y como resultado éste queda ionizado. Cada átomo tiene una energía de ionización característica.

¹⁵WATSON, J. (2008). *Biología Molecular del Gen*; Editorial Médica Panamericana, Madrid, España.

A las radiaciones formadas por fotones o partículas que en su interacción con la materia producen iones bien directamente o indirectamente se les denomina *radiaciones ionizantes*.⁽¹⁵⁾

La radiactividad es la propiedad que tienen algunos átomos para desprender energía y al hacerlo, se transforman. También se llama *radiación ionizante*.

Dado que a nivel atómico la composición de la materia viva no difiere esencialmente de la inerte, las radiaciones ionizantes a su paso a través de los tejidos podrán producir cambios irreversibles en los mismos.

Las radiaciones ionizantes producen daño directo (roturas físicas en la cadena de ADN, a veces con eliminación de trozos) o indirecto a través de los iones producidos en el medio.⁽⁶⁾

2.5.3.1 Radiaciones gamma

Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas de igual naturaleza que los rayos X. Poseen las mismas propiedades pero no están producidos por un aparato eléctrico. Los rayos gamma proceden de la desintegración de núcleos atómicos de un elemento radiactivo. La energía de la radiación gamma no es regulable; depende de la naturaleza de la fuente radiactiva. La intensidad de la radiación tampoco es regulable, ya que no es posible influir sobre la desintegración de un material radiactivo. Al igual que los rayos X, la radiación gamma puede ser parcialmente absorbida al atravesar un espesor de un material.⁽¹⁶⁾

2.5.4 Características de las radiaciones ionizantes

Partículas Alfa: Son núcleos de helio, es decir corpúsculos con dos cargas positivas y masa unas cuatro veces superior a la masa del átomo de hidrógeno.

⁶CUBERO, J. (2003). *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*; Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.

¹⁵WATSON, J. (2008). *Biología Molecular del Gen*; Editorial Médica Panamericana, Madrid, España.

¹⁶BENÍTEZ, A. (2005). *Avances Recientes en Biotecnología Vegetal e Ingeniería Genética de Plantas*; Editorial Reverté, Barcelona, España.

Los fotones gamma: Son de masa reposo nula, se originan cuando el núcleo hijo aparece con una energía superior a la más baja (la más estable, llamada fundamental). El retorno a este estado fundamental tiene lugar mediante la emisión de uno o varios fotones gamma, proceso que se realiza dentro de un tiempo breve.

La sensibilidad de un tejido a la radiación es una consecuencia de la radio sensibilidad o radio resistencia de las células constituyentes. En un tejido que contenga una serie de células en desarrollo, la sensibilidad del órgano la determinan las células más sensibles del grupo. ⁽¹⁵⁾

2.5.5 Aplicación de radiaciones ionizantes

Las ionizaciones producidas por las radiaciones ionizantes pueden actuar directamente sobre el material genético (cromosomas). En la mayoría de los casos, los resultados de tales procesos de ionización son los rompimientos de los cromosomas, pero también puede ocurrir directamente la influencia mutagénica. Cuando una ionización tiene lugar en estructuras no genéticas situadas en la proximidad de los cromosomas (por ejemplo, una molécula de agua), pueden llegar a entrar en relación con las estructuras genéticas y determinar alteraciones mutativas secundarias. ⁽⁶⁾

Para el tratamiento con radiaciones ionizantes son apropiados todos aquellos órganos de las plantas que intervienen en la formación de los órganos de reproducción o que pueden ser empleados directamente para la multiplicación de éstas como: semillas dormantes, pregerminadas o germinadas, brotes, yemas, anteras, etc. Sin embargo, son irradiadas preferiblemente las semillas dormantes, porque ellas permiten las condiciones más convenientes. ⁽²¹⁾

⁶CUBERO, J. (2003). *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*; Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.

¹⁵WATSON, J. (2008). *Biología Molecular del Gen*; Editorial Médica Panamericana, Madrid, España.

²¹URBANO, P. (2000). *Tratado de Fitotecnia General*, Editorial Castello, Segunda Edición, Madrid, España.

Las plantas que provienen directamente de semilla tratada con agentes mutagénicos se denominan generación M_1 , la descendencia de éstas será llamada generación M_2 , la siguiente, generación M_3 y así sucesivamente. La frecuencia de ocurrencia de mutaciones dependerá del tipo y número de genes involucrados; los que son más estables en condiciones naturales, lo serán bajo tratamiento con mutágenos. Por lo general, las mutaciones inducidas son recesivas y se manifiestan a partir de la generación M_2 , cuando se recomienda iniciar la selección, ya que las mutaciones se suceden raramente y de manera azarosa. ⁽²⁾

La frecuencia de mutación inducida depende también del tipo y dosis del mutágeno. La selección de la dosis del mutágeno por utilizar, se hace generalmente mediante ensayos con cantidades crecientes del mismo sobre el material vegetal, que posteriormente se siembra.

2.5.6 Dosis

Para la aplicación de la radiación ionizante, los aparatos vienen ya calibrados; las radiaciones pueden aplicarse en dosis crónicas (de intensidad baja pero durante largo tiempo) o agudas (de intensidad alta pero durante poco tiempo). Para dosis medias se tomó en cuenta la relación entre intensidad y tiempo ($I \times t = \text{constante}$), pero para dosis extremas; la radiación crónica causa su efecto a través de los iones producidos en el medio celular o de pequeñas roturas que permiten la soldadura del ADN y del cromosoma, pero la aguda causa grandes efectos traumáticos en el material hereditario que no admite recomposición. Como indicador general, una dosis crónica puede ser de 100 rad al día y una aguda de 100 rad por segundo.

La determinación de la dosis y de su aplicación ha de hacerse teniendo en cuenta el material de que se trate. Con la creciente dosis de irradiación ocurre también, sin embargo, una más alta mortalidad de los individuos irradiados; además, aumenta la probabilidad de la determinación de varias mutaciones en el individuo. ⁽¹³⁾

²ALDANA, H. (2001). *Producción Agrícola 1*, Terranova, Colombia.

¹³ORTEGA, X., JORBA, J. (2009). *Radiaciones Ionizantes: Utilización y Riesgos II*, Ediciones UPC, Barcelona.

En la preservación de alimentos pueden utilizarse distintas dosis de energía de radiación con diversos objetivos; dosis baja, hasta 1 kilogray (kGy): Inhibición de la germinación, desinfectación de insectos, retraso de la maduración. ⁽¹⁷⁾

Por éstas razones se utilizarán dosis bajas de radiación en semillas para la presente investigación.

2.5.6.1 Determinación de la dosis óptima

La determinación de la dosis óptima de los factores mutagénicos es de gran importancia, ya que el resultado del trabajo estará determinado, fundamentalmente, por la dosis elegida. Con la dosificación elegida se llevan a cabo aplicaciones de prueba, durante las cuales se garantizan las mismas condiciones que han sido elegidas para la aplicación práctica. ⁽¹⁸⁾

Según la radiación sobre el individuo se determinan dos dosis:

- **Dosis Crítica:** Es aquella dosis en la cual, alrededor de un 20 a 30% de las plantas sobreviven.
- **Dosis Letal (DL_{50}):** Es aquella dosis en la cual, sobrevive el 50% de las plantas.

Para la experimentación en el campo es valedera la mencionada regla de que la dosis más efectiva asciende a un 30 a 50% de la dosis crítica, el método de campo suministra los resultados más aprovechables a pesar de ser el más prolongado. ⁽¹⁶⁾

¹⁶BENÍTEZ, A. (2005). *Avances Recientes en Biotecnología Vegetal e Ingeniería Genética de Plantas*; Editorial Reverté, Barcelona, España.

¹⁷NUCLEOTÉCNICA, Órgano de Difusión de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, Boletín No. 14, Santiago, Chile, Vienna, 1988. pp. 14.

¹⁸VALLEJO, F. (2002). *Mejoramiento Genético de Plantas*, Universidad Nacional de Colombia, DIPAL, Colombia.

2.6 EFECTOS Y BENEFICIOS DE LA RADIOINDUCCIÓN DE MUTACIONES EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LOS CULTIVOS

Si los efectos de las radiaciones afectan al individuo irradiado, pero no a su descendencia, se denominan *efectos somáticos*; estos pueden ser pronto o tardíos, los primeros son no estocásticos, mientras que los segundos suelen ser estocásticos, es decir, probabilísticos.

Los *efectos genéticos* aparecen a consecuencia de la interacción de las radiaciones ionizantes con los genes de las células reproductoras. Si en esta interacción se produce una mutación, se podrá transmitir a las generaciones siguientes.

La aparición de mutaciones no es privativa de las radiaciones ionizantes, existiendo otros agentes, por ejemplo ciertos compuestos químicos, e incluso la temperatura, que puede provocar el mismo efecto. De ahí que no sea posible hacer una discriminación entre las diversas causas posibles de una mutación dada.

Las plantas que crecen a partir de la semilla tratada, o las que han sido sometidas a un tratamiento mutagénico durante el periodo de vegetación, se designan como generación M_1 ; esta generación puede mostrar gran diversidad de formas como consecuencia de las dosis mutagénicas, como depresiones del crecimiento, ahijamiento disminuido o elevado, hojas pequeñas y diferentes anomalías del desarrollo. En muchos de los casos tales alteraciones sólo se observan en la parte inferior de las plantas, la cual proviene de las células irradiadas directamente. ⁽¹⁹⁾

La inmensa mayoría de las variaciones en la generación M_1 representa modificaciones, sin ninguna importancia mejorada; sin embargo en determinados casos pueden manifestarse mutaciones aun cuando la mayor parte de las mutaciones inducidas permanezcan todavía ocultas en la generación M_1 . La mayoría de las mutaciones va desde el estado alélico dominante hasta el recesivo,

¹⁹RAOUL, R. (2000). *Retorno a la Resistencia Fitomejoramiento para depender menos de los Plaguicidas*, Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados S.A, Montecillo, México.

la dirección contraria es más rara y finalmente existe una posibilidad muy pequeña de que una mutación ocurra simultáneamente en ambos alelos de un gen. Por todo ello, en la mayoría de los casos en la generación M_1 no es fenotípicamente reconocible, sino que se hace visible por primera vez en la generación M_2 .⁽⁹⁾

Solamente en el caso de que muten simultáneamente ambos alelos desde el estado dominante al recesivo, lo cual es muy improbable, podría manifestarse la mutación en la generación M_1 . Por lo tanto a partir de la M_1 no es posible dar ningún juicio seguro sobre la existencia de mutaciones, de manera que la selección de éstas no puede ser la tarea principal de la mejora en dicha generación.

Debido a la necesidad de la creación de nuevas variedades en corto tiempo, obliga en general a iniciar la selección a partir de la M_2 , ya que en esta generación se pueden observar los cambios favorables para el cultivo; aunque para caracteres difícilmente reconocibles, especialmente para las mutaciones de caracteres cuantitativos, se recomienda la generación M_3 , como la generación de selección más favorable. A partir de investigaciones realizadas en arroz, Yoshida, Tsuru y Kitahara (1969) llegaron a la conclusión de que la generación M_4 sería la más conveniente para el inicio de la selección de mutantes.⁽²⁰⁾

Las variedades mutantes introducidas en la producción o conservadas en los bancos de germoplasma, se pueden usar como material de partida en programas de mejoramiento, a fin de conseguir nuevas mejoras por recombinaciones de caracteres útiles y de esta manera el efecto de las radiaciones es continuo. En sentido general, la radioinducción de mutaciones se considera una técnica útil porque brinda, entre otros beneficios, la variación genética en caracteres cualitativos y cuantitativos deseables, cuya fuente sea poco frecuente o difícil de aprovechar con los métodos tradicionales. En términos agronómicos se traduce en una ampliación del número de cultivares disponibles para el agricultor.⁽²¹⁾

⁹SAÑUDO, B., BETANCOURTH, C. (2005). *Fundamentos de Fitomejoramiento*, Editorial Universitaria Universidad de Nariño, Colombia.

²⁰GONZÁLES, L., RAMÍREZ, R. (2002). *Nucleus*, N°. 31, Publicación semestral, La Habana, Cuba.

²¹URBANO, P. (2000). *Tratado de Fitotecnia General*, Editorial Castello, Madrid, España.

2.6.1 La radioinducción de mutaciones aplicada a la agricultura, una técnica socialmente reconocida

Según MAJID, M.A. y otros (2001), citado por GONZÁLES Luis (2002), el Organismo Internacional de Energía Atómica reporta más de 1800 variedades de plantas obtenidas con el empleo de esta técnica, cuyo uso en producción, aporta ganancias que se calculan en billones de dólares. Por ejemplo, en arroz se informan más de 251 variedades, en trigo más de 126, en soya más de 50 y en plantas ornamentales más de 409. Esto demuestra los beneficios que ha brindado la técnica de radio inducción de mutaciones a la agricultura en la obtención de nuevos cultivares. La variedad mutante de arroz Nucleus-Ryza, constituye un buen ejemplo, pues gracias a ella fue posible cultivar arroz con rendimientos económicos en las zonas más septentrionales del mundo, por su resistencia al frío, a las plagas y enfermedades. En Hungría y en China se han informado avances notables en la mejora genética de la soya por mutaciones. En este último país, la obtención de la variedad Heinong-35 con alto potencial de rendimiento y proteína ha revolucionado el cultivo. En Tailandia, la mejora genética por mutaciones en el cultivo de la caña de azúcar ha permitido obtener nuevas variedades con resistencia a enfermedades y al encharcamiento, que permiten explotar suelos bajos e incrementar los rendimientos.

Otros trabajos realizados, en Brasil se han obtenido resultados importantes con el uso de las mutaciones inducidas en trigo, mediante la obtención de las variedades IAC-17 e IAC-18 y en soya con la variedad IAC-8, con mayor precocidad, resistencia a enfermedades y mayor rendimiento. En Perú se han logrado variedades mejoradas de frijol con mayores potenciales de fijación biológica de nitrógeno y alto rendimiento. En México, se han obtenido variedades de aguacate de menor altura, que facilita la recolección de la cosecha; así como variedades mejoradas de Quinoa, con mayor rendimiento y contenido de proteína. Esto permite considerar la radioinducción de mutaciones como muy positiva en la solución de los problemas alimentarios de la humanidad. ⁽²²⁾

²²DE LA CRUZ, E., et al (2002). *Evaluation of Quinoa lines obtained through mutagenesis and conventional methods*, Proceedings of the Third International Symposium on Nuclear and Related Techniques, La Habana, Cuba.

2.7 ARVEJA (*Pisum sativum* L.)

2.7.1 GENERALIDADES

La arveja (*Pisum sativum* L.), conocida también como alverja, guisante o chícharo, es una planta leguminosa originaria del Oriente Medio y Asia Central. Se ha cultivado en Europa durante siglos y en los últimos años está entre las hortalizas más populares en todo el mundo, se usa tanto en nutrición humana como animal y puede ser consumida en fresco o industrializada. También es recomendable utilizarla para hacer rotación del cultivo.

La arveja es una hortaliza o legumbre clasificada dentro de la familia de las leguminosas; es una planta herbácea de hábito rastrero o trepador, el órgano de consumo de tradicional es su semilla o grano inmaduro, constituida por el embrión y la testa que lo protege. ⁽²³⁾

En la actualidad, se cultivan infinidad de leguminosas como la alfalfa, trébol, arveja, fréjol y soya. De todos ellos, los más importantes para el consumo humano, en América Latina son el fréjol y la arveja. ⁽²⁴⁾

La arveja es producida en provincias de la Sierra y consumida en todas las regiones del país. En Ecuador, dentro de las leguminosas de grano comestible, la arveja está ubicada en el segundo lugar, luego del fréjol. Teniendo en cuenta la importancia de la arveja, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha realizado desde hace años una serie de investigaciones tendientes a mejorar la calidad y productividad del grano; en los últimos años se ha obtenido importantes logros sobre el mejoramiento genético de las especies.

Siendo realmente un cultivo importante en los sistemas de producción de las provincias de la sierra ecuatoriana, se cosechan en promedio alrededor de 22.000 has.

²³ MARTÍNEZ, A., LEE, R. (2003). *Postcosecha y Mercadeo de Hortalizas de Clima Frío bajo Prácticas de Producción Sostenible*, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, Colombia.

²⁴ PARSONS, D. (2010). *Manuales para educación Agropecuaria, Frijol y Chícharo*, Edición Trillas, México.

Es un producto que se cultiva entre los 2.400 y 3.200 metros sobre el nivel del mar, en los más diversos agroecosistemas, en áreas de clima lluvioso o seco con riego. La mayoría de los campesinos la cosechan como monocultivo, generalmente la siembran junto con el maíz o luego de la cosecha de esa gramínea. De esa forma es posible cultivarla hasta dos veces al año. Una de las ventajas de la arveja es que se puede cosechar entre los 90 y 120 días de la siembra. ⁽²⁵⁾

2.7.1.2 Taxonomía

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica

Reino:	Vegetal
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Leguminosas
Familia:	Leguminoceae
Subfamilia:	Fabáceas
Género:	<i>Pisum</i>
Especie:	<i>sativum L</i>
Nombre Científico:	<i>Pisum sativum L.</i>
Nombre Común:	Arveja, alverja, guisante, chícharo

Fuente: PRADO, L. (2008)

2.7.1.3 Composición Química

La arveja o alverja es una de las leguminosas que contiene mayor cantidad de proteínas, fibra, carbohidratos, vitaminas y minerales, como se observa en el Cuadro 2. Además de estas propiedades mencionadas la arveja es un alimento de contenidos significativos de minerales (P y Fe) y de vitaminas, posee un

²⁵PERALTA, E., MURILLO, A., et al. (2007). *Manual Agrícola de Fréjol y otras leguminosas*, INIAP, Publicación N° 135, Quito, Ecuador.

contenido reducido de sodio, colesterol, gluten libre, lo que permite ser consumida por diabéticos una característica importante en su alto contenido de fibra dietética.

Cuadro 2. Composición Química de 100 gr de parte comestible de arveja

COMPONENTES	GRANO VERDE	GRANO SECO
Agua	66,40%	12,40%
Proteína	8,20 g.	23,90 g.
Carbohidratos	21,10 g.	54,00 g.
Grasa	0,30 g.	0,80 g.
Fibra	3,00 g.	6,50 g.
Cenizas	1,00 g.	2,40 g.
Otros Componentes (mg.)		
Calcio	36,00	60,00
Fósforo	110,00	270,00
Hierro	2,40	4,60
Ácido Ascórbico	20,00	2,00
Tiamina (B1)	0,36	0,78
Riboflavina	0,12	0,16
Niacina	2,20	3,10
Vitamina A	220 UI	220 UI
Calorías	116	308

Fuente: MARTINEZ, A., LEE, R. (2003)

2.7.2 DIVERSIDAD GENÉTICA

El género *Pisum* ha sido objeto de controversia entre los investigadores y taxónomos vegetales ya que existen muchas especies silvestres y cultivadas, reconociendo finalmente a las de mayor importancia agrícola *P. hortense*, *P. humile*, *P. sativum*, *P. arvense* y *P. macrocarpon*.

La diversidad en arveja es muy amplia, con un gran número de cultivares que se han mejorado para diversos objetivos productivos, principalmente para rendimiento y sus características auxiliares, y para calidad del producto fresco o de la materia prima para la agroindustria. ⁽²⁶⁾

PARSONS, David (2010), establece en cuanto a variedades, los genetistas y fitomejoradores han desarrollado un buen número de ellas, las cuales, desde el punto de vista agronómico y basado en sus características, son ubicadas en estos tipos:

1. **Periodo vegetativo:** precoces, intermedias y tardías.
2. **Color del grano seco:** amarillo (crema) y verde.
3. **Altura:** enanas y decumbentes
4. **Hábito de crecimiento:** indeterminadas y determinadas.
5. **Superficie o testa de la semilla:** lisas y arrugadas.
6. **Uso:** consumo fresco, industriales y semilla.

2.7.3 MORFOLOGÍA

La forma y el tamaño de esta planta dependen de las variedades; en general, puede ser enana, semienana o trepadora de acuerdo con su tipo de crecimiento, su altura varía de 30 a 150 cm., sus características morfológicas la hacen bien distinguible.

- **Sistema radicular:** Consiste en una raíz principal, pivotante, bien desarrollada y con numerosas raicillas secundarias y terciarias; presenta sobrecrecimientos denominados nódulos radiculares, los cuales contienen bacterias nitrificantes, cuya función es fijar el nitrógeno atmosférico para servir de nutriente a la planta.
- **Tallo:** Según la variedad, puede ser corto, mediano o largo, es débil y anguloso; en todos los casos es hueco, ligeramente estriado, provisto de nudos y de color verde claro. Para variedades altas necesitan de un empalado para guiar.

²⁶GIACONI, V., ESCAFF, M. (2004). *Cultivo de Hortalizas*, Editorial Universitaria S.A, Santiago de Chile, Chile.

- **Hojas simples:** Pueden confundirse con las hojas cotiledones del fréjol; sin embargo la arveja es de germinación hipogea, o sea, sus cotiledones permanecen bajo tierra.
- **Hojas verdaderas:** Compuestas e imparipinnadas con folíolos elípticos de bordes ondulados. En los tres primeros entrenudos se presentan hojas rudimentarias a manera de escamas, y en los siguientes llevan hojas con un solo par de folíolos. Las estípulas, de tamaño mayor que los folíolos se insertan en la base del pecíolo de cada hoja. En las hojas superiores los folíolos se transforman en zarcillos persistentes, que utiliza la planta para sostenerse.
- **Estípulas:** Son grandes y dan la impresión de que son hojas. La arveja arvense tiene estípulas con manchas rojas.
- **Flores:** Son pentámeras blancas o moradas con nacimiento individual o en racimos de una o dos flores en las axilas de las hojas. El cáliz gamosépalo presenta cinco sépalos de color verde pálido, los cuales son muy persistentes. La corola está formada por cinco pétalos irregulares llamados alas. El androceo está constituido por diez estambres diadelfos colocados en dos verticilos (nueve más uno). El ovario es unilocular unicarpelar, alargado y súpero con presencia de una sutura ventrodorsal encerrando entre cinco y diez óvulos.
- **Estandarte:** Es el pétalo más grande.
- **Ala:** Es el pétalo lateral.
- **Quilla:** Es el pétalo inferior.
- **Vaina:** Puede contener de dos a diez semillas, éstas se propagan por dehiscencia, como las de fréjol.
- **Granos o semillas:** Pueden ser esféricos o angulosos, de piel lisa o arrugada.

2.7.4 FISIOLÓGÍA

La fisiología está determinada, en gran medida, por el factor genético. La forma y el desarrollo dependen, solo hasta cierto punto, de las condiciones ambientales.

Su ciclo de vida depende de las variedades y, en cierta medida, de las condiciones ambientales. La sequía y las temperaturas altas inducen a una maduración temprana, mientras que cuando las condiciones son adversas, los niveles de producción son muy bajos e incluso nulos. ⁽²⁷⁾

Las variedades arbustivas son más precoces que las trepadoras de crecimiento indeterminado. ⁽²⁸⁾

Con temperaturas óptimas entre 20 y 25 °C y una humedad apropiada, la arveja germina 4 o 6 días después de la siembra; la germinación es hipogea, ya que sus cotiledones permanecen bajo tierra. ⁽²⁹⁾

Una vez que ha emergido la planta, empieza a desarrollarse el primer par de hojas verdaderas a la vez que se desprenden las falsas hojas. Esta emergencia ocurre a los 10 o 15 días de la siembra en donde la plúmula da paso al primer par de hojas verdaderas a partir de ese momento y bajo estas se hace visible el epicótilo estructura que lleva consigo dos hojas rudimentarias llamadas brácteas trifidas. ⁽³⁰⁾

El desarrollo vegetativo empieza cuando la planta desarrolla las primeras hojas verdaderas, sucesivamente se forman los nudos vegetativos y el tallo principal comienza a ramificarse a partir del segundo nudo. El crecimiento del tallo continua, las hojas, foliolos y zarcillos van apareciendo y las ramas se desarrollan igual que el tallo principal, pero de menor tamaño. Esta fase se cumple entre tres y seis semanas según la variedad de arveja. ⁽³¹⁾

Las plantas florecen cuando cambian de la fase vegetativa a la productiva; el proceso puede ser afectado por la longitud del día solar. Este fenómeno se conoce

²⁷PRIETO, G., ANTONELLI, M. (2008). *Evaluación de Cultivares de Arveja*, Informaciones de la EEA INTA Oliveros.

²⁸CRUZATE, G., CASAS, R. (2003). *Balance de Nutrientes*. Fertilizar Asociación Civil, Edición Especial: Sostenibilidad, 7-13.

²⁹LORENTE, J., YUSTE, M., et al. (2007). *Biblioteca de la Agricultura*, Ediciones Lexus, Barcelona, España.

³⁰ROBLES, C. (2002). *Leguminosas*, Editorial Pipalme, Lima, Perú.

³¹VILLARREAL, F. (2006). *Determinación del efecto en la productividad de cinco dosis del bio-estimulante "Florone" en tres variedades de arveja (Pisum sativum L.) aplicado en dos épocas*. San José - Carchi, Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador.

como fotoperiodismo, es diferente en las distintas especies, para la arveja y el fréjol son especies de días largos. Con respecto a la polinización, la arveja se poliniza por cleistogamia. Se llama cleistogamia a la polinización que se realiza cuando la flor todavía no abre (autógamas). La quilla impide una polinización cruzada. A pesar de todo, algunas veces ocurre, pero en un bajo porcentaje. ⁽³²⁾

La floración y maduración escalonada que presentan estas especies hace difícil precisar el momento adecuado de la recolección. Lógicamente, habrá que esperar a que la mayor parte de las legumbres estén en su punto óptimo, pero habrá que aceptar que las más bajas estarán ya un poco pasadas, mientras que las más altas estarán aún un poco verdes. La dehiscencia de las legumbres maduras motiva inevitables pérdidas en la recolección. ⁽²⁴⁾

Desde que nacen las plantas hasta que se inicia la floración, cuando las temperaturas son óptimas, suelen transcurrir entre 90 y 140 días, según variedades.

Las vainas tienen de 5 a 10 cm de largo y suelen tener de 4 a 10 semillas; son de forma y color variable, según las variedades.

La facilidad del desprendimiento de las semillas depende de la variedad de las legumbres. Las condiciones ambientales también influyen en el desprendimiento, por ejemplo, una fuerte sequía precedida de una lluvia con vientos fuertes, puede ocasionar la pérdida considerable de semilla por desprendimiento.

Las semillas de arveja tienen una ligera latencia; el peso medio es de 0,20 gramos por unidad; el poder germinativo es de 3 años como máximo, siendo aconsejable emplear para la siembra semillas que tengan menos de 2 años desde su recolección; en las variedades de grano arrugado la facultad germinativa es aún menor. ⁽³³⁾

²⁴ PARSONS, D. (2010). *Manuales para educación Agropecuaria, Frijol y Chícharo*, Edición Trillas, México.

³² BOLAÑOS, A. (2001). *Introducción a la Olericultura*, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

³³ BOX, M. (2000). *Leguminosas de Grano*, Editores Salvat, Barcelona, Madrid.

La semilla de la arveja generalmente no posee un periodo de dormancia, sin embargo, algunas veces ocurre que la semilla tenga cubierta dura e impermeable, de esta manera se presenta la dormancia o latencia. Esta condición se acentúa ante la presencia de vientos calientes y secos durante los periodos de maduración y de cosecha. ⁽³⁴⁾

La precocidad de la planta, una forma habitual de medirla es el número del primer nudo reproductivo, y se distinguen cultivares precoces (nudo 8 o anterior), intermedios (entre nudo 9 y 13) y tardíos (nudo 14 o superiores). También es usual medir la precocidad en el número de días de siembra a cosecha.

2.7.5 PERIODO VEGETATIVO

El periodo que transcurre entre la siembra y la madurez fisiológica de la planta, para cosecha en tierno varía entre 85 y 100 días (enanas) y de 105 a 115 días (decumbentes); para la cosecha en seco de 115 a 120 días (enanas) y de 130 a 135 días (decumbentes), en general, depende además de las condiciones donde se cultive, así como también las características genéticas de precocidad. ⁽²⁵⁾

2.7.6 AGROECOLOGÍA

La planta prospera bien en diferentes suelos cuya textura puede variar de arenosa hasta arcillosa, siempre y cuando exista un drenaje adecuado, pues no tolera el encharcamiento. La presencia de abundante materia orgánica es importante para que esta planta pueda fijar el nitrógeno del aire a través de los nódulos y de esta manera, producir mejores rendimientos, con un pH óptimo entre 6 a 7,5. Se desarrolla bien en climas con temperatura entre 12 a 18 °C, máximo 24°C; altitud de 2400 a 3200 m.s.n.m; humedad de 300 a 400 mm de precipitación durante todo su desarrollo. ⁽³⁵⁾

²⁵PERALTA, E., MURILLO, A., et al. (2007). *Manual Agrícola de Fréjol y otras leguminosas*, INIAP, Publicación N° 135, Quito, Ecuador.

³⁴ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA (2001). *Producción Agrícola 1*, Ediciones Terranova, Primera Edición, Bogotá, Colombia.

³⁵PERALTA, E., MURILLO, A., et al. (2001). *Guía de Cultivos*, INIAP, Quito, Ecuador.

2.7.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS VARIEDADES EVALUADAS.

2.7.7.1 Alverjón.- Semitardío y decumbente, con vainas ligeramente curvadas, con 6 a 8 granos por vaina; el grano es oblongo irregular y rugoso, de color verde, la planta presenta un buen vigor.

2.7.7.2 Cuanthium.- Planta de crecimiento erecta enana y precoz, con semilla arrugada, se caracteriza por tener un buen vigor de planta, produce tres vainas por racimo, de 6 a 7 granos.

2.7.8 NORMAS DE CALIDAD DE LA SEMILLA

Estudio FAO Producción y Protección Vegetal (2006), hace mención que las semillas deberán ajustarse a las condiciones siguientes, de acuerdo a lo evaluado según las reglas nacionales para análisis de semillas:

- ✓ **Germinación:** 75 por ciento mínimo.
- ✓ **Semilla pura:** 98 por ciento mínimo.
- ✓ **Pureza varietal:** 98 por ciento mínimo.

2.7.9 PRODUCCIÓN

La arveja es producida principalmente en provincias de la Sierra, considerando que las zonas de mayor aptitud agroecológica para el desarrollo de este cultivo se localizan en las valles secos y templados, sin embargo pueden ubicarse en lugares de mayor altitud que tengan períodos secos al menos de tres meses, con protección contra las heladas y disponibilidad de riego. (³⁶)

A continuación se indica la superficie sembrada, cosechada, producción y venta de arveja a nivel nacional tanto como monocultivo y asociado.

³⁶MARTÍNEZ, F., CORDONE, G. (2008). *Fertilización de la Secuencia de Cultivos Invernales Alternativos*, Informaciones de la EEA INTA Oliveros,

Cuadro 3. Superficie, producción y ventas, según cultivos a nivel nacional.

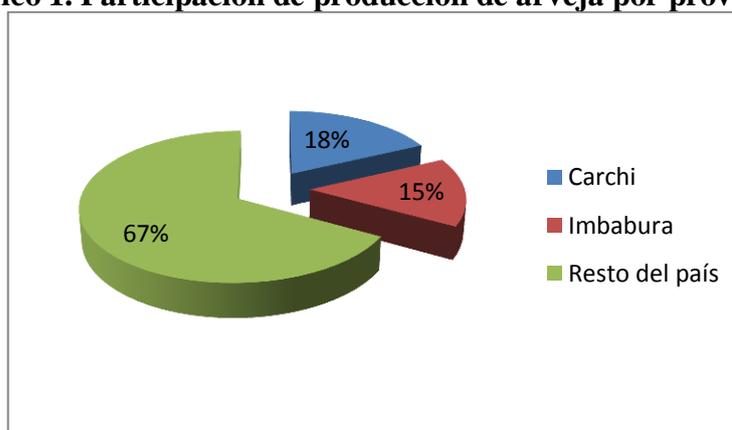
Cultivos Transitorios		Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Ventas (Ton)
Total Nacional		1 302398	1 193615	2 710983	2 374909
TOTAL	Solo	1 005204	934196	2 578864	2 285767
	Asociado	297194	259419	132119	89142
Arveja Seca	Solo	5919	5208	1683	1171
	Asociado	2188	1519	128	67
Arveja Tierna	Solo	7652	6119	5991	5558
	Asociado	2318	1836	524	465

Fuente: III Censo Agropecuario

Elaborado por: Castro Reina Pablo (2004)

Igualmente se debe considerar que Imbabura y Carchi, aportan un significativo porcentaje de la producción nacional de arveja, así lo corrobora el siguiente gráfico estadístico que refleja el comportamiento de la producción de esta leguminosa. ⁽³⁷⁾

Gráfico 1. Participación de producción de arveja por provincias.



Fuente: III Censo Agropecuario

Elaborado por: Castro Reina Pablo (2004)

³⁷CASTRO, P. (2004). "Análisis de prefactibilidad para la instalación de una planta de procesamiento de precocidos de fréjol y arveja".

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación geográfica de la localidad

La presente investigación se realizó en la “Granja Experimental Yuyucocha” en la parroquia Caranqui, al sur del Cantón Ibarra, provincia de Imbabura; a una altitud de 2238 m.s.n.m. con una Longitud de 17N0819606 (78° 06 32”) y una Latitud de 10036771 UTM (0° 21 53”).

3.1.2 Condiciones climáticas

Las características climáticas que presenta esta zona son: temperatura promedio anual de 18,4 °C, una precipitación promedio anual de 589,3 mm; además presenta una humedad relativa promedio del 65 %.

3.1.3 Características edáficas

La zona de estudio presenta las siguientes características edafológicas: suelos superficiales a moderadamente profundos, con epipedón mólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios, textura franco arenoso, consistencia en seco blanda, pendiente de 0 – 3% (ondulado) y profundidad del nivel freático de 60cm. aproximadamente, y un pH de 7.20 (neutro).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales

3.2.1.1 Material experimental

- Semillas de arvejón rosado
- Semillas de arveja cuantum

3.2.1.2 Insumos

- Fertilizantes foliares completos a base de nitrógeno, fósforo, potasio, elementos menores y fitohormonas, para desarrollo, producción y engrose.
 - Abono foliar (micronutrientes + materia orgánica).
 - Fertilizante foliar a base de Boro y otros elementos para estimular e incrementar los mecanismos de defensa de las plantas.
- Enraizante natural con fitohormonas y aminoácidos
- Corrector de pH, fijador, penetrante y esparcidor
- Herbicida pre-emergente y post-emergente
- Insecticidas
- Fungicidas

3.2.1.3 Materiales de campo

- Flexómetro
- Estacas
- Combo
- Piola
- Letreros
- Azadón
- Pala

- Rastrillo
- Bomba de mochila de 20 litros
- Libro de campo
- Balanza
- Materiales de cosecha (sacos, gavetas)

3.2.2 Equipos

- Fuente de Cobalto 60 de la Subsecretaría de Control Investigación y Aplicaciones Nucleares (SCIAN).

3.2.2.1 Campo

- Tractor para las labores de arada y rastra
- GPS

3.2.2.2 Oficina

- Cámara fotográfica
- Computador
- Impresora
- USB
- Calculadora

3.3 FACTOR EN ESTUDIO

El ensayo estuvo conformado por dos variedades de arveja, previamente sometidas a diferentes dosis de radiación gamma con fuente Co-60, la siembra se efectuó a campo abierto.

A: Variedades de arveja

Arvejón rosado

Arveja cuantum

B: Dosis de radiación gamma

D1 = 0 Gray (testigo)

D2 = 30 Gray

D3 = 60 Gray

D4 = 90 Gray

D5 = 120 Gray

3.3.1 Tratamientos

Los tratamientos a estudiar fueron los siguientes:

Cuadro 4: Variedades y dosis de radiaciones gamma establecidas

Nº Trat.	Variedades	Dosis radiación Gray (Gy)
T1	V1	0
T2		30
T3		60
T4		90
T5		120
T6	V2	0
T7		30
T8		60
T9		90
T10		120

V1= Arvejón Rosado

V2= Arveja Cuanquam

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (D.B.C.A) con diez tratamientos y tres repeticiones en arreglo factorial A x B, en el que A corresponde a las variedades y B a las dosis de radiación gamma.

3.4.1 Características del experimento

3.4.1.1 Características del ensayo

- ❖ Tratamientos: 10
- ❖ Repeticiones: 3
- ❖ Unidades Experimentales: 30
- ❖ Área Total: 397,60 m² (14 m x 28,40 m)

3.4.1.2 Características de la unidad experimental

- ❖ Área de la Parcela: 7,56 m² (2,10 m x 3,60 m)
- ❖ Efecto de Borde: 4,20 m²
- ❖ Área Neta de la Parcela: 3,36 m²
- ❖ En cada bloque se realizó la siembra a una distancia entre planta de 0,35m y entre surco de 0,60m, cada tratamiento estuvo conformado por 6 surcos de 3,50m de largo y una distancia entre parcelas de 0,60m.
- ❖ Distancia entre bloques: 1 m.
- ❖ Número de surcos por parcela neta: 4
- ❖ Sistema de Siembra: Convencional, 1 semilla por sitio.
- ❖ Número de semillas por tratamiento: 36
- ❖ Número de semillas por bloque o repetición: 360
- ❖ Número de plantas por surco: 6
- ❖ Número de plantas en parcela: 36
- ❖ Número de plantas en parcela neta: 16

3.4.1.3 Superficie del experimento

- ❖ Tamaño del Bloque: 119,28 m² (4,20 m x 28,40 m)

- ❖ Área Neta del Ensayo: 100,80 m²
- ❖ Área Total del Ensayo: 357,84 m²
- ❖ Superficie Total del Experimento: 397,60 m²

3.4.2 Esquema del análisis estadístico

El esquema del análisis de varianza utilizado para el ensayo fue el siguiente:

Cuadro 5: Esquema del ADEVA

Fuentes de Variación	GL
Total	29
Bloques	2
Tratamientos	9
Variedades	1
Dosis	4
V x D	4
Error Experimental	18

CV= %

3.4.3 Análisis funcional

Para variedades se utilizó la prueba de significación de DMS al 5%, para dosis la prueba de Tukey al 5% y para Tratamientos la prueba Duncan al 5%.

3.5 VARIABLES A EVALUARSE

3.5.1 Porcentaje de emergencia

Se evaluó a los 15 días después de la siembra para lo cual se contabilizó el número de plantas germinadas con relación al número de semillas sembradas por golpe dentro de la parcela neta, que son 16 semillas por tratamiento. Al evaluar esta variable se identificó la dosis de radiación que afecta la viabilidad de la semilla o inhibición de la germinación, al comparar con el tratamiento testigo.

3.5.2 Porcentaje de sobrevivencia

Variable que se valoró cada 30 días, desde la germinación hasta la floración (antes de los 85 días). Se contabilizaron las plantas que se encontraban dentro de la parcela neta y se relacionó con los datos de la variable anterior (porcentaje de emergencia). Esta variable fue muy importante evaluarla ya que al ser las plantas modificadas genéticamente, presentaron más vulnerabilidad y otras se tornaron más resistentes, dependiendo de la dosis de radiación, además permitió determinar la dosis letal (DL_{50}).

3.5.3 Días a la floración

Se consideró desde el día de siembra hasta el día en el que el eje central presentó la formación de las primeras flores. Por medio de esta variable, mediante la contabilización de los días se pudo determinar la dosis que produce en la planta retraso en la floración.

3.5.4 Altura de plantas

La medida registrada fue un promedio en centímetros de las plantas dentro de parcela neta, la primera medición fue cuando la planta llegó a la floración y la otra medida cuando la planta llegó a la madurez fisiológica, se tomó la altura desde el cuello de la raíz hasta el punto apical del brote terminal con una cinta métrica. Con la finalidad de saber cuál dosis de radiación inhibe el crecimiento de la planta con relación al testigo.

3.5.5 Número de vainas por planta

Se reportó un valor promedio de 10 plantas tomadas al azar dentro de la parcela neta al momento de la cosecha, para determinar si la radiación afecta en el rendimiento.

3.5.6 Número de granos por vaina

Se determinó el promedio de 30 vainas de la parcela neta y se contabilizó los granos de cada vaina, luego de la cosecha. Para saber a cuál dosis de radiación se obtuvo mayor número de granos, lo que podrá ser beneficioso para el rendimiento.

3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.6.1 Ubicación del terreno

El terreno en el cual se instaló el ensayo estuvo con rastrojo de fréjol-maíz, cultivos sembrados anteriormente, ubicado en la parte posterior con respecto al lote de cítricos en la “Granja Experimental Yuyucocha”, propiedad de la Universidad Técnica del Norte.

3.6.2 Análisis de suelo

Se tomó una muestra de suelo, constituida de 20 sub-muestras recolectadas a manera de zig-zag a 20 cm. de profundidad, se colocó todas las sub-muestras en un balde para luego mezclar y de allí sacar un kilogramo para empacar, y luego realizar la etiquetación y envió al laboratorio del INIAP de la Estación Experimental Santa Catalina, se solicitó un análisis de suelo, en función a contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes, una vez obtenidos los

resultados se procedió a su interpretación para aplicar la fertilización en base al análisis y a los requerimientos nutricionales del cultivo.

3.6.3 Semilla sometida a radiaciones gamma con fuente Co-60

Se llevó a cabo la radiación de semillas en la Subsecretaría de Control Investigación y Aplicaciones Nucleares (SCIAN), ubicado en la ciudad de Quito, las cuales fueron empacadas y etiquetadas según la variedad y la dosis de radiación.

3.6.4 Preparación del terreno

Se realizó mediante la labor de arada y rastrada con tractor y luego se procedió a solarizar el terreno por dos días, luego de este tiempo se efectuó el surcado manualmente tomando en cuenta la densidad de siembra entre surco (0,60m) y se aplicó un herbicida pre y post-emergente (Linuron 50).

3.6.5 Delimitación del terreno

Se ejecutó la delimitación del ensayo en el terreno de la Granja Experimental “Yuyucoha” con una extensión de 397,60 m², utilizando para la medición del área respectiva flexómetro, estacas y un rollo de piola, se realizó la triangulación y se ubicó el ensayo experimental comprendido por tres repeticiones o bloques, dentro de cada uno se instalaron los 10 tratamientos, dando un total de 30 parcelas o unidades experimentales delimitadas.

3.6.6 Instalación del experimento

Se sortearon los tratamientos y se procedió con el primer riego por gravedad (quebrantar) un día antes de la siembra.

3.6.7 Fertilización

Previo a la fertilización se interpretó el análisis químico de suelo, luego de esto se aplicó las cantidades recomendadas al fondo del hoyo y tapar con tierra para evitar el contacto directo con la semilla, 10 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅, 30 kg/ha de K₂O y 20 kg/ha de S, se utilizaron las siguientes fuentes: 11-52-0 (2,7 kg.), Sulpomag (3,60 kg.) y Muriato de Potasio (1 kg.), para corregir las deficiencias de micronutrientes se aplicó abonos foliares.

3.6.8 Siembra

Se efectuó la siembra depositando una semilla por golpe a una profundidad aproximada de dos centímetros, la distancia de siembra fue de 0,35m., ubicándolas a un costado del surco manualmente, usando 4,6 kg., de semilla de arveja (2,3 kg. variedad arvejón rosado y 2,3 kg. variedad quantum)

3.6.9 Labores culturales

Se practicó las deshierbas manualmente, la primera deshierba se llevó a cabo a los 21 días después de la siembra y posteriormente se realizaron según como fueron convenientes para el desarrollo del cultivo; junto con la primera deshierba se realizó el aporque.

Durante todo el ciclo del cultivo solo se efectuaron 2 riegos, debido al temporal en el cual se encontraba desarrollándose, se presentaron durante ese tiempo altas precipitaciones.

3.6.10 Controles fitosanitarios

Se hicieron los controles fitosanitarios necesarios cada vez que se comprobaba la presencia de plagas o enfermedades en niveles que puedan causar daño para el óptimo desarrollo del cultivo.

3.6.10.1 Fungicidas

Debido a las altas precipitaciones durante todo el ciclo del cultivo, hubo la presencia de algunas enfermedades como: Fusarium, Alternaria y Ascoquita, para controlar estas enfermedades se aplicó fungicidas sistémicos a base de Fosetil Aluminio en dosis de 3g/lit., Propiconazol 0,5cc/lit., Clorotalonil 2,5cc por litro de agua.

3.6.10.2 Insecticidas

No se detectó la presencia de altas poblaciones de insectos, hubo una ligera incidencia de minadores y trozadores, para los cuales se controló con productos a base de Clorpirifos + Cipermetrina en dosis de 1,3g/lit. de agua.

Para todas las aplicaciones tanto de fungicidas como de insecticidas se utilizó un corrector de pH Fixer-Plus en dosis de 0,5 ml por litro de agua, además se aplicó un fijador, penetrante y esparcidor Obex en dosis de 1ml por litro de agua. Este producto es un aditivo agrícola indispensable para épocas lluviosas ya que logra adherencia de los productos, mejorando la resistencia al lavado y penetra al tejido con rapidez.

Todas las aplicaciones se realizaron con bomba de mochila de capacidad de 20 litros, se fumigaba cada 10 a 15 días para controlar las enfermedades.

3.6.11 Cosecha

La cosecha se llevó a cabo de forma escalonada y manual, cuando las plantas alcanzaron la madurez comercial, es decir, cuando la planta presentó vainas completamente amarillas y secas, se realizaron tres cosechas para la variedad *alverjón*, la primera a los 118 días, la segunda a los 132 días y para la última se sacaron las plantas de raíz a los 147 días después de la siembra, con la finalidad de ejecutar el secado y trilla; para la variedad *cuantium* se hicieron dos cosechas, la primera a los 105 días y la segunda a los 120 días después de la siembra, para esta última se procedió a extraer la planta de raíz para el secado y la trilla de forma manual, cada cosecha se efectuó por tratamiento para así conseguir los datos necesarios para el estudio. Esta actividad es una de las más importantes, ya que, uno de los objetivos de este estudio era el de obtener semilla, con la finalidad de adquirir generaciones a partir de la M_1 .

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados adquiridos al analizar las variables en estudio fueron:

4.1 Porcentaje de emergencia

Cuadro 6. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (%)
T1 (V1D1)	87,50
T2 (V1D2)	89,60
T3 (V1D3)	83,37
T4 (V1D4)	81,27
T5 (V1D5)	85,43
T6 (V2D1)	77,10
T7 (V2D2)	62,50
T8 (V2D3)	75,03
T9 (V2D4)	62,53
T10 (V2D5)	56,27

Cuadro 7. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (%)
V1	85,43
V2	66,69

Cuadro 8. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (%)
D1	82,30
D2	76,05
D3	79,20
D4	71,90
D5	70,85

En los cuadros 6,7 y 8 se presentan los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para el porcentaje de emergencia.

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de varianza para porcentaje de emergencia.

Cuadro 9. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. Cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	6336,63	29				
Bloques	267,27	2	133,64	1,03 ^{ns}	3,55	6,01
Tratamientos	3729,95	9	414,44	3,19 [*]	2,46	3,60
Variedades	2635,78	1	2635,78	20,28 ^{**}	4,41	8,29
Dosis	559,48	4	139,87	1,08 ^{ns}	2,93	4,58
IAB	534,69	4	133,67	1,03 ^{ns}	2,93	4,58
Error	2339,41	18	129,97			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

ns = no significativo

CV= 14,99 %

x = 76,06 %

En el análisis de varianza (Cuadro 9), para porcentaje de emergencia, se observó que existe diferencia significativa al 1% para variedades, significación al 5% para tratamientos; para repeticiones o bloques, dosis y la interacción no existe ninguna significación.

El coeficiente de variación fue de 14,99 % y la media de 76,06 %.

Al ser significativo los tratamientos y las variedades demostraron que estos dos factores no son estadísticamente iguales.

Cuadro 10. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Medias	Duncan
T2	89,60	A
T1	87,50	A
T5	85,43	A
T3	83,37	A B
T4	81,27	A B
T6	77,10	A B C
T8	75,03	A B C
T9	62,53	B C
T7	62,50	B C
T10	56,27	C

La prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 10), se observa tres rangos de significancia, siendo los tratamientos que ocupan el rango A, los que presentaron un buen número de plantas germinadas.

Esto concuerda con lo que se manifiesta en la revista Nucleotécnica, a dosis bajas de hasta 1kGy se produce la inhibición de la germinación.

Cuadro 11. Prueba de DMS al 5% para variedades

Tratamientos	Descripción	Medias	DMS
V1	Alverjón rosado	85,43	A
V2	Cuantium	66,69	B

La prueba de DMS al 5% para variedades (Cuadro 11), detecta la presencia de dos rangos, siendo la V1 la que ocupa el primer lugar o rango A, ya que presentó el mayor porcentaje de semillas germinadas.

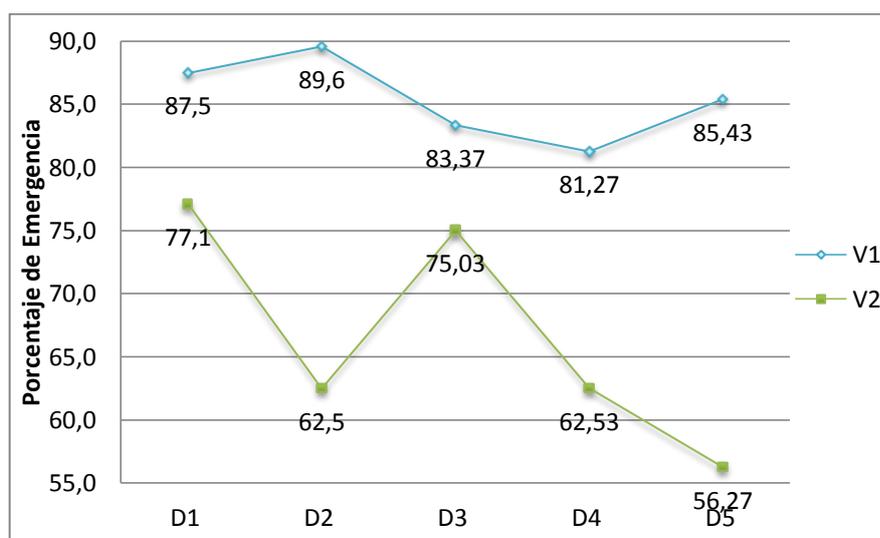


Gráfico 2. Efecto de la interacción de variedades por dosis de radiación gamma en el porcentaje de emergencia.

En el gráfico 2 se aprecia que la variedad 1 presenta el mayor porcentaje de emergencia, en cuanto a las dosis la D2 (30 Gy) en la variedad 1 ha presentado un 89,60 % de emergencia seguido por la D1 (testigo) con el 87,50 % y para la variedad 2 con un 77,10 % la D1 (testigo) seguido por la D3 (60 Gy) con un valor de 75,03 %.

4.2 Porcentaje de sobrevivencia a los 30 días de la germinación

Cuadro 12. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (%)
T1 (V1D1)	87,50
T2 (V1D2)	87,50
T3 (V1D3)	81,25
T4 (V1D4)	79,17
T5 (V1D5)	83,33
T6 (V2D1)	77,08
T7 (V2D2)	60,42
T8 (V2D3)	75,00
T9 (V2D4)	62,50
T10 (V2D5)	54,17

Cuadro 13. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (%)
V1	83,75
V2	65,83

Cuadro 14. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (%)
D1	82,29
D2	73,96
D3	78,13
D4	70,83
D5	68,75

En los cuadros 12, 13 y 14 se muestran los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para el porcentaje de sobrevivencia a los 30 días desde la germinación.

Cuadro 15. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	6522,14	29				
Bloques	291,67	2	145,84	1,05 ^{ns}	3,55	6,01
Tratamientos	3735,68	9	415,08	2,99 [*]	2,46	3,60
Variedades	2407,55	1	2407,55	17,37 ^{**}	4,41	8,29
Dosis	721,36	4	180,34	1,30 ^{ns}	2,93	4,58
IAB	606,77	4	151,69	1,09 ^{ns}	2,93	4,58
Error	2494,79	18	138,6			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

ns = no significativo

CV= 15,74 %

x = 74,79 %

El análisis de varianza (Cuadro 15), detecta una diferencia significativa al 1% para variedades, significación al 5% para tratamientos. El análisis no detectó significancia para las repeticiones, dosis e interacción. La media es de 74,79 % de sobrevivencia y el coeficiente de variación de 15,74 %.

Cuadro 16. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Medias	Duncan
T2	87,50	A
T1	87,50	A
T5	83,33	A B
T3	81,25	A B C
T4	79,17	A B C
T6	77,08	A B C
T8	75,00	A B C D
T9	62,50	B C D
T7	60,42	C D
T10	54,17	D

La prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 16), detecta la presencia de cuatro rangos de significancia, siendo los tratamientos que ocupan el rango A, los cuales mostraron menor mortalidad de plantas dentro de parcela neta, mientras que, para la variedad *quantium* el tratamiento que presentó mayor porcentaje de sobrevivencia fue el T6 (testigo) y el T8 (60 Gy).

Esto concuerda con la que manifiesta ORTEGA, X., JORBA, J. (2009), que con la creciente dosis de irradiación ocurre también, sin embargo, una más alta mortalidad de los individuos irradiados.

Cuadro 17. Prueba de DMS al 5% para variedades

Tratamientos	Descripción	Medias	DMS
V1	Alverjón rosado	83,75	A
V2	Quantium	65,83	B

En la prueba de DMS al 5% para variedades (Cuadro 17), se determinan dos rangos, siendo la variedad 1 la que ocupa el primer lugar o rango A, ya que presentó el mayor porcentaje de plantas vivas, la variedad 2 demostró mayor mortalidad de plantas durante los 30 días desde la germinación.

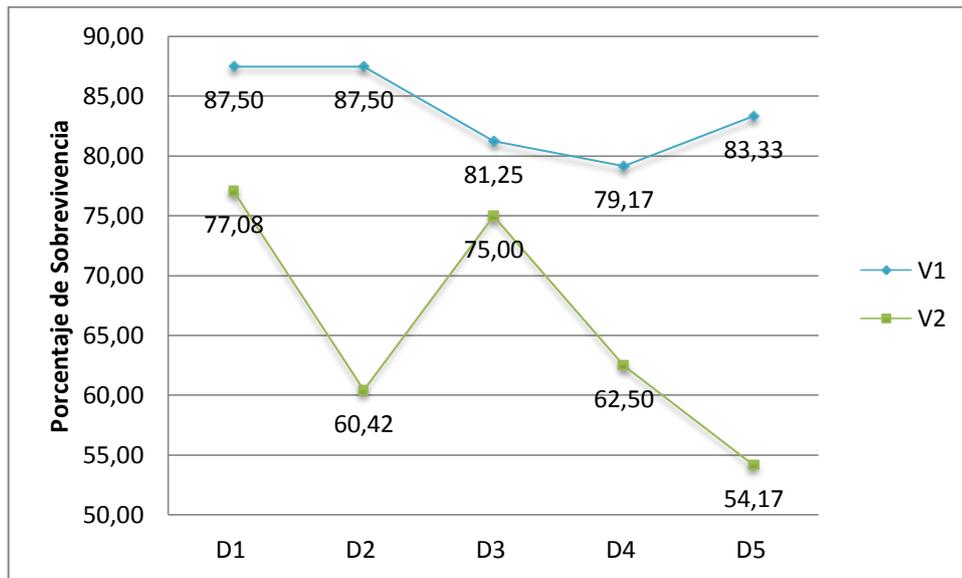


Gráfico 3. Efecto de la interacción de variedades por dosis de radiación gamma en el porcentaje de sobrevivencia.

El gráfico 3 demuestra que la variedad 1 presenta el mayor número de plantas dentro de parcela neta en relación con la variedad 2, en cuanto a las dosis tanto la D1 (testigo) como la D2 (30 Gy) en la variedad 1 ha presentado un 87,50 % de sobrevivencia y para la variedad 2 con un 77,08 % la D1 (testigo) seguido por la D3 (60 Gy) con un valor del 75,00 %.

Esta variable es de gran importancia ya que por medio de esta se pudo determinar la dosis letal (DL_{50}), al observar que el tratamiento 10 que pertenece a la variedad Cuantium a 120 Gy no fue favorable para dicha variedad, ya que se encontró con un porcentaje de plantas del 54,17 %.

4.2.1 Porcentaje de sobrevivencia a los 60 días de la germinación

Cuadro 18. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (%)
T1 (V1D1)	85,42
T2 (V1D2)	85,42
T3 (V1D3)	77,08
T4 (V1D4)	72,92
T5 (V1D5)	72,92
T6 (V2D1)	77,08
T7 (V2D2)	60,42
T8 (V2D3)	75,00
T9 (V2D4)	62,50
T10 (V2D5)	50,00

Cuadro 19. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (%)
V1	78,75
V2	65,00

Cuadro 20. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (%)
D1	81,25
D2	72,92
D3	76,04
D4	67,71
D5	61,46

En los cuadros 18, 19 y 20 se exponen los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para el porcentaje de emergencia a los 60 días desde la germinación.

Cuadro 21. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	6777,34	29				
Bloques	54,69	2	27,35	0,15 ^{ns}	3,55	6,01
Tratamientos	3391,93	9	376,88	2,04 ^{ns}	2,46	3,6
Variedades	1417,97	1	1417,97	7,66 [*]	4,41	8,29
Dosis	1393,23	4	348,31	1,88 ^{ns}	2,93	4,58
IAB	580,73	4	145,18	0,78 ^{ns}	2,93	4,58
Error	3330,72	18	185,04			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

ns = no significativo

CV= 18,92 %

x = 71,88 %

En el análisis de varianza (Cuadro 21), se determinó que existe diferencia significativa solo al 5% para variedades, mientras que para repeticiones o bloques, dosis y la interacción no existe ninguna significación. El coeficiente de variación fue de 18,92 % y la media de 71,88 %.

Cuadro 22. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Medias	Duncan
T1	85,42	A
T2	85,42	A
T3	77,08	A
T6	77,08	A
T8	75,00	A B
T4	72,92	A B
T5	72,92	A B
T9	62,50	A B
T7	60,42	A B
T10	50,00	B

En la prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 22), se observa dos rangos de significancia, encontrándose en primer lugar o rango A los tratamientos que presentan una mayor población vegetal; en cuanto a variedades para la variedad quantum durante el tiempo transcurrido no hubo mayor mortalidad ubicándose en el rango B, además observamos que el último lugar lo ocupa el

tratamiento 10 (cuantium a 120 Gy) situándose dentro de la dosis letal (DL_{50}), concordando con lo que explica VALLEJO, F. (2002), que la DL_{50} es aquella dosis en la cual, sobrevive el 50% de las plantas.

Cuadro 23. Prueba de DMS al 5% para variedades

Tratamientos	Descripción	Medias	DMS
V1	Alverjón rosado	78,75	A
V2	Cuantium	65,00	B

La prueba DMS al 5% para variedades (Cuadro 23), se establecen dos rangos, siendo la variedad 1 la que ocupa el primer lugar o rango A, pues presentó la mayor población de plantas dentro de parcela neta.

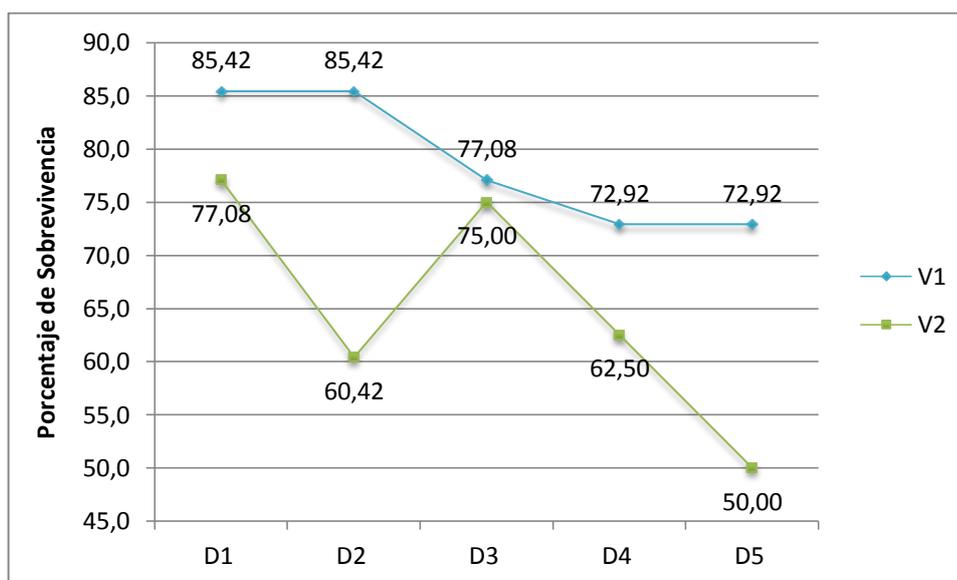


Gráfico 4. Efecto de la interacción de variedades por dosis de radiación gamma en el porcentaje de sobrevivencia a los 60 días desde la germinación.

En el gráfico 4 se puede apreciar que la variedad 1 presenta el mayor número de plantas dentro de parcela neta en relación con la variedad 2, pero al comparar con el gráfico 3 de interacción, observamos que hubo en el transcurso de ese tiempo mortalidad para la variedad 1 en todas sus dosis; tanto la D1 (testigo) como la D2 (30 Gy) ha presentado un 85,42 % de sobrevivencia, mientras para la variedad 2 se han mantenido los mismos porcentajes de sobrevivencia lo que nos indica que durante el transcurso de los 60 días no hubo mortalidad en esta variedad.

4.3 Días a la floración

Cuadro 24. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (días)
T1 (V1D1)	62,67
T2 (V1D2)	60,67
T3 (V1D3)	61,33
T4 (V1D4)	62,00
T5 (V1D5)	67,33
T6 (V2D1)	58,33
T7 (V2D2)	56,67
T8 (V2D3)	56,33
T9 (V2D4)	57,33
T10 (V2D5)	58,67

Cuadro 25. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (días)
V1	62,80
V2	57,50

Cuadro 26. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (días)
D1	60,50
D2	58,70
D3	58,80
D4	59,70
D5	63,00

En los cuadros 24, 25 y 26 se exponen los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para la variable días a la floración.

Cuadro 27. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	319,50	29				
Bloques	0,90	2	0,50	1 ^{ns}	3,60	6,00
Tratamientos	309,50	9	34,40	68,8 **	2,50	3,60
Variedades	213,40	1	213,40	426,8 **	4,40	8,30
Dosis	74,50	4	18,60	37,2 **	2,90	4,60
IAB	21,60	4	5,40	10,8 **	2,90	4,60
Error	9,10	18	0,50			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

ns = no significativo

CV= 1,20 %

x = 60,10 días

El análisis de varianza (Cuadro 27), detecta una significancia al 1% entre tratamientos, variedades, dosis e interacción; en cambio para bloques no existe ninguna significación. El coeficiente de variación fue de 1,20 % y el promedio medio de los tratamientos fue de 60,10 días.

Cuadro 28. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Promedio (días)	Duncan
T5	67,33	A
T1	62,67	B
T4	62,00	B C
T3	61,33	C D
T2	60,67	D
T10	58,67	E
T6	58,33	E F
T9	57,33	F G
T7	56,67	G
T8	56,33	G

En el efecto sobre la variable días a la floración a través de la prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 28), detecta la presencia de siete rangos de

significancia, siendo los tratamientos que ocupan el rango G los más precoces con un promedio de 56, 33 días.

Si se examina por variedades dosis, se puede manifestar que la variedad 1 a una dosis de 30 Gy es la más precoz con un promedio de 60,67 días, para la variedad 2 las plantas más precoces fueron a una dosis de 30 y 60 Gy.

Cuadro 29. Prueba de DMS al 5% para variedades

Tratamientos	Descripción	Medias	DMS
V1	Alverjón rosado	62,80	A
V2	Cuantium	57,50	B

La prueba DMS al 5% para variedades (Cuadro 29), se establecen dos rangos, siendo la variedad 2 la más precoz ocupando el rango B. Es necesario tomar en cuenta que la variedad 1 a diferentes dosis con relación al testigo presentó mayor precocidad debido a la radiación, pues normalmente esta variedad llega a la floración entre los 66 y 70 días.

Cuadro 30. Prueba de Tukey al 5% para dosis

Tratamientos	Medias	Tukey
D5	63,00	A
D1	60,50	B
D4	59,70	B C
D3	58,80	C
D2	58,70	C

En cuanto a las dosis, mediante la prueba Tukey al 5% se determinó tres rangos, siendo las dosis D2 (30 Gy) y D3 (60 Gy) las más precoces ya que ocupan el rango C.

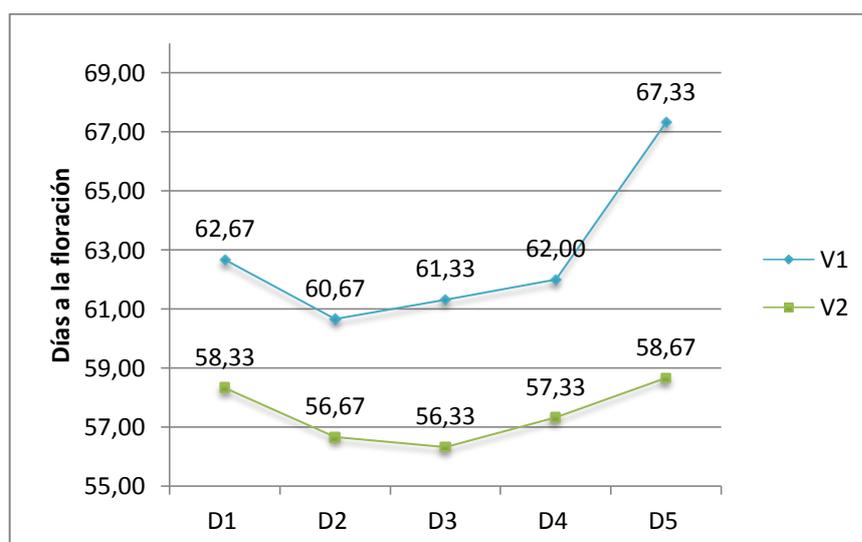


Gráfico 5. Efecto de la interacción de variedades por dosis de radiación gamma en días a la floración.

En el gráfico 5 de interacción se observa que la variedad 1 a dosis de 30 y 60 Gy (T2 y T3) presentó precocidad con respecto al testigo, mientras que la variedad 2 es aún más precoz que la variedad 1 en dosis de 30 y 60 Gy (T7 y T8); la dosis a 120 Gy (D5) en las dos variedades (T5 y T10) retarda la floración de las plantas en comparación con el testigo respectivamente. Esto concuerda con lo que se manifiesta en la revista Nucleotécnica, a dosis bajas de hasta 1kGy se produce el retraso de la floración.

4.4 Altura de plantas al inicio de la floración

Cuadro 31. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (cm)
T1 (V1D1)	59,73
T2 (V1D2)	59,97
T3 (V1D3)	60,67
T4 (V1D4)	60,93
T5 (V1D5)	60,20
T6 (V2D1)	21,57
T7 (V2D2)	19,37
T8 (V2D3)	18,60
T9 (V2D4)	17,33
T10 (V2D5)	14,93

Cuadro 32. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (cm)
V1	60,30
V2	18,40

Cuadro 33. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (cm)
D1	40,70
D2	39,70
D3	39,60
D4	39,10
D5	37,60

En los cuadros 31, 32 y 33 se exponen los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para la variable altura de plantas al inicio de la floración.

Cuadro 34. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	13307,6	29				
Bloques	11,4	2	5,7	3,60 *	3,60	6,00
Tratamientos	13267,6	9	1474,2	921,4 **	2,50	3,60
Variedades	13192,2	1	13192,2	8245,1 **	4,40	8,30
Dosis	30,5	4	7,6	4,80 **	2,90	4,60
IAB	44,9	4	11,2	7,00 **	2,90	4,60
Error	28,6	18	1,6			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

CV= 3,20 %

x = 39,30 cm.

Al observar el análisis de varianza (Cuadro 34), detecta una significancia al 5% entre bloques o repeticiones y existe significación al 1% para tratamientos, variedades, dosis e interacción. El coeficiente de variación fue de 3,20 % y el promedio medio de los tratamientos fue de 39,30 cm.

Cuadro 35. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Medias	Duncan
T4	60,93	A
T3	60,67	A
T5	60,20	A
T2	59,97	A
T1	59,73	A
T6	21,57	B
T7	19,37	C
T8	18,60	C
T9	17,33	C
T10	14,93	D

A través de la prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 35), se detecta la presencia de cuatro rangos de significancia, siendo los tratamientos que ocupan el rango A los mejores en cuanto a esta variable, pues incrementaron su medida en comparación con el resto de tratamientos con un promedio de 60,93 cm., y de 60,67 cm., para el T4 (arvejón rosado a 90 Gy) y T3 (arvejón rosado a 60 Gy) respectivamente. Mientras que último rango lo ocupa el tratamiento 10 que corresponde a la variedad cuantium a 120 Gy.

Cuadro 36. Prueba de DMS al 5% para variedades

Tratamientos	Descripción	Medias	DMS
V1	Alverjón rosado	60,30	A
V2	Cuantium	18,40	B

En la prueba DMS al 5% para variedades (Cuadro 36), se establecen dos rangos de significancia, ocupando el rango B la variedad 2 la cual demostró una altura promedio muy baja, fuera del rango de su propia fenología.

Cuadro 37. Prueba de Tukey al 5% para dosis

Tratamientos	Medias	Tukey
D1	40,7	A
D2	39,7	A B
D3	39,6	A B
D4	39,1	A B
D5	37,6	B

En cuanto a las dosis, mediante la prueba Tukey al 5% se determinó dos rangos, ocupando el rango A la dosis D1 (testigo) y el rango B la dosis D5 (120 Gy).

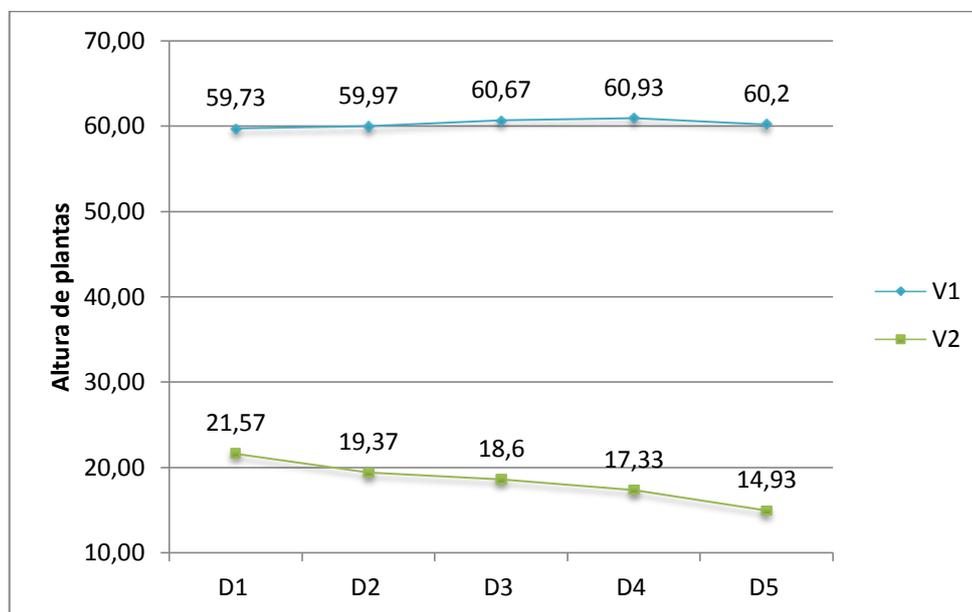


Gráfico 6. Efecto de la interacción de variedades por dosis de radiación gamma en altura de plantas al inicio de la floración.

El gráfico 6 de interacción se observa que la variedad 1 a dosis de 90 Gy (T4) presentó el promedio en cm., más alto en cuanto a la altura de plantas con respecto al testigo, en cuanto para la variedad 2 podemos observar, a medida que la dosis de radiación aumenta esta presenta menor desarrollo en cuanto a su altura.

Esto concuerda con lo que menciona RAOUL, R. (2000) que, las plantas que crecen a partir de la semilla tratada, o las que han sido sometidas a un tratamiento mutagénico durante el periodo de vegetación, se designan como generación M_1 ; esta generación puede mostrar gran diversidad de formas como consecuencia de las dosis mutagénicas, como depresiones del crecimiento, ahijamiento disminuido o elevado, hojas pequeñas y diferentes anomalías del desarrollo.

4.4.1 Altura de plantas a la madurez fisiológica

Cuadro 38. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (cm)
T1 (V1D1)	84,50
T2 (V1D2)	88,10
T3 (V1D3)	94,70
T4 (V1D4)	98,77
T5 (V1D5)	90,50
T6 (V2D1)	33,73
T7 (V2D2)	33,53
T8 (V2D3)	32,30
T9 (V2D4)	29,13
T10 (V2D5)	27,87

Cuadro 39. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (cm)
V1	91,30
V2	31,30

Cuadro 40. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (cm)
D1	59,10
D2	60,80
D3	63,50
D4	64,00
D5	59,20

En los cuadros 38, 39 y 40 se exponen los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para la variable altura de plantas a la madurez fisiológica.

Cuadro 41. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	27502,8	29				
Bloque	1,2	2	0,60	0,3 ^{ns}	3,60	6,00
Tratamientos	27458,5	9	3050,9	1271,2 **	2,50	3,60
Variedades	27000	1	27000	11250 **	4,40	8,30
Dosis	128,1	4	32	13,3 **	2,90	4,60
IAB	330,4	4	82,6	34,4 **	2,90	4,60
Error	43,1	18	2,4			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

ns = no significativo

CV= 2,50 %

x = 61,30 cm.

El análisis de varianza (Cuadro 41), detecta una significancia al 1% para tratamientos, variedades, dosis e interacción, además podemos apreciar que para bloques o repeticiones no existe significancia. El coeficiente de variación fue de 2,50 % y el promedio medio de los tratamientos fue de 61,30 cm.

Cuadro 42. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Medias	Duncan
T4	98,77	A
T3	94,70	B
T5	90,50	C
T2	88,10	C
T1	84,50	D
T6	33,73	E
T7	33,53	E
T8	32,30	E
T9	29,13	F
T10	27,87	F

La prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 42), detecta la presencia de seis rangos de significancia, siendo el tratamiento que ocupan el rango A T4 (arvejón rosado a 90 Gy) con un promedio de 98,77 cm., y en el último rango lo ocupan los tratamientos 9 y 10 que corresponde a la variedad *quantum* a dosis de 90 y 120 Gy respectivamente.

Cuadro 43. Prueba de DMS al 5% para variedades

Tratamientos	Descripción	Medias	DMS
V1	Alverjón rosado	91,30	A
V2	Cuantium	31,30	B

En la prueba DMS al 5% para variedades (Cuadro 43), se detecta la presencia de dos rangos de significancia, ocupando el rango B la variedad 2 la cual demostró una altura promedio baja.

Cuadro 44. Prueba de Tukey al 5% para dosis

Tratamientos	Medias	Tukey
D4	64,00	A
D3	63,50	A B
D2	60,80	B C
D5	59,20	C
D1	59,10	C

Para determinar los rangos para las dosis se realizó a través de la prueba Tukey al 5%, se establecieron tres rangos, ocupando el rango A la dosis D4 (90 Gy) y en el rango C las dosis D5 (120 Gy) y D1 (testigo).

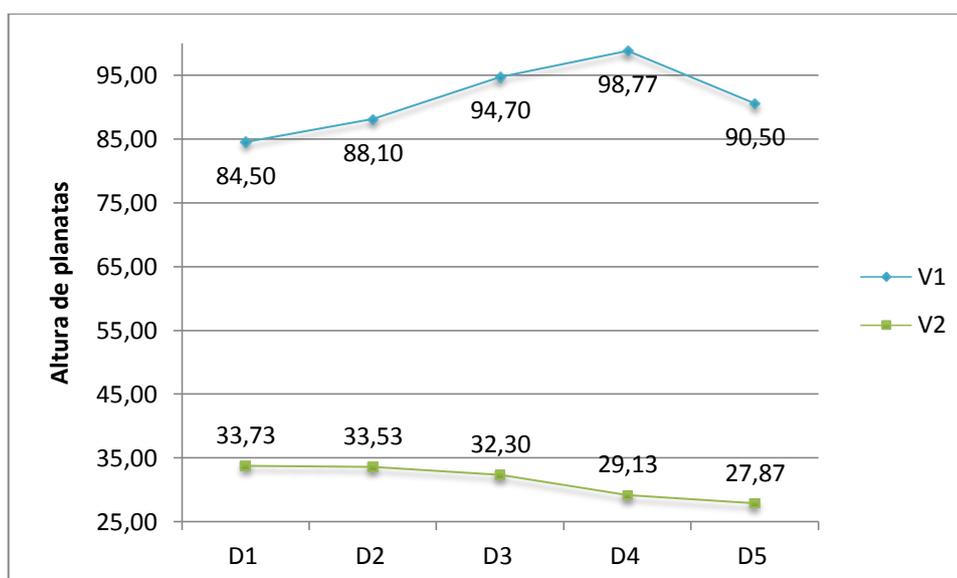


Gráfico 7. Efecto de la interacción de variedades por dosis de radiación gamma en altura de plantas a la madurez fisiológica.

El gráfico 7 de interacción se observa que la variedad 1 a dosis de 90 Gy (T4) presentó el promedio en cm., más alto en cuanto a la altura de plantas con respecto al testigo.

4.5 Número de vainas por planta

Cuadro 45. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (vainas/planta)
T1 (V1D1)	22,23
T2 (V1D2)	33,90
T3 (V1D3)	34,90
T4 (V1D4)	35,37
T5 (V1D5)	25,67
T6 (V2D1)	26,93
T7 (V2D2)	22,97
T8 (V2D3)	18,87
T9 (V2D4)	15,53
T10 (V2D5)	13,13

Cuadro 46. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (vainas/planta)
V1	30,40
V2	19,50

Cuadro 47. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (vainas/planta)
D1	24,60
D2	28,40
D3	26,90
D4	25,50
D5	19,40

En los cuadros 45, 46 y 47 se exponen los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para la variable número de vainas por planta.

Cuadro 48. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1727,9	29				
Bloques	2,7	2	1,40	1,30 ^{ns}	3,60	6,00
Tratamientos	1706	9	189,6	172,4 ^{**}	2,50	3,60
Variedades	895,4	1	895,4	814 ^{**}	4,40	8,30
Dosis	282,3	4	70,6	64,2 ^{**}	2,90	4,60
IAB	528,3	4	132,1	120,1 ^{**}	2,90	4,60
Error	19,2	18	1,10			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

ns = no significativo

CV= 4,20 %

x = 25,0 vainas por planta.

En el análisis de varianza (Cuadro 48), se manifiesta una significancia al 1% para tratamientos, variedades, dosis e interacción, el análisis no detecto significancia para bloques o repeticiones.

El coeficiente de variación fue de 4,20 % y el promedio medio de los tratamientos fue de 25,0 vainas por planta.

Cuadro 49. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Medias	Duncan
T4	35,37	A
T3	34,90	A
T2	33,90	A
T6	26,93	B
T5	25,67	B
T7	22,97	C
T1	22,23	C
T8	18,87	D
T9	15,53	E
T10	13,13	F

La prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 49), se observa la presencia de seis rangos de significancia, siendo los tratamientos T4 (V1D4) y T3

(V1D3) y T2 (V1D2), que ocupan el primer rango presentando los mejores resultados para la presente variable.

Cuadro 50. Prueba de DMS al 5% para variedades

Tratamientos	Descripción	Medias	DMS
V1	Alverjón rosado	30,40	A
V2	Cuantium	19,50	B

La prueba DMS al 5% para variedades (Cuadro 50), muestra la presencia de dos rangos de significancia, siendo la variedad 1 la que tiene mayor cantidad de vainas por planta.

Cuadro 51. Prueba de Tukey al 5% para dosis

Tratamientos	Medias	Tukey
D2	28,4	A
D3	26,9	A B
D4	25,5	B C
D1	24,6	C
D5	19,4	D

A través de la prueba Tukey al 5%, se establecieron cuatro rangos de significancia, ocupando el rango A la dosis D2 (30 Gy) y en el rango D la dosis D5 (120 Gy).

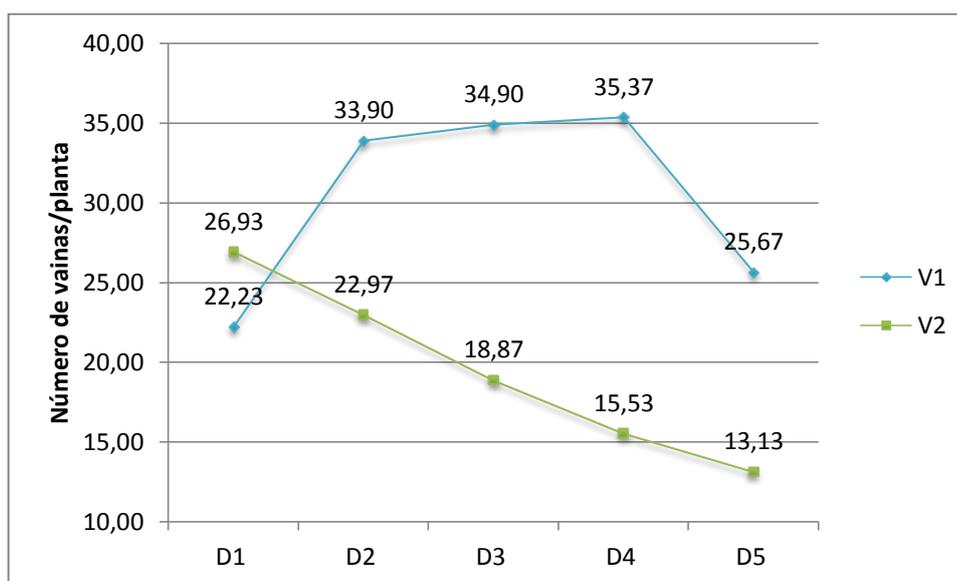


Gráfico 8. Efecto de la interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en número de vainas por planta.

En el gráfico 8 de interacción, se observa que las variedades tienen un mejor comportamiento al interactuar con las dosis, siendo el tratamiento 4 (arvejón rosado a 90 Gy) la que proporcionó mejores resultados.

4.6 Número de granos por vaina

Cuadro 52. Medias de los tratamientos

Tratamientos	X (granos/vaina)
T1 (V1D1)	5,43
T2 (V1D2)	6,27
T3 (V1D3)	5,60
T4 (V1D4)	5,53
T5 (V1D5)	4,07
T6 (V2D1)	5,40
T7 (V2D2)	5,60
T8 (V2D3)	5,67
T9 (V2D4)	4,50
T10 (V2D5)	4,80

Cuadro 53. Medias de variedades (Factor A)

Variedades	X (granos/vaina)
V1	5,40
V2	5,20

Cuadro 54. Medias de dosis (Factor B)

Dosis	X (granos/vaina)
D1	5,40
D2	5,90
D3	5,60
D4	5,00
D5	4,40

En los cuadros 52, 53 y 54 se exponen los valores de las medias de tratamientos, variedades y dosis para la variable número de granos por vaina.

Cuadro 55. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	13,6	29				
Bloques	0,4	2	0,20	2,00 ^{ns}	3,60	6,00
Tratamientos	11,2	9	1,20	12,00 ^{**}	2,50	3,60
Variedades	0,2	1	0,20	2,00 ^{ns}	4,40	8,30
Dosis	8,1	4	20	20,00 ^{**}	2,90	4,60
IAB	2,9	4	0,70	7,00 ^{**}	2,90	4,60
Error	2	18	0,10			

**=significativo al 1%

* =significativo al 5%

ns = no significativo

CV= 6,00 %

x = 5,3 granos por vaina.

En el análisis de varianza (Cuadro 55), se observa diferencia altamente significativa para tratamientos, dosis e interacción, además se observa que no existen diferencias significativas entre variedades y para bloques o repeticiones.

El coeficiente de variación fue de 6,00 % y el promedio medio de los tratamientos fue de 5,3 granos por vaina.

Cuadro 56. Prueba de Duncan al 5% para tratamientos

Tratamientos	Medias	Duncan
T2	6,27	A
T8	5,67	B
T7	5,60	B
T3	5,60	B
T4	5,53	B
T1	5,43	B
T6	5,40	B
T10	4,80	C
T9	4,50	C D
T5	4,07	D

La prueba de Duncan al 5% para tratamientos (Cuadro 56), se observa cuatro rangos de significancia, encontrándose en primer lugar el tratamiento 2 con un promedio de 6,27 granos por vaina, mientras que el último lugar se encuentra el tratamiento 5 con un promedio de 4,07 granos.

Cuadro 57. Prueba de Tukey al 5% para dosis

Tratamientos	Medias	Tukey
D2	5,90	A
D3	5,60	A B
D1	5,40	B C
D4	5,00	C
D5	4,40	D

A través de la prueba Tukey al 5% (Cuadro 57), se establecieron cuatro rangos de significancia, ocupando el rango A la dosis D2 (30 Gy) y en el rango D la dosis D5 (120 Gy).

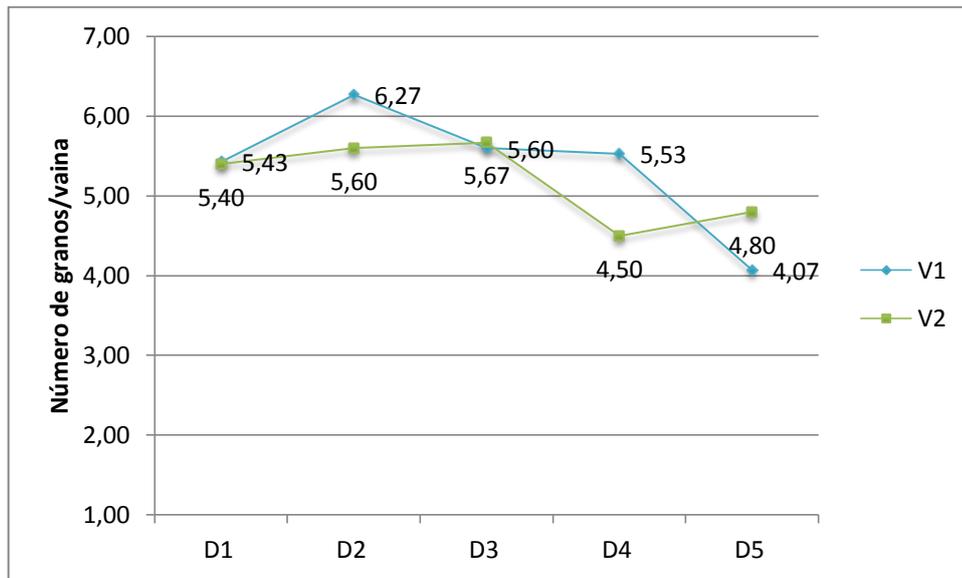


Gráfico 9. Efecto de la interacción de variedades por dosis de irradiación gamma en número de granos por vaina.

El gráfico 9 de interacción se observa que tanto para la variedad 1 como para la variedad 2 las mejores dosis en la evaluación de esta variable son la D2 (30 Gy) y la D3 (60 Gy), pues en estos dos tratamientos se obtuvo un mayor contenido de granos por vaina.

Esto concuerda con lo que se manifiesta POEHLMAN, J. (1992) que una mutación es un cambio inesperado en el material hereditario.

V. CONCLUSIONES

- El tratamiento que presentó mayor porcentaje de población germinada es el T2 que pertenece a la variedad arvejón rosado a una dosis de 30 Gray. Para la variedad quantum el mejor tratamiento fue el testigo (T6), ya que esta variedad presentó mayor susceptibilidad genética en cuanto a la aplicación de las radiaciones.
- Los tratamientos 2,3 y 4 que corresponden a la variedad arvejón rosado a dosis de 30, 60 y 90 Gray respectivamente, en comparación con el testigo (T1) son más precoces, ya que entraron a la floración en un promedio de 61,33 días; además presentaron precocidad los tratamientos 7,8 y 9 que corresponden a la variedad quantum a dosis de 30, 60 y 90 Gray respectivamente, en comparación con el testigo (T6) entraron a la floración con un promedio de 56,78 días; mientras que a la dosis de 120 Gray se observó un retraso en la floración de 5 días para la variedad arvejón rosado en comparación con el testigo (T1).
- Durante el periodo del cultivo a dosis de 90 y 120 Gray (T4, T5, T9 y T10) se presentó mayor susceptibilidad a enfermedades y mayor mortalidad consecuentemente menor producción.
- En el desarrollo de esta investigación, se pudo determinar la dosis letal (DL_{50}), para la variedad quantum a dosis de 120 Gray en la cual sobrevivió el 50% de las plantas dentro de parcela neta, hasta la cosecha. Es necesario resaltar que en el transcurso de los 60 días desde la germinación también presentó

mortalidad del 12,50% la variedad arvejón rosado a dosis de 90 y 120 Gray (T4 y T5) con respecto al testigo.

➤ Uno de los cambios fenotípicos derivados de la radiación es la altura de plantas que solo se manifestó en la variedad arvejón rosado, pues presentó mayor altura de plantas a una dosis de 90 Gray (T4); en cuanto para la variedad quantum no resultó favorable la radiación, ya que a medida que la dosis aumenta esta presenta menor altura.

➤ Otro cambio favorable en la variedad arvejón rosado es incrementar el número de vainas por planta en las dosis de 30, 60 y 90 Gray (T2, T3 y T4), mientras que la variedad quantum presentó menos vainas a medida que incrementa la dosis.

➤ En la variable número de granos por vaina con respecto al testigo los mejores tratamientos fueron T2, T3, T4 (arvejón rosado a dosis de 30, 60 y 90 Gy), T7 y T8 (quantum a dosis de 30 y 60 Gy), concluyendo las mutaciones suelen ser beneficiosas como deletéreas ya que una mutación es un cambio inesperado en el material hereditario.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Es recomendable que a partir de la generación de semillas obtenidas de esta investigación M_1 , se realice otro estudio con la finalidad de obtener la descendencia de ésta que será la M_2 , ya que, no se presentaron cambios morfológicos en la M_1 y pueden manifestarse en la M_2 , por lo general las mutaciones inducidas son recesivas y se manifiestan a partir de la generación M_2 .

- ✓ Es recomendable investigar con una sola variedad del mismo cultivo, es decir, que sean solo enanas o solo decumbentes, precoces o tardías, o con las mismas variedades pero a diferentes dosis que sean menores a 90 Gray que intercalen con las dosis de radiación estudiadas, no se recomienda dosis mayores, ya que a 120 Gray el cultivo presentó muchas complicaciones durante el periodo vegetativo como pérdida de la germinación, mortalidad de plantas hasta los 60 días después de la germinación, retraso de la floración, bajo desarrollo de las plantas, número de vainas y de granos por planta reducido.

- ✓ Se recomienda que para realizar una investigación en mejoramiento mutacional, es indispensable realizarlo en las condiciones ambientales y edáficas ideales, ya que el ambiente efectúa un rol muy importante, pues aunque la mutación este en el genoma de un organismo, puede no manifestarse si no se encuentra en las condiciones favorables más en caso de manifestarse puede ser letal.

- ✓ Se recomienda realizar futuros trabajos de mejoramiento de plantas con el método de mutaciones génicas, ya que falta mucho por verificar las teorías manejadas por autores, de que la mayoría de mutaciones son deletéreas para un cultivo; esto va en función de la especie a irradiar y de la dosis.

VII ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

7.1 TEMA:

Respuesta de dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) a cuatro dosis de radiaciones gamma.

7.2 OBJETIVOS:

7.2.1 Objetivo General

Conocer los efectos e impactos que ocasiona la presente investigación en la respuesta de dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) a cuatro dosis de radiaciones gamma en el ambiente.

7.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el área de influencia directa e indirecta.
- Evaluar los impactos positivos y negativos que genere la investigación.
- Determinar las medidas para reducir el impacto ambiental que ocasionara la presente investigación.

7.3 MARCO LEGAL

Ley de Gestión Ambiental 2004

Título III. Instrumentos de Gestión Ambiental. Capítulo Segundo de la Evaluación de Impactos Ambientales y del Control Ambiental.

Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Constitución Política de la República del Ecuador aprobada en el Registro Oficial N° 449 del 20 de Octubre del 2008.

Sección Segunda. Ambiente Sano

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Se declarará de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 22.- (Ley de Aguas) Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

7.4. LEYENDA

FACTOR A: Variedades (V)

V1: Variedad arvejón rosado.

V2: Variedad cuantium.

FACTOR B: Dosis (D)

D1: 0 Gray (testigo)

D2: 30 Gray

D3: 60 Gray

D4: 90 Gray

D5: 120 Gray

TRATAMIENTOS

Los tratamientos estuvieron formados por dos variedades de arveja y cinco dosis de radiaciones gamma.

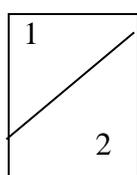
N ⁰	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	V1D1	Arvejón a 0 Gy
T2	V1D2	Arvejón a 30 Gy
T3	V1D3	Arvejón a 60 Gy
T4	V1D4	Arvejón a 90 Gy
T5	V1D5	Arvejón a 120 Gy
T6	V2D1	Cuantium a 0 Gy
T7	V2D2	Cuantium a 30 Gy
T8	V2D3	Cuantium a 60 Gy
T9	V2D4	Cuantium a 90 Gy
T10	V2D5	Cuantium a 120 Gy

7.5. CALIFICACIÓN

BAJA 1

MEDIA 2

ALTA 3



- 1 = Importancia del Impacto
- 2 = Magnitud del Impacto

7.6. ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)

El área de influencia directa correspondió al sitio donde se realizó la investigación con una superficie de 397,60 m² en la Granja Experimental Yuyucocha.

7.7. ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII)

El área de influencia indirecta correspondió principalmente a los sectores aledaños al sitio del proyecto, en una distancia de 500 m.

7.8. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE

Los componentes del medio ambiente evaluados fueron los siguientes:

Componentes abióticos: agua, aire, suelo.

Componente biótico: plantas de arveja en experimentación.

Componentes socioeconómicos: empleo, salud, calidad de vida, calidad nutricional.

7.9. EVALUACIÓN DEL IMPACTO

Para la evaluación del impacto ambiental se elaboró una matriz de identificación de impactos y otra matriz de evaluación de impactos, que es un método evaluativo de alto nivel cuantitativo y cualitativo, esta matriz combinará una lista de interacción de las actividades del proyecto frente a una lista de componentes ambientales.

Cuadro 59. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Factores Ambientales		Actividades			Preparación del Terreno			Delimitación del Terreno			Análisis del Suelo			Surcado y Quebrante			Fertilización y Siembra			Aplicación de preemergente			Riegos			Deshierbas y Aporque			Aplicación de Foliares y Pesticidas			Cosecha			Secado del Grano		
		Cat.	Componentes	Elementos			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
FÍSICO - QUÍMICA	Suelos	Contenido de Materia Orgánica																																			
		pH del Suelo																																			
		Estructura y textura del suelo				X	X																														
		Profundidad del suelo				X																															
		Compactación				X																															
		Lavado de Nutrientes				X																															
	Agua	Erosión				X																															
		Calidad y Cantidad de Agua																																			
		Residuos de fertilizantes																																			
		Residuos de pesticidas																																			
		Calidad (partículas en suspensión)				X																															
		Gases contaminantes/malos olores				X																															
BIOLÓGICA	Flora	Destrucción capa de ozono																																			
		Cultivos (huertos familiares)																																			
		Deforestación																																			
	Fauna	Microflora				X																															
		Insectos vectores de enfermedades																																			
		Resistencia de plagas en cultivo																																			
Socio-Económic	Social	Empleo				X																															
		Salud																																			
		Económico				X																															

Cuadro 60. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Factores Ambientales		Actividades	Preparación del Terreno			Delimitación del Terreno			Análisis del Suelo			Surcado y Quebrante			Fertilización y Siembra			Aplicación de preemergente			Riegos			Deshierbas y Aporque			Aplicación de Foliares y Pesticidas			Cosecha			Secado del Grano			Sub Total por Factores	Sub Total por Medio	Porcentaje	Total
			M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S							
Cat.	Componente	Elementos	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S				
FÍSICO - QUÍMICA	Suelos	Contenido de Materia Orgánica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0			
		pH del Suelo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3			
		Estructura y textura del suelo	1,6	1,7	2,6	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	12,6			
		Profundidad del suelo	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	12,6	54,3	25,0	
		Compactación	1,6	1,7	2,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,3			
		Lavado de Nutrientes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	1,6	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8			
	Erosión	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	1,6	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,8			45,6	
	Agua	Calidad y Cantidad de Agua	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	2,4	1,6	3,8	0,0	0,0	0,0	1,6	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	23,8	10,9	
		Residuos de fertilizantes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0			
		Residuos de pesticidas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0				
	Aire	Calidad (partículas en suspensión)	2,4	1,6	3,8	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	21,0	9,7	
		Gases contaminantes/malos olores	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6			
Destrucción capa de ozono		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6				
BIOLÓGICA	Flora	Cultivos (huertos familiares)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	16,8	7,7	
		Deforestación	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
		Microflora	2,0	1,7	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4	2,0	1,4	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	12,2			11,3			
	Fauna	Insectos vectores de enfermedades	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,0	1,4	1,4	1,0	1,4	3,8	7,8	3,6	
Resistencia de plagas en cultivo		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0							
Socio-Económico	Social	Empleo	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	40,0	93,6	43,1	43,1
		Salud	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2,0	4,8	0,0	0,0	0,0	9,6						
		Económico	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0	44,0						
Sub Total Actividades			25,70			11,00			6,00			23,85			9,00			33,63			27,44			16,24			41,63			13,40			9,40			217,3		100,0	
Porcentaje			11,83			5,06			2,76			10,98			4,14			15,48			12,63			7,47			19,16			6,17			4,33			434,6		100,0	
Total			100,0																																				

7.10 CONCLUSIONES DEL IMPACTO AMBIENTAL

- ✓ El componente flora y fauna son los menos afectados ya que los resultados de la valoración en la Matriz de Leopold es de 7,7 y 3,6 % respectivamente, ya que estos se ven afectados en las actividades de preparación del terreno, aplicación de pesticidas, deshierbas y aporques.

- ✓ El factor abiótico más perjudicado en la realización de la investigación es el suelo. Mediante la identificación y evaluación de impactos ambientales, sobre este recurso recae la mayoría de factores negativos como: alteración del pH, cambio de estructura y textura, compactación, lavado de nutrientes por lixiviación, acumulación de residuos de fertilizantes y pesticidas, en definitiva una erosión del suelo.

- ✓ En el factor socio-económico más beneficiado es el empleo, ya que si se realiza un cultivo intensivo se requerirá de una mayor demanda de mano de obra para las diferentes actividades a desarrollar para optimizar la producción del cultivo.

- ✓ La siembra de arveja se convierte en una alternativa de producción y generación de fuentes de trabajo y por ende mejora la calidad de vida de la población vinculada.

VIII RESUMEN

“RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum L.*) A CUATRO DOSIS DE RADIACIONES GAMMA”

Los objetivos propuestos fueron:

- ✓ Observar la respuesta de dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) a cuatro dosis de radiaciones gamma.
- ✓ Establecer la dosis letal media de radiación con la que se provoca cambios favorables para el cultivo de la arveja (*Pisum sativum L.*).
- ✓ Comparar entre las variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) los cambios fenotípicos que se presenten.
- ✓ Determinar cuáles cambios son propicios para un Programa de Mejoramiento Genético.
- ✓ Identificar a qué dosis de radiaciones gamma el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) presentó mayor porcentaje de germinación y sobrevivencia.

La investigación se realizó en la “Granja Experimental Yuyucocha” en la parroquia Caranqui, al sur del Cantón Ibarra, provincia de Imbabura. El ensayo estuvo conformado por dos variedades de arveja, previamente sometidas a diferentes dosis de radiación gamma con fuente Co-60, la siembra se efectuó a campo abierto. El área total del ensayo fue de 397,60 m² y la fase de campo tuvo una duración de 147 días.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (D.B.C.A) con diez tratamientos y tres repeticiones en arreglo factorial A x B, en el que A corresponde a las variedades y B a las dosis de radiación gamma.

A través de los resultados obtenidos de las variables evaluadas se concluye:

1. Porcentaje de emergencia: El mejor tratamiento es el T2 (arvejón rosado a dosis de 30 Gray) en comparación con el testigo, para la variedad quantum la radiación no resultó favorable, ya que el mejor tratamiento fue el T6 (testigo).
2. Porcentaje de sobrevivencia: Esta variable se evaluó hasta los 60 días desde la germinación, el T2 y el T1 (arvejón rosado a 30 y 0 Gy) fueron los que presentaron menor mortalidad de plantas; por medio de esta variable se determinó la dosis letal media (DL_{50}) para la variedad quantum a dosis de 120 Gray.
3. Días a la floración: Las dos variedades a dosis de 120 Gray presentaron retraso en la floración con respecto al testigo, las dosis de 30 y 60 Gray para las dos variedades manifestaron precocidad en comparación con el testigo respectivamente.
4. Altura de plantas: El mejor tratamiento es T4 (arvejón rosado a dosis de 90 Gray) presentó el promedio en centímetros., más alto con respecto al testigo (T1), en cuanto para la variedad 2 se pudo observar a medida que la dosis de radiación aumenta esta presenta menor desarrollo; por lo que se observó influencia negativa de la aplicación de las dosis en esta variable.
5. Número de vainas por planta: El tratamiento T4 (variedad arvejón rosado a dosis de 90 Gray) es el que proporcionó mejores resultados; para la variedad quantum la mejor dosis es 0 Gray (T6), pues se pudo apreciar que a medida que la dosis de radiación aumenta disminuye el número de vainas por planta.

6. Número de granos por vaina: Tanto para la variedad 1 como para la variedad 2 las mejores dosis en la evaluación de esta variable son la D2 (30 Gray) y la D3 (60 Gray), pues se obtuvo un mayor contenido de granos por vaina.

De acuerdo con lo evaluado de cada variable, se determinó que las mejores dosis son 30 y 60 Gray para arvejón rosado, variedad que resistió la mutación y en la cual se observaron cambios favorables. La variedad *quantum* resultó ser muy susceptible a la radiación gamma, lo cual no manifestó cambios favorables para un programa de mejoramiento genético.

IX. SUMMARY

“ANSWER OF TWO PEA VARIETIES (*Pisum sativum L.*) TO FOUR GAMMA DOSE OF RADIATIONS”

The proposed objectives were:

- To observe the answer of two pea varieties (*Pisum sativum L.*) to four gamma dose of radiations.
- To establish the half lethal dose of radiation with which is caused favorable changes for the cultivation of the pea (*Pisum sativum L.*).
- To compare among the pea varieties (*Pisum sativum L.*) the changes phenotypes those are presented.
- To determine which changes they are favorable for a Program of Genetic Improvement.
- To identify to what gamma dose of radiations the pea cultivation (*Pisum sativum L.*) it presented bigger germination percentage and survival.

The investigation was carried out in the “Granja Experimental Yuyucocha” in Caranqui parish, to the south of the Cantón Ibarra, Imbabura province. The rehearsal was conformed by two pea varieties, previously subjected to different gamma radiation dose with source Co-60, the sowing was made to open field. The total area of the rehearsal was of 397, 60 m² and the field phase had duration of 147 days.

A Design of Blocks was used Totally at random (D.B.C.A) with ten treatments and three repetitions in factorial arrangement A x B, in the one that A it corresponds to the varieties and B to the gamma radiation doses.

The obtained results of the valued variables were obtained the following summations:

1. Emergency percentage: The best treatment is the T2 (rosy tare to dose of 30 Gray) in comparison with the witness, for the variety quantum the radiation was not favorable, since the best treatment was the T6 (witness).
2. Percentage of survival: This variable was evaluated until the 60 days from the germination, the T2 and the T1 those that presented smaller mortality of plants were; by means of this variable the half lethal dose was determined (DL_{50}) for the variety quantum to dose of 120 Gray.
3. Days to the flourishing: The two varieties to dose of 120 Gray presented delay for flourish with regard to the witness, the doses of 30 and 60 Gray for the two varieties they manifested precocity in comparison with the witness respectively.
4. Height of plants: The best treatment is T4 (rosy tare to dose of 90 Gray) I present the average in cm., higher with regard to the witness (T1), as soon as for the variety 2 can observe, as the radiation dose increases this it presents smaller development, for what influence of the doses was observed.
5. Number of sheaths for plant: The treatment T4 (variety rosy tare to dose of 90 Gray) it is the one that I provide better results; for the variety quantum the best dose is 0 Gray (T6), because you could appreciate that as the radiation dose increases it diminishes the number of sheaths for plant.

6. Number of grains for sheath: So much for the variety 1 like for the variety 2 the best doses in the evaluation of this variable are the D2 (30 Gray) and the D3 (60 Gray), because a bigger content of grains was obtained by sheath.

In accordance with that evaluated of each variable it is determined that the best dose is of 30 and 60 Gray for rosy tare, variety that resisted the mutation and in which favorable changes were observed. The variety quantum turned out to be very susceptible to the gamma radiation, that which didn't manifest favorable changes for a program of genetic improvement.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA, H. (2001). *Producción Agrícola I*, Enciclopedia Agropecuaria, Terranova, Segunda Edición, Colombia.
2. BENÍTEZ, A. (2005). *Avances Recientes en Biotecnología Vegetal e Ingeniería Genética de Plantas*; Editorial Reverté, Barcelona, España.
3. BOLAÑOS, A. (2001). *Introducción a la Olericultura*, Editorial Universidad Estatal a Distancia, Primera Edición, San José, Costa Rica.
4. BOX, M. (2000). *Leguminosas de Grano*, Editores Salvat, Barcelona, Madrid.
5. CASTRO, P. (2004). “*Análisis de prefactibilidad para la instalación de una planta de procesamiento de precocidos de fréjol y arveja*”
6. CRUZATE, G., CASAS, R. (2003). *Balance de Nutrientes*. Fertilizar Asociación Civil, Edición Especial: Sostenibilidad, 7-13.
7. CUBERO, J. (2003). *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*; Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.
8. DE LA CRUZ, E. et al. (2002). *Evaluation of Quinoa lines obtained through mutagenesis and conventional methods, Proceedings of the Third International Symposium on Nuclear and Related Techniques*, La Habana, Cuba.

9. DULBECCO, R. (1999). *Los genes y nuestro futuro*, Editorial Alianza Biología, Madrid, España.
10. ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA (2001). *Producción Agrícola 1*, Ediciones Terranova, Primera Edición, Bogotá, Colombia.
11. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal (2006). *Sistema de Semillas de Calidad Declarada*, Publicación N° 185, Roma.
12. GIACONI, V., ESCAFF, M. (2004). *Cultivo de Hortalizas*, Editorial Universitaria S.A, Santiago de Chile, Chile.
13. GONZÁLES, L., RAMÍREZ, R. (2002). *Nucleus, N°. 31*, Publicación semestral de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada, La Habana, Cuba.
14. HOVANITZ, W. (1999). *Tratado de Genética*, Ediciones Aguilar S.A, Madrid, España.
15. JOSEPH, R., YEOH, H., LOH, S. (2004). *Induced mutations in cassava using somatic embryos and the identification of mutant plants with altered starch yield and composition. Plant Cell Rep.*
16. LÓPEZ TORRES, M. (1995). *Fitomejoramiento*, Editorial Trillas, Primera Edición, México.
17. LORENTE, J., YUSTE, M. et al. (2007). *Biblioteca de la Agricultura*, Ediciones Lexus, Barcelona, España.
18. MARTÍNEZ, A., LEE, R. (2003). *Postcosecha y Mercadeo de Hortalizas de Clima Frío bajo Prácticas de Producción Sostenible*, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, Colombia.
19. MENA, S., GARCÍA, M. (1999). *Fundamentos de Genotécnica*, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, México.
20. NUCLEOTÉCNICA, *Órgano de Difusión de la Comisión Chilena de Energía Nuclear*, Boletín No. 14, Santiago, Chile, Vienna, 1988. pp. 14.

21. ORDÓÑEZ, J., CAMBERO, M. (1998). *Tecnología de los Alimentos*, Editorial Síntesis, Volumen I, Madrid, España.
22. ORTEGA, X., JORBA, J. (2009). *Radiaciones Ionizantes: Utilización y Riesgos II*, Ediciones UPC, Barcelona.
23. PARSONS, D. (2010). *Manuales para educación Agropecuaria, Frijol y Chícharo*, Edición Trillas, Tercera Edición, México.
24. PERALTA, E., MURILLO, A., et al (2001). *Guía de Cultivos*, INIAP, Quito, Ecuador.
25. PERALTA, E., MURILLO, A. et al (2007). *Manual Agrícola de Fréjol y otras leguminosas*, INIAP, Publicación N° 135, Quito, Ecuador.
26. POEHLMAN, J. (1992). *Mejoramiento de las Cosechas*, Editorial Limusa, S.A, México.
27. PRADO, L. (2008). “*Evaluación agronómica de dos líneas de arveja (Pisum sativum L.) y su efecto a la fertilización química y orgánica en el Cantón Chimbo*”, Tesis de Ingeniero Agrónomo, Bolívar, Ecuador.
28. RAOUL, R. (2000). *Retorno a la Resistencia Fitomejoramiento para depender menos de los Plaguicidas*, Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados S.A, Montecillo, México.
29. ROBLES, C. (2002). *Leguminosas*, Editorial Pipalme, Lima, Perú.
30. RODRÍGUEZ, C., PÉREZ J. (1999). *Genética y Mejoramiento de las Plantas*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
31. SAÑUDO, B., BETANCOURTH, C. (2005). *Fundamentos de Fitomejoramiento*, Editorial Universitaria Universidad de Nariño, Colombia.
32. URBANO TERRON, P. (2000). *Tratado de Fitotecnia General*, Editorial Castello, Segunda Edición, Madrid, España.

33. VALLEJO, F. (2002). *Mejoramiento Genético de Plantas*, Universidad Nacional de Colombia, DIPAL, Colombia.
34. VILLARREAL, F. (2006). *Determinación del efecto en la productividad de cinco dosis del bio-estimulante "Florone" en tres variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) aplicado en dos épocas*. San José - Carchi, Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador.
35. WATSON, J. (2008). *Biología Molecular del Gen*; Editorial Médica Panamericana, Madrid, España.
36. WRIGHT, J. (1994). *Mejoramiento Genético de los Árboles Forestales*, FAO, Roma.
37. WU, J., WU, C., LEI, C., BARAOIDAN, M., et al. (2005). *Chemical and irradiation induced mutants of indica rice IR64 for forward and reverse genetics*, Portugal.

LINCOGRAFÍA:

38. MARTÍNEZ, F., CORDONE, G. (2008). *Fertilización de la Secuencia de Cultivos Invernales Alternativos*, Informaciones de la EEA INTA Oliveros, disponible en <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/fertilizacion/artic12.htm>. (2011-11-25)
39. PRIETO, G., ANTONELLI, M. (2008). *Evaluación de Cultivares de Arveja*, Informaciones de la EEA INTA Oliveros, disponible en <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/indices/tematica/ArvLenttrab.htm>. (2011-11-25)