

64  
2 ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

SELECCION DE MUTANTES DE *Chenopodium quinoa*  
Willd. EN LA GENERACION M<sub>2</sub>, CUANTIFICACION DE  
SAPONINAS EN LAS VARIETADES ISLUGA Y  
BARANDALES ADAPTADAS AL VALLE DE TOLUCA

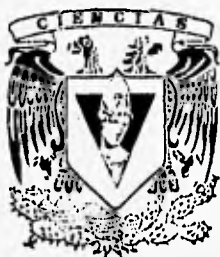
**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G A**

**P R E S E N T A :**

**SANDRA OLIVIA FERNANDEZ VALVERDE**



DIR.: DRA. SUILMA MARISELA FERNANDEZ VALVERDE

MEXICO, D. F.



1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN  
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

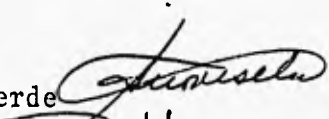
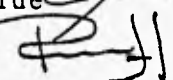
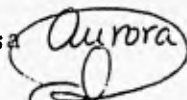

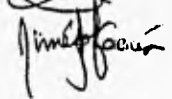
M. en C. Virginia Abrín Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
SELECCION DE MUTANTES DE Chenopodium quinoa Willd EN LA  
GENERACION M<sub>2</sub> , CUANTIFICACION DE SAPONINAS EN LAS VARIEDADES  
ISLUGA Y BARÁNDALES ADAPTADAS AL VALLE DE TOLUCA,  
realizado por Sandra Olivia Fernández Valverde

con número de cuenta 7482185-9 , pasante de la carrera de Biólogo

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario : Dra. Suilma Marisela Fernández Valverde   
Propietario : M. en C. Rosa María Fonseca Juárez   
Propietario : M. en C. Aurora Zlotnik Espinosa  Aurora Zlotnik  
Suplente : Biol. Sabel Rene Reyes Gómez   
Suplente : Dr. Luis Felipe  FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Alejandro Martínez Mena

COORDINACION GENERAL  
DE BIOLOGIA

## *DEDICATORIA*

A MIS PADRES:

COMO TESTIMONIO DE MI AMOR Y UN PROFUNDO AGRADECIMIENTO POR DARME LA OPORTUNIDAD DE NACER, SER Y REALIZAR ESTE LOGRO PROFESIONAL.

A MIS HERMANOS POR SU CARIÑO Y LA CONFIANZA QUE PUSIERON EN MI TODOS ESTOS AÑOS.

SUILMA, AIDE, ROGELIO, FRANCISCA, HILDA, JUAN Y JORGE. CON ESPECIAL AGRADECIMIENTO ASI MISMO A MI HERMANA AIDE POR SU GRAN AYUDA INVALUABLE.

CON ESPECIAL CARIÑO AL DR. RUBEN SOSA CHAVEZ Q.E.P.D. Y LA BIOL. MARGARITA HERNANDEZ AYALA Q.E.P.D.

AL SER QUIEN LE DIO SENTIDO A MI EXISTENCIA, CON CARIÑO A LA FAMILIA GARCIA MARTINEZ.

A MIS SOBRINOS

A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y MAESTROS QUE ME HAN BRINDADO TODO EL APOYO EN EL TRAYECTO DE MI SUPERACION.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, ININ, por la oportunidad de participar en la investigación del proyecto AB 173, de esta institución, así como por las facilidades proporcionadas para el desarrollo de la misma.

Al Dr. Miguel Balcazar García, Gerente de Investigación aplicada del ININ.

A la Dra. Suilma Maricela Fernández Valverde, por la Asesoría, la paciencia y la comprensión para la realización de este trabajo. Mi más sincero agradecimiento.

Al Dr. Aristeo Alvarez Arrapia, Director General del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.

A la Dra. Silvia Bulbulian Garabidian, por la oportunidad de llevar a cabo el presente trabajo en los Laboratorios de Química Nuclear y Química Industrial.

Al Ing. Dionicio Cruz Herrera e Ing. Raunel Rodríguez Domínguez por su colaboración en campo (ICAMEX).

A la Sra. Gabina Guerrero Vargas, por la ayuda Técnica prestada para la elaboración del presente trabajo.

Al personal del Depto. de Vidrio del ININ, por su colaboración.

A la Srita. Gabriela Flores Hernández, por la ayuda prestada a la elaboración del trabajo en Computo.

# CONTENIDO

	PAG.
<b>RESUMEN</b>	1
<b>INTRODUCCION</b>	3
<b>OBJETIVO</b>	5
<b>CAPITULO I ANTECEDENTES</b>	6
I.1 GENERALIDADES	
I.2 VALOR NUTRITIVO DE LA SEMILLA DE QUINOA	
I.3 SAPONINAS EN LA SEMILLA	
I.4 METODOS DE DETERMINACION DE SAPONINAS	
I.5 ANTECEDENTES DE QUINOA EN MEXICO	
<b>CAPITULO II MATERIALES Y METODOS</b>	16
II.1 MATERIAL Y EQUIPO	
II.2 METODOS DE CAMPO	
II.3 METODOS DE ANALISIS QUIMICOS	

## **CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUCION**

26

III.1 CONDICIONES DEL EQUIPO

III.2 CROMATOGRAMAS

III.3 RESULTADOS

III.4 MUTANTES

III.5 COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE SEMILLA CON EL PORCENTAJE  
DE SAPONINAS

## **CAPITULO IV CONCLUSIONES**

53

## **CAPITULO V BIBLIOGRAFIA.**

54

## **GLOSARIO**



## RESUMEN

Se cuantificaron la saponinas y grasas en las variedades Barandales e Isluga de *Chenopodium quinoa* Willd. Y los mutantes de ambas variedades, en la generación M2. Estas dos variedades fueron irradiadas con rayos gamma a las diferentes dosis de 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, y 450 Gy en la generación M1. También se llevó a cabo la selección de mutantes con características agronómicas favorables.

Se sembró en el campo y se realizó la cosecha de la semilla, determinando las variables agronómicas de emergencia, altura de planta, densidad de población y rendimiento de semilla.

Se cuantificaron las grasas y las saponinas en la semilla. Las muestras de semilla irradiada con rayos gamma a diferentes dosis, se secaron y se molieron hasta pulverizarlas. Cada muestra se desgrasó con diétil éter y después se llevó a cabo la cuantificación de grasas. Posteriormente, las saponinas fueron extraídas, concentradas y precipitadas. Después de la precipitación se hidrolizaron las saponinas y se extrajeron con metanol.

Los extractos fueron centrifugados y los sólidos obtenidos se secaron y pesaron. Por último, se realizó el análisis de ácidos oleanólico por cromatografía líquida de alta resolución. Un factor de conversión, que permite relacionar este ácido directamente con el contenido total de saponinas.



Figura 1. Planta de *Chenopodium quinoa* Willd.

## INTRODUCCION

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo que presenta semilla pequeña. Fue domesticado en los Andes Sudamericanos y se convirtió en un alimento básico para los habitantes del Imperio Inca.

La quinoa es un cultivo de temporal muy importante en los países de América del Sur por constituir la base de la alimentación diaria de la población rural contiene un elevado porcentaje de carbohidratos, proteínas y un balance adecuado de aminoácidos esenciales ( la lisina, metionina, triptófano y cisteina ) tan escasos en los cereales de consumo popular ( Sánchez-Marroquin, 1983 ).

El germoplasma de la quinoa presenta una gran variabilidad, lo que le permite a la misma ser resistente a la sequía, al frío y a la salinidad; se le ha encontrado desarrollándose desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm y por lo tanto presenta potencialidad para ser cultivada en zonas con diversas condiciones climáticas, edáficas, etc. Presenta tolerancia a suelos que difieren en textura y en pH. Se desarrolla en suelos muy ácidos como los de Ecuador y Perú (Narrea, 1976) y en suelos muy alcalinos como en los salares de García Mendoza en Bolivia, (Tapia, 1980). Sin embargo, la semilla de quinoa presenta la desventaja de tener un sabor amargo, causado por el alto contenido de saponinas y éste es el principal problema para el consumo en la dieta tanto humana como animal.

La quinoa puede ser consumida en los distintos estados de su período vegetativo; a) Las hojas durante la ramificación y prefloración como verdura, b) La panoja durante la formación de la semilla y ésta a la madurez preparándose variados potajes. A través de la industrialización de la semilla se obtiene una serie de productos como son fideos, palomitas de quinoa, harina para la

panificación y pastelería, polvo soluble con saborizantes, harina precocida, etc. (López, 1988).

El cultivo de la quinoa es una alternativa en la producción de alimentos de alta calidad que presenta la posibilidad de ser cultivada en condiciones ambientales en las que otros cultivos no prosperarían.

## **OBJETIVO**

- Obtención de mutantes de quinoa con características agronómicas favorables como son: plantas con bajo porte, con panoja más grande, con tallo bifurcado o ramificado.

- Obtención de mutantes de quinoa con bajo contenido de saponinas.

- Cuantificación de grasas y saponinas en el grano de quinoa de las variedades **Barandales e Isluga**.

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES

### I.1 GENERALIDADES

#### a) Taxonomía

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiaceae
Género	: <i>Chenopodium</i>
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

#### b) Morfología.

La morfología tiene especial importancia para la descripción botánica de las variedades y desde el punto de vista práctico del productor, el comprador y el industrial, para la identificación de las variedades en el mercado.

La germinación de la quinoa se inicia pocas horas después de tener humedad. Primero se alarga la radícula, dando lugar a una raíz pivotante fuerte que puede alcanzar hasta 30 cm de profundidad, se ramifica casi a la altura del cuello en raíces secundarias, terciarias, etc., de las cuales salen las raicillas que sirven para absorber el agua y los nutrientes.

El tallo a la altura del ápice es cilíndrico y después cuadrangular. A medida que crece la planta, nacen primero hojas alternas y de las axilas de éstas las ramas. El tallo termina en una inflorescencia (panoja). Normalmente de la axila de cada hoja del tallo, nace una rama y de ésta otras, según su hábito. De esta manera, el

hábito de la planta puede ser sencillo o ramificado. En las de hábito sencillo la planta termina en una panoja grande y en las ramificadas todas las ramas terminan en panoja. (Gandarillas, 1982).

La hoja la constituye el pecíolo y la lámina. Los pecíolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta. La lámina es polimorfa, siendo las de las hojas inferiores de forma romboidal o triangular y de las hojas superiores lanceoladas o triangulares. El número de dientes del margen de la hoja puede variar según la raza de 3 a 20. En el último caso las hojas son aserradas.

Los colores básicos de la planta son el rojo, púrpura y verde. Las plantas rojas son de este color en toda su extensión, abarcando tallo, las hojas y la panoja. Las plantas púrpura tienen la punta de las hojas de este color cuando son jóvenes y después las hojas terminales y la panoja. Las verdes tienen todos los órganos de este color y cuando están maduras tienen la inflorescencia blanca. (Gandarilla, 1982).

La inflorescencia de la quinoa es una panícula o panoja. La forma de inflorescencia más antigua es la glomerulada y la moderna la amarantiforme. Se llama amarantiforme porque los glomérulos son parecidos a los del "millmi" que pertenece al género *Amaranthus*.

### **c) Fruto.**

El fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. El color del fruto está dado por el perigonio y se asocia directamente con el de la planta, que puede ser verde, púrpura o rojo.

#### **d) Semilla.**

La semilla está envuelta por el episperma en forma de una membrana delgada. El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula, los que constituyen la mayor parte de la semilla que envuelve al perisperma como un anillo. El perisperma es almidonoso y normalmente de color blanco. (Gandarillas, 1982).

La semilla es de forma cónica, cilíndrica o elíptica, de tamaño variable. Se ha clasificado en : a) semillas grandes de 2.2. a 2.6 mm; b) medianas de 1.8 a 2.1 mm y c) pequeñas de 1.0 a 1.7 mm (Fernández y Cortéz, 1976 Gandarilla, 1977 Espíndola, 1981).

### **I.2 VALOR NUTRITIVO DE LA SEMILLA DE QUINOA**

**a) Carbohidratos.** El contenido promedio de carbohidratos reportado por la Quarter Master General de Chicago es de 59.9%. Un estudio realizado en Perú reporta un valor de 55.8% (Gorbis y de la Fuente, 1957).

**b) Almidón.** El contenido de almidón de la quinoa es de 64.5%, este valor es menor al 70.1% del trigo (Wolf, 1950). El almidón que se obtiene de la quinoa, se ha observado que se digiere en un tiempo de 15 a 20 minutos, por lo que se recomienda y se usa en la alimentación de niños y enfermos ya que prácticamente es el almidón más digerible de todos los almidones que se conocen hasta hoy día (Pulgar, 1973).

**c) Proteínas.** El cultivo de la quinoa es importante ya que la semilla presenta un alto contenido de proteínas, y una excelente calidad de éstas, dada por los aminoácidos que la constituyen; incluso se ha dicho que los aminoácidos esenciales de la quinoa son comparables a los encontrados en la leche humana y



al huevo (Peralta, 1985). Se argumenta que el alto contenido de proteínas se debe a que la quinoa presenta un embrión más grande, a diferencia de los cereales ( Tapia, 1980). Según otros investigadores el porcentaje de proteínas difiere de una variedad a otra variedad de 10.85 a 19.25 (Curso de quinoa, 1977).

**d) Grasas.** La cantidad de grasas es similar a otros cereales e inclusive algunos investigadores indican su contenido mayor al trigo por ser un alimento de elevado valor calórico (Cevallos, 1945).

**e) Vitaminas.** Coinciden algunos investigadores en señalar que se han encontrado vitaminas en cantidades considerables en la semilla de quinoa, éstas son: las del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina) y vitamina C.

**f) Sales y Minerales.** Los más encontrados en quinoa son: calcio, hierro, fósforo y potasio. (Fernández, 1969).

### **I.3 SAPONINAS EN LA SEMILLA.**

**I.3.1 Antecedentes.** Reciben el nombre de saponinas (del latín sapon que significa jabón) un grupo de glicósidos que se disuelven en agua y disminuyen la tensión superficial de ésta; por lo tanto, al agitar sus soluciones, se forma una espuma abundante y relativamente estable. Por hidrólisis de las saponinas se obtienen carbohidratos y una aglicona, denominada genéricamente sapogenina, la cual puede tener un esqueleto tipo esteroideal o triterpenoide. En las monocotiledóneas (lileáceas, amarillideáceas, dioscoráceas) se conocen más de doscientas saponinas esteroidales y en las dicotiledóneas los tipos de saponinas son triterpenoides. Las saponinas son sustancias muy polares, y es posible

extraerlas en caliente o en frío, con agua o alcoholes de bajo peso molecular. Estas sustancias producen hemólisis en las paredes de los glóbulos rojos, dispersando la hemoglobina. (Domínguez, 1979).

Las saponinas se encuentran en el episperma de la semilla de quinoa. La composición química de las saponinas, depende de la especie y de las variedades vegetales en que se presentan.

Las saponinas se encuentran en muchos vegetales, entre ellos: espinaca, betabel, espárrago, alfalfa, soya, etc., y forman parte de la dieta humana, (Hashizume y Sakato, 1966). Se ha registrado que existen por lo menos 500 géneros de plantas que presentan saponinas (Birk, 1969).

Entre los métodos que se utilizan para eliminar las saponinas se encuentran: las máquinas escarificadoras, el lavado y agitación, fricción y rozamientos termomecánicos y químicos. Todos estos métodos están basados en la fricción de la semilla.

## **I.4 METODOS DE DETERMINACION DE SAPONINAS.**

### **I.4.1 Cromatografía.**

**a) Antecedentes.** En 1905, Ramsey utilizó por primera vez técnicas cromatográficas para separar mezclas de gases y vapores. En 1906 Tswet utilizó la cromatografía de elución en un experimento cuyo objetivo era la separación de la clorofila de extractos vegetales. En una columna de vidrio, rellena de carbonato de calcio, introdujo el extracto vegetal disuelto en éter de petróleo; posteriormente agregó más éter de petróleo y observó que, a medida que el éter pasaba a través de la columna, se separaban bandas de diversos colores que

correspondían a los carotenos, las clorofilas y las xantofilas. De aquí el origen de la palabra cromatografía que literalmente, significa "color escrito"; hoy este método se llama cromatografía líquido-sólido.

La cromatografía es una técnica que permite separar, aislar e identificar los componentes de una mezcla de compuestos químicos. La muestra es distribuida entre dos fases, una estacionaria y otra móvil, de tal forma que cada uno de los componentes de la mezcla es selectivamente retenida por la fase estacionaria.

La separación se lleva a efecto en una columna tubular rellena de sólido poroso finamente dividido, el cual puede actuar como fase estacionaria propiamente dicha o como soporte de una fase estacionaria líquida. También se puede efectuar utilizando como fase estacionaria papel de filtro o un sólido finamente dividido colocado en forma de capa fina sobre una placa de vidrio.

Esos tres tipos de cromatografía se basan en los mismo principios fundamentales, y se conocen respectivamente como cromatografía en columna, en papel y de capa fina.

**b) En la cromatografía en columna**, la fase móvil puede ser un líquido o un gas, y según el caso se denominan respectivamente "cromatografía líquida" y "cromatografía de gases". Esta fase móvil fluye a través del relleno de la columna, arrastrando los componentes de la mezcla, que son selectivamente retenidos por la fase estacionaria. El flujo de la fase móvil se mantiene constante a través de todo el proceso y de esta manera se logra que cada componente de la mezcla sea eluido de la columna como un compuesto puro, disuelto en la fase móvil, a esta técnica se le llama "cromatografía de elución".

**c) La cromatografía líquida de alta resolución** usa columnas de diámetro muy reducido, por ejemplo 2 mm, rellenas de materiales especiales pulverulentos, cuyas partículas tienen un tamaño de 30-40  $\mu\text{m}$  y, en ocasiones hasta de 10  $\mu\text{m}$ . Este tipo de columna es muy eficaz, porque ofrece una gran resistencia al flujo de la fase móvil, o sea una gran caída de presión. Por esta razón es necesario emplear sistemas de bombeo de alta presión (hasta 400 atm) que haga fluir la fase móvil a una velocidad razonable a través de la columna. La cantidad de fase estacionaria dentro de la columna es pequeña, por lo que se requiere que la muestra también sea pequeña, entre 1 y 10  $\mu\text{g}$ . Si la presión de entrada a la columna no es muy elevada (100 atm ó menos), la muestra se introduce en la cámara de inyección mediante una jeringa de alta presión; a presiones más elevadas, se utilizan las válvulas de inyección. Un detector, colocado a la salida de la columna, proporciona un registro continuo de la composición de líquido que sale lo que permite obtener un cromatograma similar a los obtenidos en cromatografía de gases, y que se utiliza para identificar y cuantificar los componentes de la muestra.

La cromatografía líquida requiere que la muestra sea soluble en la fase móvil, y esto hace posible el análisis de compuestos de muy alto peso molecular: orgánicos e inorgánicos, iónicos o covalentes. Es necesario encontrar la fase estacionaria adecuada que separe selectivamente los componentes de la muestra (Mc Nair y Esquivel, 1973).

**d) La cromatografía en placa fina.** Esta técnica emplea usualmente una base sólida en la cual se adhiere la fase estacionaria que puede ser: sílica gel, alúmina o Kieselguhr por mencionar algunos. La selección del disolvente, que será la fase móvil, depende de la polaridad de la sustancia en estudio, para la cual debe de llevarse a cabo una serie de pruebas con varios disolventes o mezclas de ellos hasta obtener un desplazamiento adecuado. Las cromatoplasmas

se introducen en una cámara previamente saturada de los disolventes seleccionados como sistema móvil (Girón, 1992).

## **I.4.2 Otros métodos de determinación de saponinas**

**a) Ultravioleta.** Las saponinas y sus agliconas no absorben en el ultravioleta, ya que carecen de grupos cromóforos, pero dan coloraciones con varios reactivos ácidos, como el de Liebermann-Burchard, Sulkowski, cloruro de tionilo y triclورو de antimonio; debido a esto, las reacciones de las saponinas con dichos reactivos se han empleado para su cuantificación (Uribe, 1987).

**b) Infrarrojo.** A través de esta técnica las saponinas pueden detectarse por medio de su espectro de absorción infrarrojo característico.

**c) Resonancia magnética nuclear.** Las saponinas triterpenoides como las esteroidales y sus agliconas exhiben espectros con suficientes detalles característicos, como para identificar fácilmente al grupo que pertenecen.

**d) Índice de hemólisis.** Fue propuesto por primera vez en 1912 por R. Kobert. La hemoglobina hemolizada por hidrólisis con saponinas, es de gran interés práctico, puesto que es el mejor método actual para la determinación de saponinas en vegetales (Kopsic y Laurice, 1974).

**e) Determinación del número de espuma.** Este método fue propuesto por F.W.Apt en 1921 y E. Pfran en 1955. Este método no es conveniente para una determinación cuantitativa, ya que la altura de la espuma y su densidad depende

de la forma de mezclado, de tal manera que de la intensidad de agitación dependerá la altura y consistencia de la espuma en el tubo de ensayo.

**f) Índice de pez.** Esta metodología está basada en la observación del grado de toxicidad de la saponina sobre los peces (Kofler, 1927). Existe otro método propuesto por Oakenfull basado en la toxicidad de las saponinas sobre los gusanos tubifex.

## **I.5 ANTECEDENTES DE QUINOA EN MEXICO**

En nuestro país se han realizado pocos trabajos en quinoa. En 1987 se estableció en el Centro de Investigación y Desarrollo Agropecuario del municipio de Metepec, Estado de México (ICAMEX), un experimento con 4 niveles de nitrógeno y densidad de población. Con el objetivo de determinar los requerimientos de estos dos factores en el cultivo de la quinoa, además de evaluar la respuesta de 4 variedades al medio ambiente y su introducción con las dosis de nitrógeno y densidad de población (Cruz, 1987).

En México, se ha estudiado el valor nutritivo y usos de la quinoa (López, 1987).

Se han realizado estudios para el aprovechamiento industrial de la quinoa, para eliminar las saponinas se escarificó el grano y posteriormente se molió para utilizarlo en la elaboración de harina para pan y tortillas mezclado con harina de trigo y de maíz respectivamente (Larrauri y Mendoza, 1990).

El estudio de radiosensibilidad se realizó en 4 variedades de quinoa adaptadas al Valle de Toluca (Sierra Blanca, Isluga, Barandales y Lipez), las

semillas fueron irradiadas en el Gammacel del Centro Nuclear de México, con radiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ . Los resultados mostraron a nivel laboratorio una baja radiosensibilidad, lo que no se presentó en el campo. En el campo la variedad que mejor respondió fue Barandales (Cadena, 1992).

## CAPITULO II

### MATERIALES Y METODOS

#### II.- 1 MATERIAL Y EQUIPO

##### II.1.1 REACTIVOS

Etanol.

Butanol.

Etér.

Acido clorhídrico al 2n.

Agua destilada.

Hexano calidad HPLC.

Isopropanol calidad HPLC.

Metanol calidad HPLC.

Aire líquido.

Estándares.

Acido oleanólico.

Sistosterol.

##### II. 1.2. EQUIPO UTILIZADO.

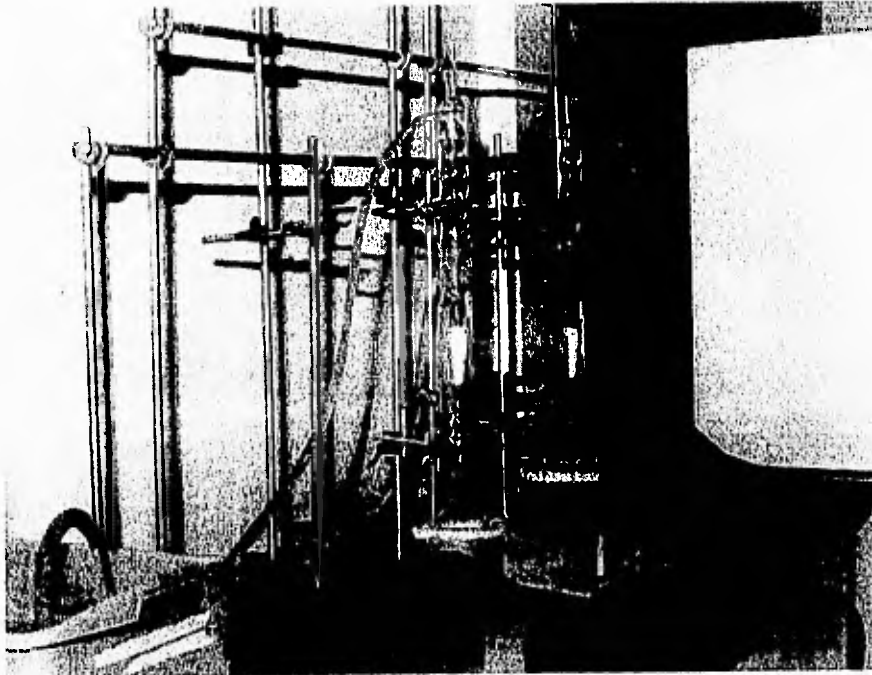
Mortero de porcelana.

Estufa.

Cajas Petri.



Etiquetas.  
Equipos soxthet.  
Matraces.  
Vasos de precipitado.  
Papel filtro whatman.  
Papel parafilm.  
Embudo buchner.  
Cartuchos de celulosa-whatman dimensiones 22 x 80 mm.  
Mantillas de calentamiento.  
Espátula.  
Probetas.  
Tubos de centrífuga.  
Rotavapor-Buchi, modelo 461.  
Balanza analítica marca Mettler modelo H51.  
Balanza de 1 platillo marca ohaus.  
Balanza de 2 platillos marca ohaus.  
Pipetas.  
Quitasonas.  
Bomba para vacío.  
Trampa para vacío.  
Agitador mecánico.  
Termómetro.  
Centrífuga International Equipment Company modelo K.  
Centrífuga marca Segurita modelo BHG.  
Gradilla.  
Cromatógrafo de líquidos de alta presión.  
Columna de sílice gel de 5  $\mu\text{m}$ , con poro de 100 Å.  
Detector uv-visible N° LC-75 de Perkin Elmer.  
Graficador.  
Jeringa de 50  $\mu\text{l}$  marca Hamilton Company Reno, Nevada.



**Figura 2. Equipo de extracción soxhlet.**

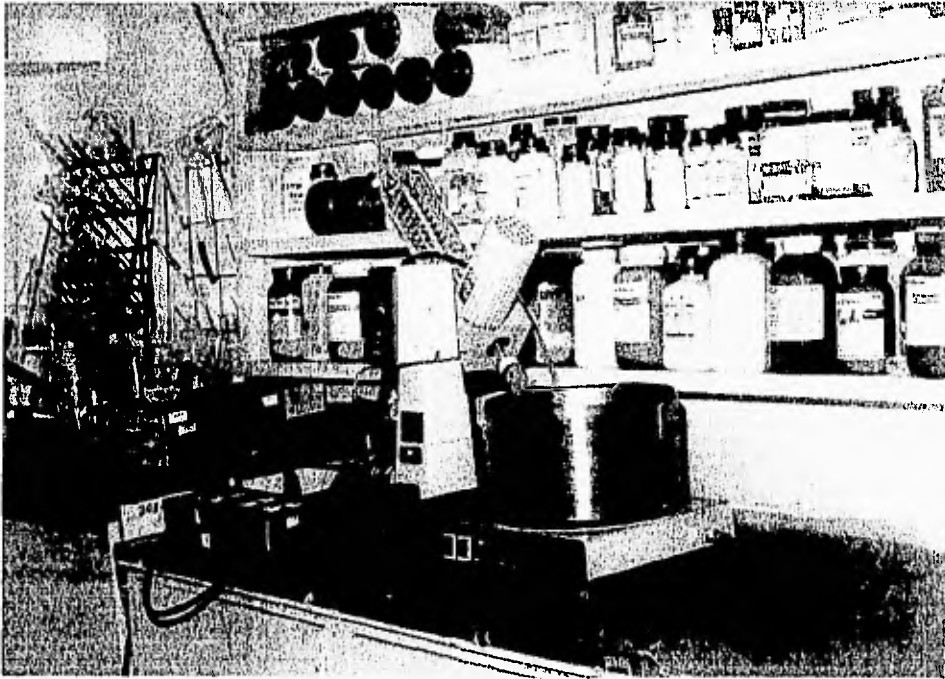
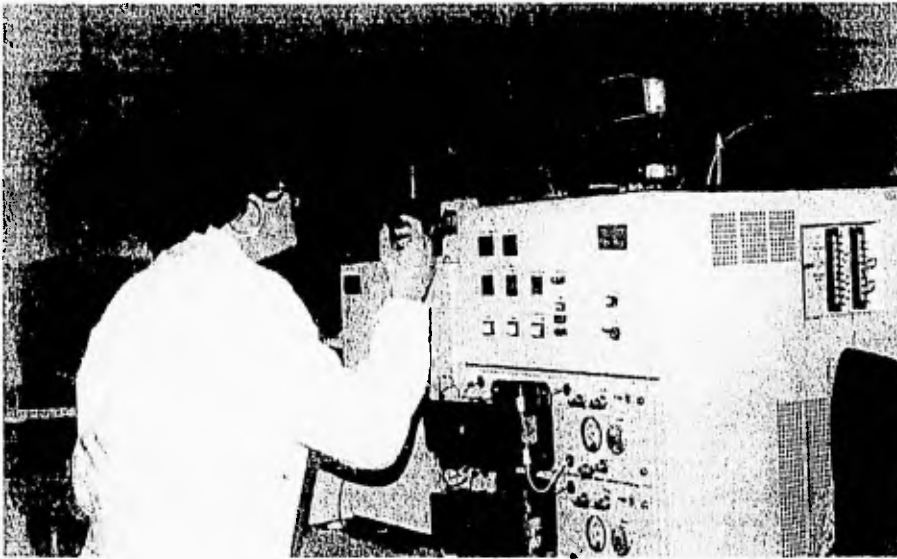


Figura 3. Rotavapor.



**Figura 4. Cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC).**

## **MATERIAL DE LA PARTE BIOLÓGICA.**

Semilla de 2 variedades de quinoa ( Barandales e Isluga ) y los mutantes de ambas variedades de la M2.

### **II.1.3 EQUIPO AGRÍCOLA.**

Un tractor con sus implementos agrícolas (rastra, arado, cultivadora y surcadora) marca John Deer 6600.

Insumos de campo como son: fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc.

## **II.2 METODOS DE CAMPO**

### **II.2.1 EN LA GENERACION M<sub>1</sub> (CICLO 1990)**

Esta generación fue trabajada por A. M. Cadena y M. Hernández ( Hernández , 1990).

#### **a) Germinación de la semilla en el laboratorio.**

Se contaron y embolsaron 50 semillas en forma individual para las 10 dosis en cada una de las variedades (Barandales e Isluga), considerando un total de 4 repeticiones para cada combinación de tratamiento. Posteriormente el material fue irradiado con gammas de <sup>60</sup>Co en el Gammacell-220 del Centro Nuclear, a dosis de 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 y 900 Gy. Cincuenta semillas fueron colocadas equidistantemente en cajas de Petri sobre papel absorbente, el cual fue humedecido con 8 ml de solución acuosa con 1 g/l de Agrymicin 500 y 1 g/l de Benlate como bactericida y fungicida, respectivamente.

## **b) Emergencia de la semilla en el campo**

De acuerdo con los resultados de la germinación de la semilla en condiciones de laboratorio, y considerando los diversos factores que limitan la emergencia de la plántula en campo, la semilla fue irradiada con dosis más bajas (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 y 450 Gy). La preparación del terreno implicó barbecho, rastra, nivelación y surcado. Para este experimento, se tomaron en consideración y se analizaron los datos en las siguientes variables agronómicas: emergencia, altura de la planta, densidad de población y rendimiento de la semilla (Hernández, 1990).

## **II.2.2 EN LA GENERACION M<sub>2</sub> (CICLO 1991)**

### **a) Germinación de la semilla en el laboratorio.**

Durante este ciclo se utilizó semilla proveniente de la generación M<sub>1</sub> de la 2 variedades de quinoa involucradas en este estudio. Para establecer el experimento de germinación de la semilla en condiciones de laboratorio, se tomaron al azar 50 semillas de cada combinación de tratamiento (variedad x dosis) las cuales fueron sembradas de la misma manera que en la M<sub>1</sub>.

### **b) Emergencia de la semilla en el campo.**

En el campo la semilla fue sembrada al "chorrillo" considerando una parcela por combinación de tratamiento, sin repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por 5 surcos de 5 m de largo y 0.60 m de separación entre surcos, considerando los 3 surcos centrales como la parcela útil. Las prácticas para la preparación del terreno fueron las mismas que el año anterior, (Hernández, 1990).

Por otra parte se sembró un lote de los posibles mutantes seleccionados en la generación M<sub>1</sub>. La toma de datos se hizo tomando en consideración las

Por otra parte se sembró un lote de los posibles mutantes seleccionados en la generación M1. La toma de datos se hizo tomando en consideración las siguientes variables agronómicas: emergencia de la semilla, altura de la planta, densidad de población y rendimiento de la semilla. La siembra de los posibles mutantes se realizó bajo el sistema de surco por planta.

## **II.3 METODO DE ANALISIS QUIMICOS**

Para el análisis de lípidos y saponinas de la generación M2 de quinoa, se pesaron 15 gramos de semilla por tratamiento, de las variedades de Isluga y Barandales y de los mutantes de ambas variedades. Hay que recordar (Hernández, 1990) que esta semilla se obtuvo de plantas que fueron irradiadas en la generación M1 a diferentes dosis (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 y 450 Gy).

### **a) Secado y pesado de las muestras.**

Se secaron en un horno a temperatura de 60°C durante 24 horas. Las muestras secas se molieron en un mortero de porcelana hasta pulverizarlas. De estas muestras se pesaron en balanza analítica dos muestras de 5 g cada una por cada dosis para su análisis y tres de los testigos de cada una de las variedades.

Las muestras que no fueron utilizadas inmediatamente se guardaron en un desecador para evitar que se hidrataran.

### **b) Determinación de lípidos.**

Cada una de las muestras se desgrasó con 90 ml de dietil éter, lo que permitió cuantificar dichas grasas en la forma siguiente: En un embudo buchner, se colocó un papel filtro y los 5 g de la muestra pulverizada, se le agregó poco a

poco el dietil éter, dejándose el dietil éter y colectando la grasa en un recipiente de vidrio previamente pesado; por diferencia de peso se cuantificaron los lípidos.

### **c) Extracción de las saponinas.**

Se utilizaron tres sistemas de extracción soxhlet, mostrados en la figura 2 con base al método propuesto por M. Burnouf-Radosevich y N. E. Delfel (1984). Las muestras desgrasadas se colocaron en cartuchos de celulosa-whatman de 22 x 80 mm y se prepararon soluciones de butanol-etanol y agua con diferente concentración ( 2.7:5.3:2.0; 4.0:4.0:2.0; 5.3:2.7:2.0) respectivamente. La extracción se realizó con 100 ml de cada una de las soluciones anteriores por un tiempo de 3 h a una temperatura de 70°C.

### **d) Concentración y precipitación de las saponinas**

Lo obtenido en cada extracción, 300 ml, se concentró hasta 100 ml en un rotavapor Buchi, modelo 461 a 65°C que se muestra en la figura 3. A la solución concentrada se le adicionaron 100 ml de dietil éter, dejando precipitar por 72 h para obtener las saponinas. El exceso de dietil éter se separó por decantación.

### **e) Hidrólisis de las saponinas**

El precipitado obtenido en la forma descrita en el inciso d, se trató con 30 ml de ácido clorhídrico 2N a 60°C, durante 5 horas para hidrolizar las saponinas.

### **f) Extracción de las saponinas**

Las muestras hidrolizadas se colocaron en tubos de centrifuga de fondo cónico, centrifugando a 5000 rpm durante 10 minutos, separando el precipitado por decantación. A los precipitados obtenidos se les agregó, en los mismos tubos, 10 ml de metanol y se agitaron durante 3 horas en un agitador mecánico, para extraer las saponinas. Después de la extracción, los tubos se centrifugaron de nuevo con el propósito de eliminar impurezas. Finalmente la solución de metanol se dejó evaporar en tubos de vidrio previamente pesados. Después de la



se dejó evaporar en tubos de vidrio previamente pesados. Después de la evaporación se guardaron en un desecador y se pesaron con el fin de cuantificar las saponinas.

### **g) Análisis del ácido oleanólico**

Las saponinas obtenidas se disolvieron en isopropanol grado HPLC. Las separaciones cromatográficas se efectuaron con una mezcla de hexano, isopropanol, metanol ( 96: 3.5: 0.5) grado HPLC, previamente desgasificada, la bomba se reguló, para trabajar en condiciones isocráticas, a una velocidad del solvente de 2 ml/min. Las muestras se centrifugaron, antes de inyectarlas, para eliminar las partículas en suspensión. Se utilizó una columna de gel de sílice, con diámetro de partícula de 5 m , poro de 10 nm y 25 cm de longitud en un equipo Perkin-Elmer, acoplado a un detector ultravioleta y éste a un graficador, figura 4. El detector se trabajó a una longitud de onda de 210 nm. El equipo se calibró previamente con ácido oleanólico y sistosterol, las áreas se midieron con un planímetro. Se cuantificó el ácido oleanólico y se determinó el contenido total de saponinas utilizando el factor de conversión (% de saponinas = 8.5204 x el % ácido oleanólico) reportado por Peñafiel y Díaz (1988).

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### III.1 CONDICIONES DEL EQUIPO

La figura 5 representa la molécula de ácido oleanólico. El equipo de cromatografía líquida de alta resolución presento una respuesta lineal, como se muestra en la figura 2. La absorbancia a 210 nm varía linealmente con la concentración del ácido oleanólico, lo que muestra las óptimas condiciones del mismo. Sin embargo, y para una mejor determinación, el ácido oleanólico se cuantificó midiendo las áreas con planímetro y comparándolas con un estándar con concentración de 2.9 mg/ml de ácido oleanólico, el cual se utilizaba en cada caso de acuerdo a la concentración de la muestra. El contenido total de saponinas se calculó usando el factor de conversión reportado anteriormente. El porcentaje de saponinas es igual al porcentaje de ácido oleanólico.

Multiplicado por 8.5204.

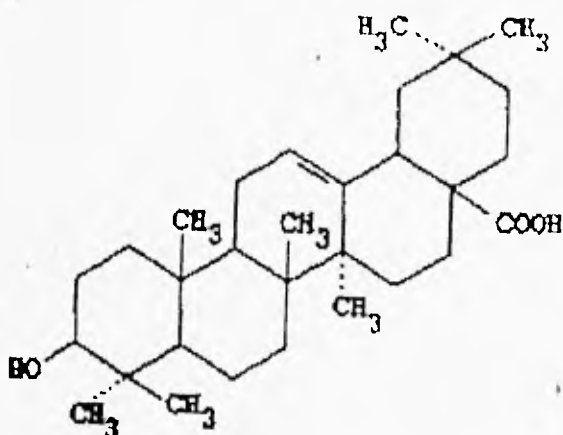


Figura 5. Molécula de ácido oleanólico.

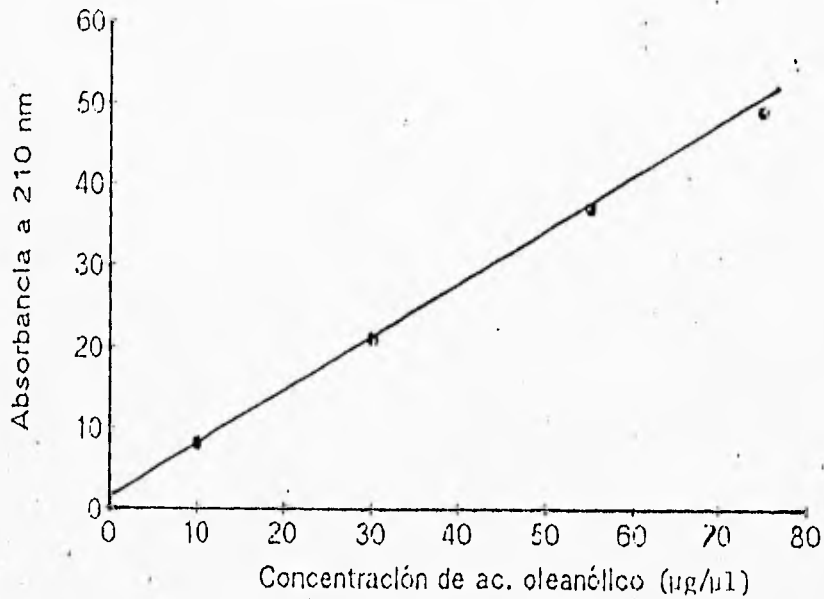


Figura 6.- Concentración del ácido oleanólico en función de la absorbancia.

### III.2 CROMATOGRAMAS

En la figura 7a, se registra el cromatograma del testigo de la variedad Isluga, donde se observan claramente los picos correspondientes de ácido oleanólico y hedragenina. Estos se encuentran en la misma posición que los reportados en la quinoa de la variedad Real de Puno ( Burnouf *et al*, 1984 ). La figura 7b presenta el cromatograma de obtenido de la muestra de la variedad Barandales irradiada a 250 Gy.

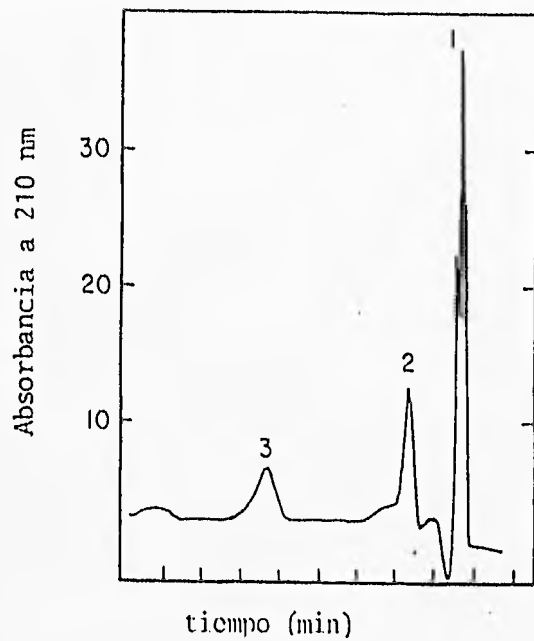


Figura 7a.- Cromatograma del testigo de la variedad Isluga:  
1. solventes, 2. ácido oleanólico, 3. sistosterol.

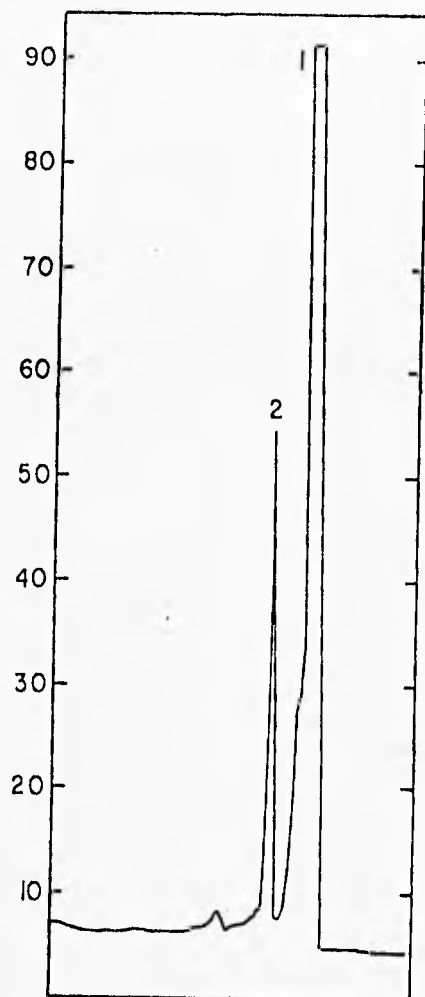


Figura 7b.- Cromatograma de la muestra la variedad Barandales: 1. solventes, 2. ácido oleanólico, dosis 250 Gy.

### III.3 RESULTADOS

Para una mayor claridad, la discusión de los resultados estará basada en la gráficas. Los resultados de campo se encuentran en las tablas 1-4 y los de grasas, ácido oleanólico y saponinas en las tablas 5-9.

#### III.3.1 DISCUSION DE LOS RESULTADOS DE CAMPO

##### a) Emergencia de las plantas

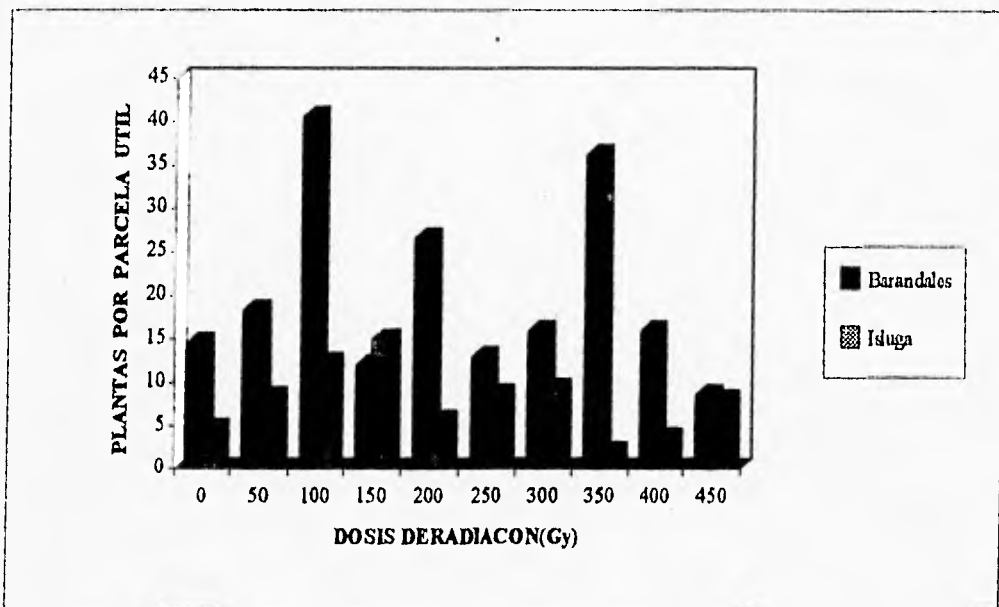


Figura 8. Emergencia de las plantas de quinoa según la dosis de radiación (generación M2).

Tabla 1. Resultados de la emergencia por parcela útil de las plantas en la M2 de quinoa de las variedades Barandales e Isluga.

Dosis de radiación ( Gy)	Barandales	Isluga
0	14 . 6	4 . 6
50	18 . 3	8 . 3
100	40 . 6	12 . 3
150	12 . 0	15 . 0
200	26 . 6	5 . 6
250	13 . 0	8 . 6
300	16 . 0	9 . 3
350	36 . 3	2 . 0
400	16 . 0	3 . 6
450	8 . 6	8 . 0

En la tabla 1 y en la figura 8 se muestra la emergencia de las plantas en ambas variedades de quinoa; allí puede observarse que esa emergencia fue 2.6 veces superior en la variedad Barandales que es la Isluga. En la primera variedad, con dosis de 100, 200 y 350 Gy se obtuvieron emergencias superiores a 25 plantas por parcela útil; la mas alta de 41 corresponde a la dosis de 100 Gy. Para la variedad Isluga a 100 y 150 Gy se obtuvieron emergencias de 12 y 15 plantas por parcela útil, siendo este ultimo valor el más alto obtenido.

### b) Altura de las plantas

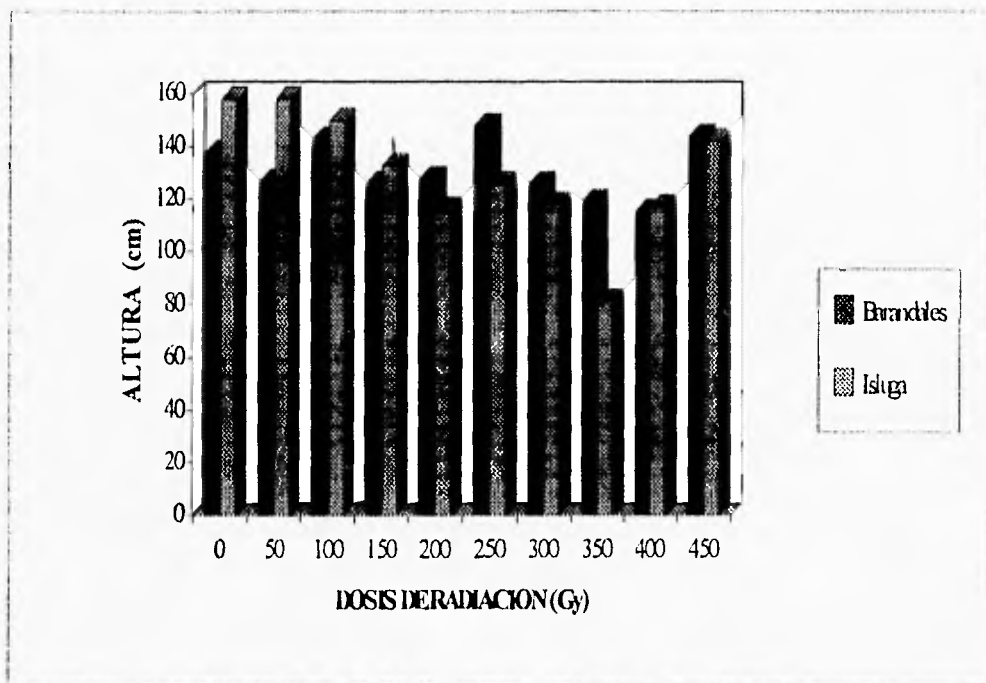


Figura 9. Altura de las plantas de quinoa, obtenidas, según las dosis de radiación (generación M2).



Tabla 2. Resultados de la altura (cm) de las plantas en la M2 de quinoa de las variedades Barandales e Isluga.

Dosis de radiación ( Gy)	Barandales	Isluga
0	138	158
50	127	158
100	143	150
150	126	133
200	128	116
250	148	126
300	126	118
350	119	81
400	115	117
450	144	142

En la tabla 2 y en la figura 9 se muestra la altura de las plantas en ambas variedades. Aquí puede observarse que en la variedad Isluga, la altura de las plantas fue igual a la del testigo, en la dosis de 50 Gy e inferior en las demás dosis. En cambio, en la variedad Barandales a dosis de 100, 250 y 450 Gy, se obtienen plantas más altas que el testigo. En la variedad Barandales, la altura máxima fue de 148 cm (250 Gy) y en Isluga fué de 158 cm (0 y 50 Gy). Las plantas más pequeñas se obtuvieron con dosis de 400 Gy para Barandales (115 cm) y 350 Gy para Isluga (81 cm).

### c) Densidad de población

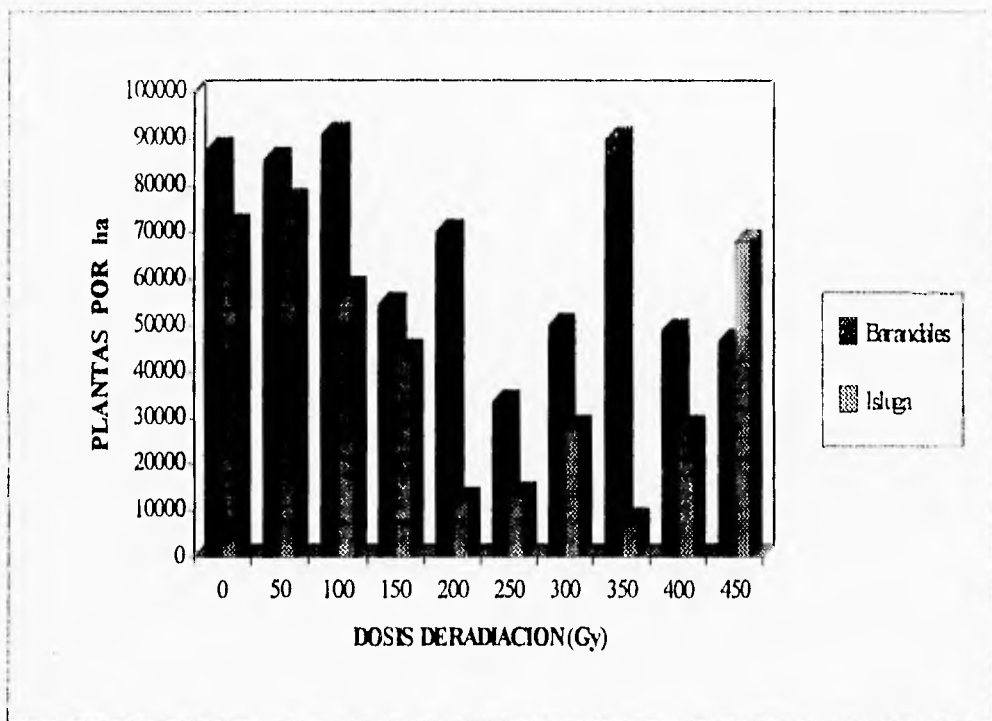


Figura 10. Número de plantas de quinoa por hectárea, según la dosis de radiación (generación M2)

Tabla 3. Resultados de la densidad de población (N° de plantas por ha) en la M2 de quinoa de las variedades Barandales e Isluga.

Dosis de radiación ( Gy)	Barandales	Isluga
0	87777	71111
50	85555	76666
100	91111	57777
150	54444	44444
200	70000	12222
250	33333	13333
300	50000	27777
350	90000	7777
400	48888	27777
450	46666	67777

La densidad de población se reporta en la tabla 3 y en la figura 10. En la variedad Barandales, a dosis de 100 y 350 Gy se obtuvieron valores mayores que el testigo. El valor promedio obtenido corresponde a 65770 plantas/ha, el cual es también mayor que el obtenido en la variedad Isluga: 47600 plantas/ha. Las mayores densidades de población se obtuvieron con las dosis de 100 Gy para Barandales y de 50 Gy para Isluga.

#### d) Rendimiento de semilla

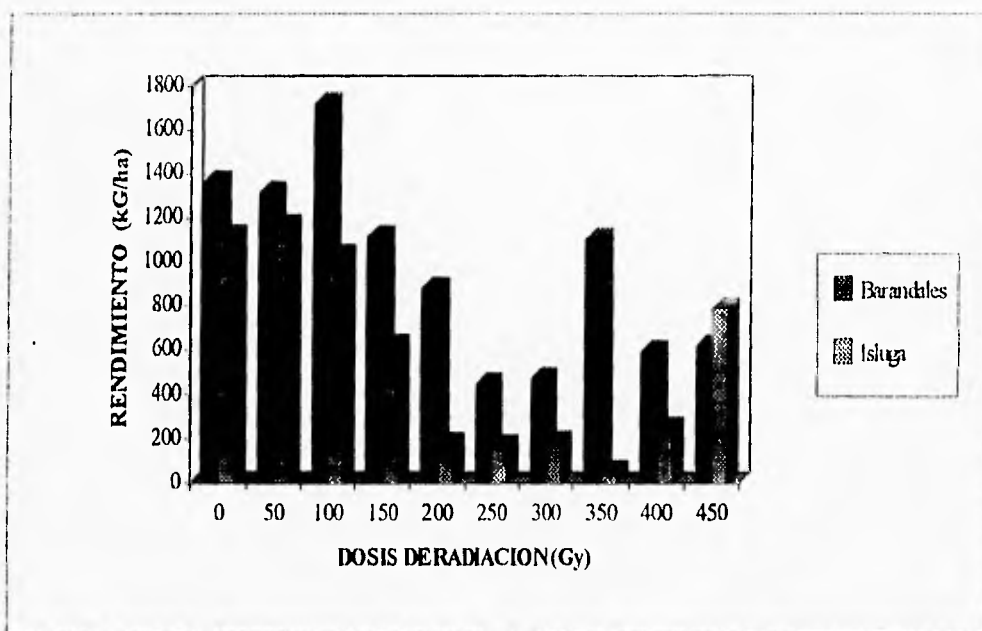


Figura 11. Rendimiento de semilla de quinoa según la dosis de radiación (generación M2)

En la tabla 4 y figura 11 se muestran el rendimiento de la semilla en Kg/ha de ambas variedades, el promedio es de 963 Kg/ha para la variedad Barandales y de 556 Kg/ha para la Isluga. La diferencia entre ambos valores es de 407 Kg; lo que representa un valor 1.7 veces mayor para Barandales que para Isluga. Al relacionar la figura 10 y la figura 11 se puede observar que los mejores rendimientos se obtuvieron con las dosis donde la densidad de población es más

Tabla 4. Rendimiento de la semilla en Kg/ha en la M2 de quinoa de las variedades Barandales e Isluga.

Dosis de radiación ( Gy)	Barandales	Isluga
0	1367	1120
50	1317	1168
100	1720	1034
150	1117	622
200	881	181
250	447	169
300	471	187
350	1106	54
400	594	249
450	619	785

alta: 1720 Kg/ha para Barandales (100 Gy) y 1168 Kg/ha para Isluga (50 Gy), únicos rendimientos mayores que los testigos, excepto con la dosis de 350 Gy de la variedad Barandales.

### III.3.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

#### a) Grasas

En la figura 12 se grafica el porcentaje de grasas de la semilla de ambas variedades. Los valores obtenidos se encuentran en las tablas 5 y 6. A las diferentes dosis de irradiación se observa siempre en la variedad Barandales un valor mayor que el testigo: el valor más alto se obtiene a 50 Gy (2.58 %).

En cambio, en la variedad Isluga se encuentran porcentajes de grasas más pequeños y más altos que el testigo, 1.34% y 3.04% para 150 Gy y 300 Gy respectivamente.

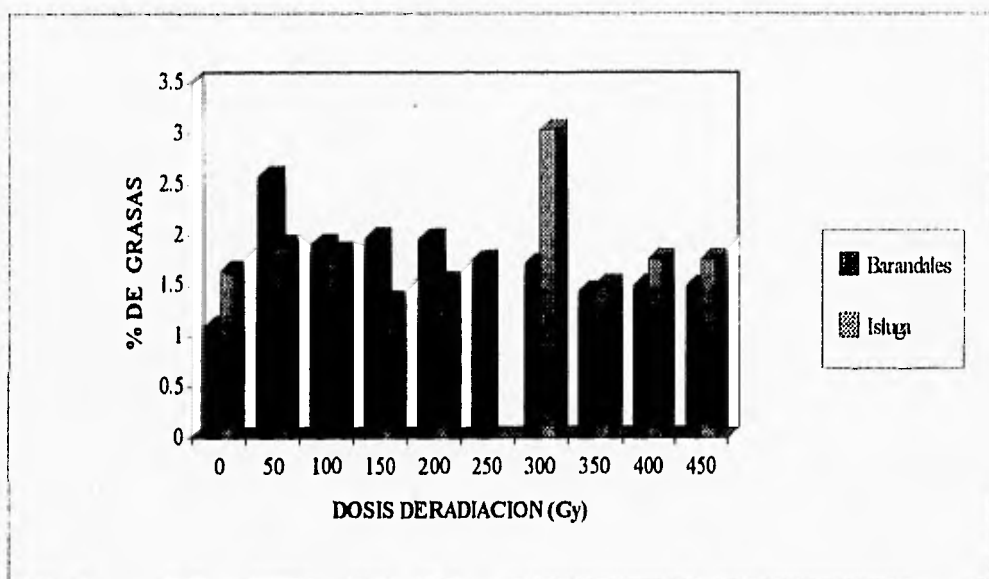


Figura 12. Porcentaje de grasas obtenidas en la semilla de quinoa según la dosis de radiación (generación M2)

Tabla 5. Resultados del contenido de grasas, en muestras de la M2 de quinoa de las variedades Barandales e Isluga. (las muestras fueron irradiadas en la M1).

Dosis de radiación ( Gy)	Barandales Grasas ( % )	Isluga Grasas ( % )
0	1.10 ± 0.08	1.64 ± 0.06
50	2.58 ± 0.33	1.90 ± 0.02
100	1.91 ± 0.00	1.83 ± 0.39
150	1.97 ± 0.25	1.34 ± 0.14
200	1.96 ± 0.28	1.53 ± 0.53
250	1.75 ± 0.05	
300	1.71 ± 0.02	3.04 ± 0.12
350	1.44 ± 0.01	1.50 ± 0.28
400	1.50	1.76 ± 0.01
450	1.49 ± 0.11	1.76 ± 0.01

## b) Por ciento de saponinas en quinoa comercial peruana

Con fines comparativos se presenta aquí el resultado, obtenido con las mismas condiciones experimentales de análisis, del ácido oleanólico en quinoa comercial peruana "desaponificada" : 1.746 mg/g equivalente a 1.4% de saponinas.

## c) Por ciento de saponinas en las muestras analizadas.

El porcentaje de saponinas en la semilla de quinoa de la variedades Barandales e Isluga se muestran en las tablas 5, 6 y figura 13. Para la primera variedad los valores obtenidos son siempre inferiores al testigo, con excepción del obtenido con la dosis de 400 Gy. Los más bajos son: 0.3% 0.4% y 0.7%, correspondientes a 150 Gy, 300 Gy y 150 Gy, respectivamente. En cambio, para la segunda, a 100 y 200 Gy se obtienen valores mayores que el testigo.

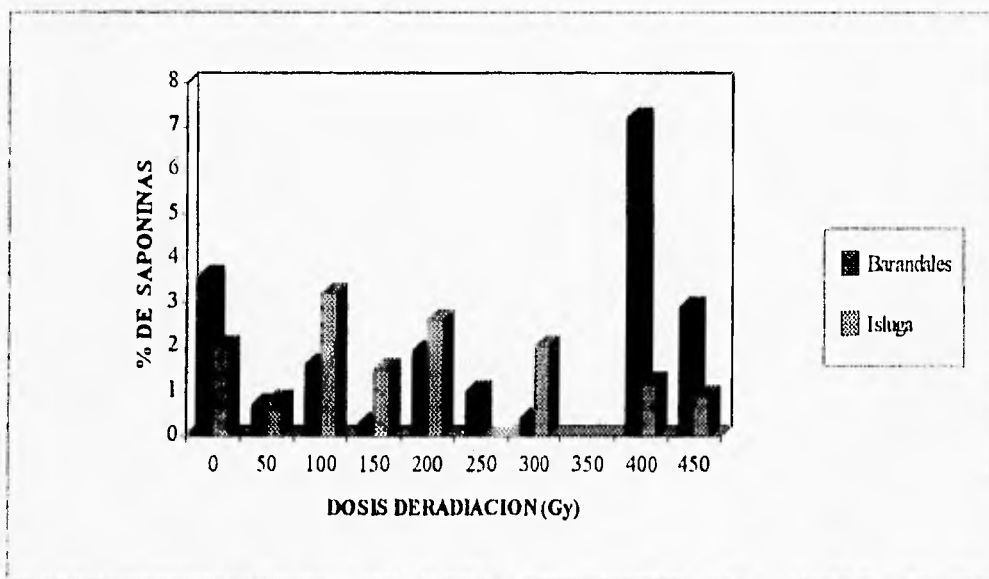


Figura 13. Por ciento de saponinas en la semilla de quinoa, según la dosis de radiación (generación M2).



Tabla 6. Resultados del contenido de ac. oleanólico y de saponinas en muestras de la M2 de quinoa de la variedad Barandales.

(las muestras fueron irradiadas en la M1).

Dosis de radiación ( Gy)	Acido oleanólico ( mg/g )	Saponinas ( % )
0	4.271	3 . 6
50	0.901	0 . 7
100	1.893	1 . 6
150	0.282	0 . 3
200	2.284	1 . 9
250	1.242	1 . 0
300	0.505	0 . 4
350		
400	8.561	7 . 2
450	3.521	2 . 9

**Tabla 7. Resultados del contenido de ac. oleanólico y de saponinas en muestras de la M2 de quinoa de la variedad Isluga. (las muestras fueron irradiadas en la M1).**

<b>Dosis de radiación ( Gy)</b>	<b>Acido oleanólico ( mg/g )</b>	<b>Saponinas ( % )</b>
0	2.309	2 . 0
50	0.958	0 . 8
100	3.740	3 . 2
150	1.720	1 . 5
200	3.014	2 . 6
300	2.379	2 . 0
350		
400	1.368	1 . 2
450	1.076	0 . 9

### III.4 MUTANTES

Todos los mutantes se obtuvieron en la generación M1 y conservaron sus características agronómicas en la generación M2.

#### a) Selección de mutantes

En las tablas A y B se encuentran las características por las cuales se seleccionaron a los mutantes de quinoa de las variedades Barandales e Isluga.

Tabla A.- Mutantes de la variedad Barandales

No. de mutante	Dosis de radiación gamma	Característica por la cual se seleccionó
41	50 Gy	Tallo ramificado
44	100 Gy	Tallo ramificado
49	200 Gy	Tallo ramificado
52	250 Gy	Tallo ramificado
61	450 Gy	Tallo ramificado

Tabla B.- Mutantes de la variedad Isluga

No. de mutante	Dosis de radiación gamma	Característica por la cual se seleccionó
62	50 Gy	Panoja bola precoz
65	50 Gy	Precoz
67	100 Gy	Panoja grande
68	100 Gy	Tallo ramificada
70	100 Gy	Panoja ramificada
73	300 Gy	Tallo ramificado
76	405 Gy	Tallo ramificado

Aquí puede observarse que los mutantes de Barandales todos fueron seleccionados por el tallo ramificado. En cambio en la variedad Isluga se eligieron por otras características.

#### **b) Porcentajes de grasas y saponinas.**

La tabla 8 y figura 14 muestra el porcentaje de grasas y el porcentaje de saponinas en mutantes de la variedad Barandales. Allí puede observarse que todos los mutantes tienen un contenido de grasa mayor que el testigo y menor contenido de saponinas. Esto mismo que se encontró en las plantas normales de esta variedad, con excepción de la dosis de 400 Gy, en la cual el porcentaje de

saponinas fue mayor que en el testigo. En cambio, en la variedad Isluga (tabla 9 y figura 15), el porcentaje de grasas de los mutantes 65 (precoz) y 73 (tallo ramificado), obtenidos con dosis de 50 Gy y 300 Gy respectivamente, son menores que el testigo. El porcentaje de saponinas en los mutantes de la variedad Isluga son mayores que el del testigo, exceptuando los mutantes 62 y 67 correspondientes, a las dosis de 50 Gy y 100 Gy.

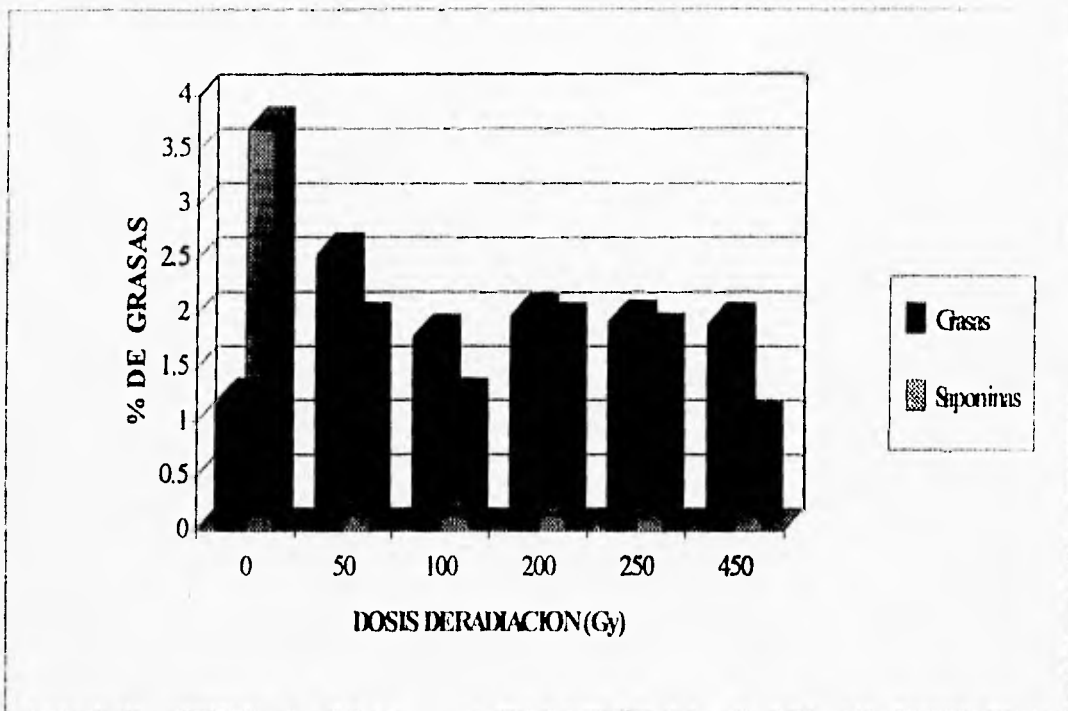


Figura 14. Porcentaje de grasas y de saponinas obtenidas en la semilla de los mutantes de la variedad Barandales, según la dosis de radiación (generación M2)

Tabla 8. Resultados del contenido de grasas, ac. oleanólico y de saponinas en mutantes de quinoa de la variedad Barandales.

Mutante	Grasas ( % )	Dosis de radiación ( Gy)	Acido oleanólico ( mg/g)	Saponinas ( % )
41	2.54 ± 0.76	50	2.279	1.9
44	1.79 ± 0.03	100	1.458	1.2
49	1.98 ± 0.04	200	2.258	1.9
52	1.92 ± 0.04	250	2.164	1.8
61	1.90 ± 0.00	450	1.261	1.0

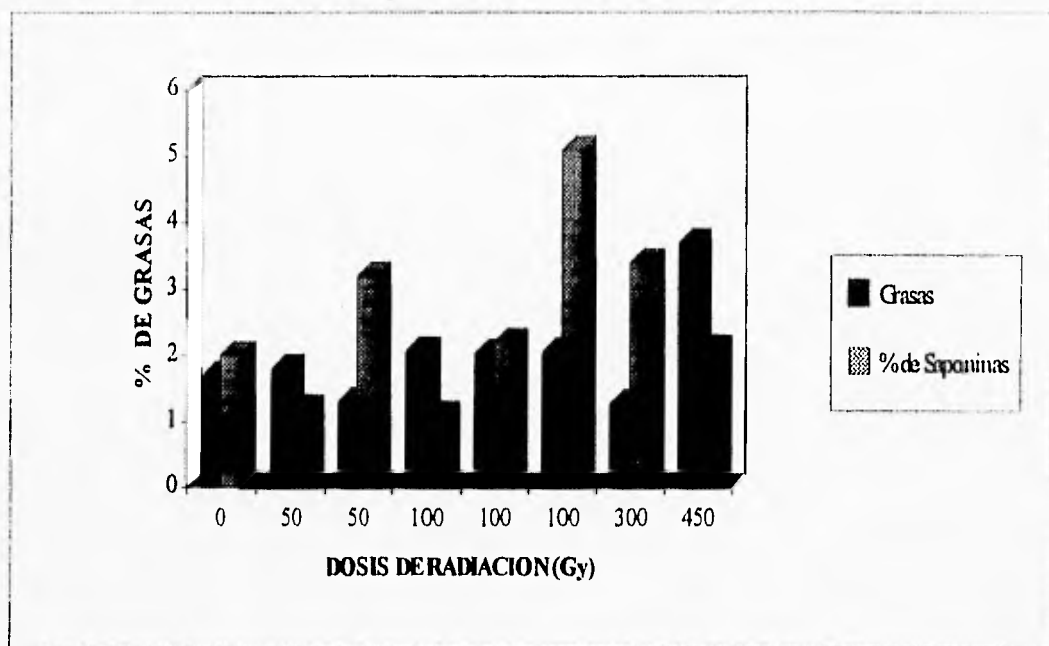


Figura 15. Porcentaje de grasas y de saponinas obtenidas en la semilla de los mutantes de la variedad Isluga, según la dosis de radiación (generación M2).

En los mutantes de quinoa de ambas variedades únicamente se realizó la cuantificación de saponinas y no se calcularon las variables agronómicas, porque la parcela útil (3 surcos de las semillas irradiadas fue diferente al diseño de siembra en el lote de mutantes).

Tabla 9. Resultados del contenido de grasas, ac. oleanólico y de saponinas en mutantes de quinoa de la variedad Isluga.

Mutante	Grasas	Dosis de radiación ( Gy )	Acido oleanólico ( mg/g )	Saponinas ( % )
62	1.80 ± 0.05	50	1.459	1.2
65	1.31 ± 0.15	50	3.890	3.2
67	2.07 ± 0.07	100	1.296	1.1
68	2.03 ± 0.01	100	2.683	2.2
70	2.05 ± 0.01	100	6.047	5.1
73	1.27 ± 0.01	300	3.987	3.4
76	3.70 ± 1.70	450	2.548	2.1



### III.5 COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE SEMILLA CON EL PORCENTAJE DE SAPONINAS.

#### a) Variedad Barandales

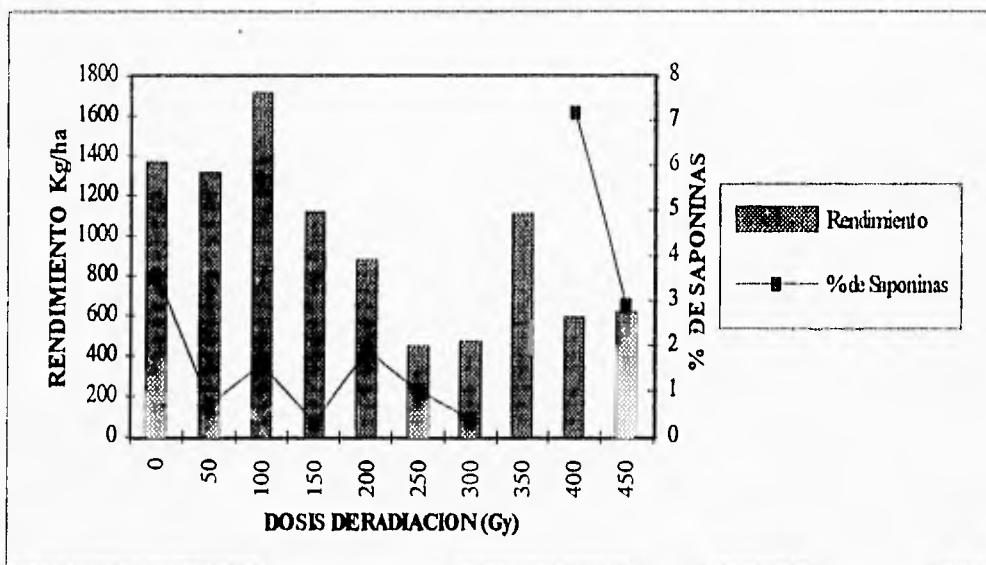


Figura 16 Gráfica comparativa del porcentaje de saponinas y del rendimiento de la semilla de quinoa en la variedad Barandales (generación M2).

La figura 16 muestra el rendimiento y porcentaje de saponinas en la Barandales, y al número 17 lo correspondiente a la Isluga.

La menor cantidad de ácido oleanólico fue para las dosis de 150 Gy en Barandales y 50 Gy en Isluga. El valor más alto obtenido correspondió a 8.56 mg/g, para la dosis de 400 Gy, en la variedad Barandales.

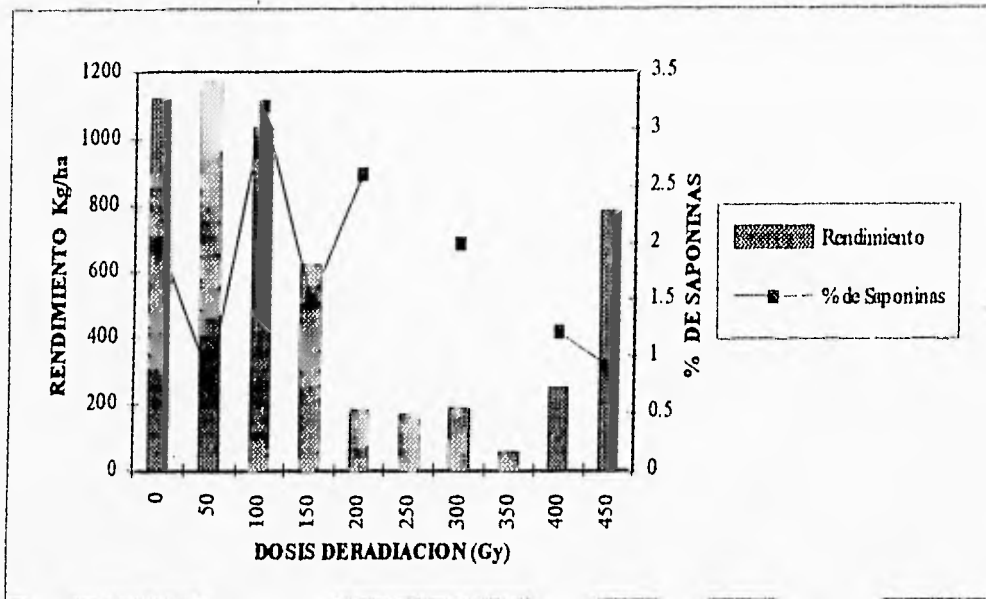


Figura 17. Gráfica comparativa del porcentaje de saponinas y del rendimiento de la semilla de quinoa en la variedad Isluga (generación M2).

En la variedad Barandales, a dosis de 50, 150, 250 y 300 Gy, así como en los mutantes 44 y 61, se obtuvo semilla con un porcentaje de saponinas menor que el obtenido en la quinoa comercial peruana.

La dosis más favorables en esta variedad son las de 50 y 150 Gy, las cuales producen rendimientos de 1317 y 1117 Kg/ha. El rendimiento más alto en la variedad Barandales fue de 1720 Kg/ha con la dosis de 100 Gy; sin embargo, el contenido de saponinas es de 1.6%, valor ligeramente mayor que el de la quinoa comercial peruana.

## **b) Variedad Isluga**

En la variedad de Isluga a dosis de 0.5, 4.0 y 4.5 Kg y, así como en los mutantes 62 y 67, se obtuvo semilla con un porcentaje de saponinas menor que el de la quinoa comercial peruana.

El rendimiento más alto en esta variedad fue de 1168 Kg/ha, obtenido con la dosis de 0.5 Kg y, su contenido de saponinas es de 0.8%, siendo por lo tanto la dosis más favorables.

Los resultados coinciden con Augusto (1979) al afirmar que el ácido oleanólico de quinoa pueden ser diferentes en función de la variedad. Ya que las variedades respondieron de forma diferente a las dosis de irradiación en el presente estudio.

Los objetivos planteados en este estudio, que fueron selección de mutantes obtenidos mediante irradiación de  $^{60}\text{Co}$ , a diferentes dosis y la cuantificación de grasas y saponinas fueron satisfactoriamente cumplidos.

A partir de esta metodología se han obtenido nuevas variedades. En 1993 existían 1300 nuevas variedades, de las cuales China tenía 281, la India 116, Japón 65. La comunidad de estados independientes tenía 82.

En cereales existen 559 variedades, en leguminosas 136.

En cultivos industriales 67.

Ornamentales 386.

Frutas y Hortalizas 46.

En México existen registradas 2 variedades de trigo por el Dr. Tarcisio Cervantes Santana. Líneas mejoradas de triticales haba, papa por el Dr. Rubén Sosa Chávez y Biól. Margarita Hernández Ayala (+ acaecidos). Sorgo, ajo, soya, limón, papaya.

Por el Ing. Eulogio de la Cruz Torres y el M. en C. Martín Rubí Arriaga una línea mejorada en aguacate.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES

**1** Las dosis más adecuadas para obtener buen rendimiento y bajo contenido en saponinas, en la variedad Barandales, fueron las de 50 y 150 Gy y con rendimientos de 1317 Kg/ha (0.7% de saponinas). y 1117 Kg/ha (0.3% de saponinas), ambos porcentajes de saponinas son menores que el de quinoa comercial peruana (1.4%).

**2** Para la variedad Isluga, la dosis más adecuada fue la de 50 Gy y, ya que presenta el máximo rendimiento de semilla 1168 Kg/ha, y a la vez un mínimo porcentaje de saponinas (0.8%).

**3** Estos resultados abren la posibilidad de usar la quinoa con bajo contenido de saponinas, para la alimentación, sin un previo tratamiento de la semilla. Sin embargo, esto debe ser considerado con reservas, ya que es necesario el análisis de proteínas, y la evaluación biológica de las muestras que por irradiación gamma disminuyeron su contenido de saponinas, para establecer dicha posibilidad.

## CAPITULO V

### BIBLIOGRAFIA

**AELLEN P. y JUST, T.** (1943). Keys and sumposium of the american species of the genus *Chenopodium* L. *American Midlanda Nat*, 30(1): 47 - 76.

**AUGUSTO RUIZ W.** Estudio Cromatográfico de Saponinas de quino (*Chenopodium quinoa* Willd. Variedade Kancolla). Thesis de Maestría, FFAA-UNICAMP, Campinas, S.P. Brasil (1979).

**BIRK, Y** (1969). Saponins, in: *Toxic Constituents of Plant Foodstuffs*, Y. E. Liener, Ac. Press, pp. 169 - 210.

**BOURNOUF-RADOSEVICH, M. Y DELFEL, N.E.** (1984). High-preformance liquid chromatography of oleanace-type triterpenes. *Journal of Chromatografhy*. 292: 403 - 409.

**CADENA, M.A.M.** (1992). Radiosensibilidad de cuatro variedades de quino (*Chenopodium quinoa* Willd.) tratadas con radiación gamma ( $^{60}\text{Co}$ . ) adaptadas al Valle de Toluca. Univerisidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca Méx. Tesis de licenciatura.

**CRUZ HERRERA D.** Introducción del cultivo de la quinoa en el Valle de Toluca. Informe de actividades (1978). ICAMEX.

**CEVALLO, W.** (1945). "La quinoa" en cuaderno sobre Agricultura No. 6. Publicaciones de la Universidad Autónoma de Cochabamba. Bolivia.

**CURSO DE QUINUA.** (1977). Instituto Interamericano de ciencias agrícolas. El Ministerio de alimentación del Perú, Universidad Técnica del Altiplano.

**DOMINGUEZ X.** (1979). "Métodos de investigación fitoquímica" De. Limusa pp. 149 - 150.

**ELIAS PEÑAFIEL, C.C. Y DIAZ VILLAR.** (1988). Determinación espectrofotométrica de ácido oleanólico y saponinas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd. Variedad Kancolla) Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 38 (1): 113 - 131 (1988).

**FERNANDEZ, M.** (1969). Adaptación y rendimiento y valor nutritivo de la quinoa cultivada en varias regiones de Guatemala. Tesis de Licenciatura Universidad de San Carlos, Guatemala.

**GANDARILLA, H.** (1982). El cultivo de la quinoa. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA). Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (artículo).

**GIRON. M.C.** Determinación semicuantitativa de saponinas en muestras vegetales aprovechando su capacidad hemolítica. Facultad de Química, U.N.A.M. (1992) p 30. Tesis de licenciatura.

**GORBITS, A. Y R. DE LA FUENTE.** Estudios sobre la quinoa en Perú. Circular número 72. Ministerio de agricultura. Perú (1957).

**HASHIZUME, T. AND SAKATO, D.** (1996). Saponin from the leaf of thea sinensis Y. Isolation of the saponin from the leaf of thea sinensis and its properties. Chem. Abstr. 64 1309 c.

**HERNANDEZ AYALA M. Y R. SOSA CHAVEZ.** Mejoramiento genético de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) por mutagénesis. Informe técnico 1A - 90 - 352 del ININ. Septiembre (1990).

**KOPSIC, T. Y LAURICE, V.** Saponinas de soja. Métodos para su determinación. Alimentación moderna 3, 26 - 30 (1974).



**LARRAURI, R.M. Y MENDOZA, S.M.J.** (1990). Aprovechamiento industrial de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca Méx. Tesis de Licenciatura.

**M. MCNAIR y ESQUIVEL A.** Serie de química monografía Número 10. "Cromatografía líquida de alta presión". Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional del Desarrollo Científico y Tecnológico.

**PERALTA, E.** (1985). La quinoa un gran alimento y su utilización Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín de divulgación No. 175. Estación Experimental "Santa Catalina". Ecuador.

**PULGAR, J.** (1973). "La quinoa ó suba en colombia" Ministerio de Agricultura Pub. No. 3 Colombia.

**SANCHEZ MARROQUIN A.** (1984) two-forgotten crops of agroindustrial importance: amaranth and quinoa. Arch. latinoamt. Nutr. 33, 11 - 32.

**TAPIA, M.** 1980 "Manual de Agricultura Andina". Instituto de Investigación de Ciencias Agropecuarias (IICA), Bolivia.

**TELLERIA RIOS M.L., V.C. SGARBIERI, J. AMAYA-F. (1979).**  
"Evaluación química y biológica de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd).  
Influencia de la extracción de las saponinas por tratamiento térmico. Archivos  
Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 28 (3): 253 - 263.

**URIBE, L.A.** "Métodos usados para la determinación de saponinas" trabajo  
monográfico. Facultad de Química U.N.A.M., pp 33 - 36 (1987).

**WOLF, M. (1950).** Some characteristics of starches of three South American  
seeds for food Cereal Chemistry U.S.A.

## GLOSARIO

ESTA  
NO DEBE  
LA BIBLIOTECA

**DOSIS ABSORBIDA.** Es la cantidad de energía depositada por unidad de masa.

**EPISPERMA** ( del gr. σπερμα , semilla, con el pref. epi-, sobre, encima), m. cubierta seminal, compuesta generalmente de dos capas: la testa y la endopleura.

**FRUTO.** ( Del lat. fructus), m. Fruto, según la definición clásica, es el ovario desarrollado. y con las semillas ya hechas. Este concepto, así limitado, arranca de GAERTNER, que en una obra de frúctibus, publicada en 1788, se ocupó extensamente de este tema. Siendo, pues, el fruto la consecuencia del desarrollo del ovario, la naturaleza de éste y su constitución habrán de influir, como es natural, en la manera de ser del fruto. Después de la polinización del estigma y, sobre todo, después de la fecundación de las ovocélulas, el ovario experimenta mudanzas muy sensibles, en no pocos casos profundas transformaciones, al paso que los rudimentos seminales, asiento también de fenómenos trascendentales, se convierten en semillas. Cuando esta serie de modificaciones paralelas del ovario y los rudimentos seminales puede considerarse terminada, el fruto queda constituido. La cubierta del ovario persiste, más o menos profundamente alterada, en el fruto, y constituye lo que se llama PERICARPO.

**ISOTOPOS.** Los isótopos son los que tienen el mismo número de protones y diferente número de neutrones. Si un neutrón se adiciona a un átomo de hidrógeno (que originalmente consistía de un protón y un electrón), un átomo diferente se forma, con una masa aproximadamente igual al doble de la del átomo original, pero siendo aun hidrógeno y conteniendo un protón. Así, se dice que el

nuevo átomo es un isótopo de hidrógeno, por lo tanto esta cuenta con un nombre especial, deuterio. Si se adiciona otro neutrón al núcleo, se forma otro isótopo de hidrógeno llamándose tritio.

**PERIGONIO.** DE CANDOLLE creó el vocablo perigonio (que significa << colocado alrededor de los órganos sexuales >>) porque lo considera más exacto.

**PERIGONIO** ( del neol. lat. perigoniumder. a su vez del gr. περι, alrededor, en torno, y γουοζ , órganos reproductores, aquí el androceo y el gineceo o uno de ambos), m. Etimológicamente y por su significación príncipe, sin perianto. << El término perianto, más antiguo, significa << colocado en torno a la flor >> DE CANDOLLE creó el vocablo perigonio ( que significa << colocado alrededor de los órganos sexuales >> por que lo consideró más exacto.

**SEMILLA.** f. Bot. Cada uno de los cuerpos que forman parte del grupo de los vegetales; es el óvulo fecundado y maduro, que puesto en condiciones adecuadas da origen a una nueva planta.

**RAD.** La unidad especial para la dosis absorbida es el rad, definida como la cantidad de cualquier radiación que deposita 100 erg. de energía en un gramo de cualquier material:

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg / gramo}$$

Actualmente se utiliza la unidad " grey " y su símbolo es Gy que equivale a 100 rad.

**RADIOACTIVIDAD.** Puede ser simplemente definida como el proceso en el cual los átomos inestables tratan de ser estables emitiendo radiación. Cuando un

átomo radiactivo emite radiación para volverse estable, se dice que se desintegra o decae.

**RADIACION GAMMA.** Es radiación electromagnética, la misma que el radar, radio, ondas de TV, microondas, luz, ultravioleta e infrarrojo. Sin embargo, la radiación gama tiene mayor energía, alta frecuencia y menor longitud de onda que las anteriores. También puede causar ionización indirecta mientras las otras no ionizan del todo. La radiación gamma es muy penetrante y no puede ser detenida completamente, pero también puede reducirse a niveles insignificantes al utilizar materiales de alta densidad como blindaje.