



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

**EFECTO DE RADIACIONES GAMMA ^{60}Co
EN MAICES DEL BAJIO**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTA
FRANCISCO JOSE ZARATE ZARATE**

LAS AGUJAS MPIO. DE ZAPOPAN, JAL.

1982

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 9 de Septiembre 1982

C ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis
del PASANTE FRANCISCO JOSE ZARATE ZARATE
Titulada:

" EFECTO DE RADIACIONES GAMMA ⁶⁰ Co EN MAICES DEL BAJIO."

Damos nuestra aprobación para
la impresión de la misma.

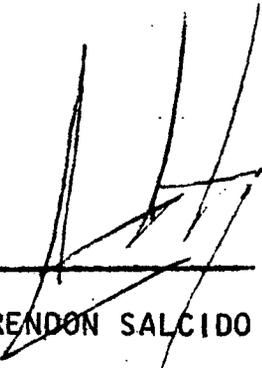
DIRECTOR



ING. M.C. RAFAEL GARCIA PRECIADO

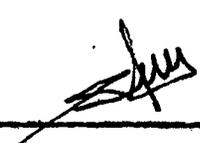
ASESOR

ASESOR



ING. LUIS ALBERTO RENDON SALCIDO

enl.



ING. SALVADOR MENÁ MUNGUÍA

A G R A D E C I M I E N T O S

A la Escuela de Agricultura, de la Universidad de Guadalajara, por haberme dado la oportunidad de realizar mi preparación académica.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, por su apoyo en la realización de este trabajo.

A los Ingenieros Rafael García Preciado, Luis Alberto Rendón Salcido, Salvador Mena Munguía, Director y Asesores de Tesis, que con sus consejos colaboraron de manera determinante en el desarrollo y culminación de este estudio.

A mis compañeros de trabajo por haberme apoyado con sus conocimientos cuando los necesité.

A la Srta. Ma. Concepción Baylon Vázquez, por su excelente trabajo mecanográfico.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

María de Jesús y Miguel, que son los
ideales en mi vida.

A MIS HERMANOS:

José Luis, Miguel, Rosa María, Leti
cia, Ernesto, Armando (a su recuerdo)
y Carmen.

A: Martha.

I N D I C E

	Pag.
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
I INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II REVISION DE LITERATURA	4
III MATERIALES Y METODOS	14
3.1. Localización del experimento	14
3.2. Material genético	14
3.3. Tipo de radiaciones	19
3.3.1. Aplicación de las radiaciones	20
3.4. Tratamientos y diseño experimental	20
3.5. Conducción del experimento	20
3.6. Datos de campo	21
3.7. Análisis estadístico	23
IV. RESULTADOS	25
4.1. Análisis de varianza	25

	Pag.
4.2. Pruebas de medias	27
4.2.1. Pruebas de medias para variedades.	27
4.2.2. Pruebas de medias para dosis	30
V. DISCUSION	32
5.1. Dosis	32
5.2. Rendimiento	32
5.3. Número de plantas	35
5.4. Días a floración	36
5.5. Altura planta y de mazorca	37
5.6. Número de entrenudos abajo de la mazorca.	38
5.7. Longitud y diámetro de la mazorca	40
5.8. Alteraciones morfológicas	40
VI. CONCLUSIONES	42
APENDICE	44
BIBLIOGRAFIA	56

LISTA DE CUADROS

		Pag.
Cuadro 1.	Material genético	18
Cuadro 2.	Valores de las dosis	19
Cuadro 3.	Cuadrados medios de las variables....	26
Cuadro 4.	Pruebas de comparación de medias medidas en variedades	28
Cuadro 5.	Pruebas de comparación de medias para 10 variedades medidas en dosis	31
Cuadro 6.	Porcentaje de plantas en la línea C-123	35
Cuadro 7.	Medias por PCH y PG de todas las variables	46
Cuadro 8.	Matriz de correlaciones para las variables estudiadas con la dosis 0 Krads..	47
Cuadro 9.	Matriz de correlaciones para las variables estudiadas con la dosis 7 Krads..	48
Cuadro 10.	Matriz de correlaciones para las variables estudiadas con la dosis 14 Krads..	49
Cuadro 11.	Matriz de correlaciones para las variables estudiadas con la dosis 21 Krads....	50
Cuadros 12-21	Análisis de varianza para las variables estudiadas.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Localización del sitio experimental...	15
Figura 2. Climas en el área experimental	16
Figura 3. Precipitaciones y temperaturas medias en algunos lugares de Guanajuato	17
Figura 4. Distribución en el campo del experimento	45
Figura 5. Efectos de las radiaciones en la formación de grano en VS-373	34
Figura 6. Bifurcación de tallos en C-243	34
Figura 7. Acortamiento de los entrenudos por efecto de las radiaciones en VS-373 y VS-201	39
Figura 8. Alteración morfológica ocasionada por radiaciones en C-90	41

RESUMEN

La motivación de este trabajo fue la importancia que tiene el maíz en México, dada por su tradición alimenticia. En México los rendimientos de maíz son muy bajos e insuficientes para cubrir las necesidades del pueblo, por lo que se necesita buscar nuevas vías de investigación para con sus resultados y aplicación cubrir este déficit.

Además el uso de la variación natural de las plantas la inducción de mutaciones sería un instrumento para lograr variación ya que los cambios producidos por la radiación provocan cambios en la estructura de los cromosomas que puede provocar un aumento de rendimiento en los materiales de maíz.

De ahí que los objetivos de este trabajo fueron observar los efectos morfológicos y fisiológicos en diferentes materiales de maíz con diferentes dosis y si la radiación provoca los mismos efectos en cualquier tipo de material.

Se utilizaron 10 materiales de maíz aplicando 4 dosis de radiación (0, 7, 14 y 21 Krads). El material experimental se estableció en el campo en diseño bloques al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas.

Los niveles de radiación aplicados fueron suficientes para producir efectos en los caracteres del material genético

co usado. En la mayor parte de los casos el efecto de las radiaciones se manifestó por una menor expresión del carácter a medida que se aumentaba la dosis. Los días a floración fue el único carácter en que se aumentó su expresión a medida que aumentaba la dosis. De los resultados obtenidos se concluyó que la dosis de 21 Krads fue la que más afectó las características morfológicas y fisiológicas de la planta de maíz. Las características que tuvieron más detrimento fueron rendimiento, número de plantas, altura de planta y mazorca.

I. INTRODUCCION

México, siendo un país en desarrollo con un gran porcentaje de su población dedicada a la agricultura, es aconsejable y necesario que sus cultivos más importantes se encuentren en un proceso continuo de mejoramiento genético con el fin de que expresen su máximo potencial en todas sus características de interés agronómico.

Nuestro país como productor y consumidor de maíz y a la vez ser éste básico en su alimentación principalmente de las clases con ingresos bajos como son los campesinos, los obreros y parte de la clase media, además por ser materia prima que consumen algunas industrias y la ganadería, tiene como objetivo primordial el de ser autosuficiente en este grano.

Los caminos para lograr este meta son varios, siendo el mejoramiento genético uno de ellos.

El mejoramiento genético es un proceso dirigido a reunir en un individuo o población de individuos caracteres hereditarios que tiendan a obtener:

- Un mayor rendimiento agronómico
- Mejorar la calidad del producto
- Aumentar la seguridad de cosecha

El mejorador dispone, a saber, de tres fuentes de varia

ción para lograr estos fines, Favret (1970):

- a). Variación espontánea acumulada en el germoplasma actual y en la primera mitad de este siglo, la única o casi la única aprovechable.
- b). La presente en especies silvestres afines a las cultivadas, aprovechables si las barreras de aislamiento génico lo permiten.
- c). Inducción de mutaciones por medios artificiales. El mejorador al tratar de lograr sus objetivos imita con sus técnicas los mecanismos de evolución de las plantas, así a visto que si las mutaciones espontáneas (variación natural) han desempeñado un papel fundamental en dicha evolución, parece lógico considerar su inducción por medios artificiales como instrumento de selección.

El uso de mutaciones ha tenido poca trascendencia en México hasta el momento, esto es debido a que:

- 1). Muy pocos centros de investigación se dedican a su inducción y además éstos se localizan en el Distrito Federal principalmente siendo inaccesibles a instituciones del interior del país.
- 2). Al hecho de ser considerado un método ciego, que lle

va a resultados imprevisibles.

Una nueva reinterpretación de las mutaciones medida más como un factor para analizar la actividad fisiológica de la planta, que a una mera selección de formas que difieren de lo normal, permitirá crear las condiciones necesarias para considerar la mutagénesis artificial como un método no solo auxiliar sino también necesario para el progreso genético de las plantas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Observar el efecto fisiológico que en diferentes materiales de maíz originan varias dosis de radiación en la semilla.

1.1.2. Probar si la radiación ocasiona el mismo efecto sobre cualquier tipo de material, sea híbrido, línea endogámica, variedad o polinización libre o sintético independientemente del sistema de mejoramiento a que hayan sido sometidos.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Las radiaciones a la semilla pueden producir alteraciones morfológicas y fisiológicas en la planta de maíz.

II. REVISION DE LITERATURA

La palabra "mutación" significa en sí un cambio, Vries (1901) las describió como cambios bruscos que afectan la herencia de las plantas y animales. De acuerdo a la teoría original de las mutaciones estos cambios son factores determinantes que provocan que en un momento dado un organismo este mejor adaptado al medio ambiente para resistir una condición desfavorable. Esta teoría aunque válida actualmente lleva algunas variantes, como el que cambios pequeños se consideran mutaciones y que de estos cambios puede depender mucho la adaptación de las plantas, Brauer (1978).

Stubbe citado por Brauer (1978), clasifica las mutaciones así:

1. Mutaciones genómicas
2. Mutaciones cromosomales
 - a). Cambios de estructura
 - Translocaciones
 - Inversiones
 - Duplicaciones
 - Deficiencias y deleciones
 - b). Cambios génicos
3. Mutaciones extranucleares

Las mutaciones en general son cambios heredables repen

tinios en un organismo, por los cuales la descendencia muestra una alteración en tamaño, forma o composición; o de otra manera, la mutación implica la presencia de un locus en el cual se puede haber efectuado un cambio o alteración, Elliot (1964).

La aplicación de radiaciones en maíz, comprende entre otras cosas estudios sobre la frecuencia de mutación de ciertos genes específicos, cambios fisiológicos y morfológicos así como la eficiencia de tipos y fuentes de radiación.

Las mutaciones están ocurriendo constantemente en la naturaleza pero también el hombre puede provocarlas por medios físicos y químicos, Guzmán (1954) menciona que las radiaciones ionizantes tienen efectos sobre la estructura y propiedades de los ácidos nucleicos y nucleoproteínas, produce también fenómenos tales como inhibición de mitosis o interfieren con el metabolismo de células y tejidos y con los sistemas enzimáticos.

La inducción de mutaciones para inducir variación se apoya en el apunte que hace de la Loma (1970), respecto a que los genes son relativamente estables y las mutaciones naturales ocurren rara vez. La gran mayoría de los genes sufren mutaciones en la relación de 1:100000 o 1:000000, pero como un organismo superior tiene un número de genes del orden de - 10,000 puede esperarse que un gameto de cada 10 o un gameto de cada 1,000 pueda llevar una mutación en alguno de sus ge

nes. La inducción de mutaciones con el fin de mejoramiento de los cultivos tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas: Se obtienen cambios en caracteres individuales sin alterar el resto del genotipo pudién dose obtener así una variedad estable, bien sea de tallos cortos, precocidad, altura de planta. Por otro lado promueve cambios poligénicos para el mejoramiento de características cuantitativas como el rendimiento.

Desventajas: La dirección y naturaleza de las variaciones inducidas son todavía muy extensas y al azar. Además la mayor parte de las mutaciones inducidas son negativas y se necesitan grandes poblaciones para la detección de mutaciones deseables.

Las mutaciones son comúnmente recesivas y asociadas con efectos deletéreos o letales según lo cita Brewbaker (1965).

Dobzhansky (1975), señala a las mutaciones como accidentales, aleatorias y carentes de orientación.

Chandraratan (1964), cita que la mejora genética por mutaciones parece ser especialmente útil para cambiar características que tienen herencia sencilla; Micke (1972) agrega que

estas características son fácilmente reconocibles por una simple inspección en una selección individual. Los resultados sobresalientes con este sistema han sido precocidad, altura de planta baja, resistencia al acame, etc. Actualmente se están desarrollando métodos de selección e inducción para características que no son fáciles de detectar tales como calidad protéica, adaptación y resistencia a enfermedades.

El término radiación se usa para describir cuantos electromagnéticos o fotones y radiación ionizante para fotones de alta energía, capaces de ionizar átomos y moléculas cuando interaccionan con la materia, Luján y Ramos (1976).

Los mismos autores señalan que el gamma ^{60}Co (1.25 MeV) es un tipo de radiación ionizante que al penetrar al material expuesto produce excitaciones e ionizaciones que inician reacciones químicas, estos cambios inducen alteraciones biológicas en los materiales agropecuarios.

El efecto neto producido por la radiación ionizante es principalmente función de la dosis o sea la cantidad de energía absorbida por unidad de masa del material absorbente.

La unidad con que se mide la dosis es el "rad" que corresponde o es igual, Reyes (1968), a la cantidad de rayos ionizantes absorbidos en un gramo de materia biológica y equivalente a 100 ergs (1 erg = 1 dina/cm o 10^7 joules).

En la práctica se usan múltiplos del rad como el Krad que equivale a 1,000 rads.

Ruiz (1973), cita que los efectos de las radiaciones ionizantes varían según la especie y la variedad dentro de una misma especie, nivel de poloploidía, estado de desarrollo ontogénico, características y condiciones físicas del material tratado.

Ozarov (1970), estudiando los efectos de las radiaciones en maíz, encontró que el crecimiento de la planta se estimuló a dosis bajas, a dosis promedio se abatió y a dosis altas los efectos fueron letales.

Trujillo (trabajo no publicado) aplicó dosis bajas de rayos gamma (0-5000 rads) a 6 variedades de maíz de la Mesa Central, y encontró estímulo en el carácter número de hojas de planta joven con 750 a 2500 rads, en altura de planta joven con 250 y 750 rads, y en velocidad y porcentaje de germinación con 250 y 2500 rads.

Bravo (1970), aplicó dosis de 500, 3500 y 5500 rads de rayos gamma de ^{60}Co , a semillas provenientes de 5 híbridos y 4 variedades mejoradas de maíz de clima cálido. El objetivo de este trabajo fue ver si las radiaciones producían efectos estimulantes en algunos caracteres. El autor encontró que el efecto de las radiaciones fue diferente según el genotipo y

el carácter en estudio, y en general detrimental.

Grad Pierre (1971), experimentó en sorgo aplicando radiaciones gamma a dosis de 1, 2, 3, 6 y 9 Krads a la semilla y reporta que a la dosis de 2 y 6 Krads se incrementó la longitud y el peso de la panoja, ocurriendo lo contrario a las dosis de 3 y 9 Krads.

Ruiz (1973), observó en trigo efectos estimulantes por la aplicación de radiaciones de ^{60}Co a las dosis de 5000 rads sobre los caracteres: número de tallos por metro cuadrado, espiguillas por tallo, peso de 100 gramos, altura de planta, precocidad y rendimiento; en cambio a dosis mayores observó lo contrario.

De Alba et al (1972) aplicando dosis de radiación gamma de 5, 10, 20 y 25 Krads a 4 variedades de sorgo reportan que la sobrevivencia y vigor de las plantas no se vieron afectadas a ninguna dosis, sin embargo la fertilidad genética resultó disminuida en proporción directa al incremento de la dosis aplicada, además señala que la respuesta de las 4 variedades a las diferentes dosis fue uniforme.

Estos mismos investigadores con el propósito de conocer los efectos de una amplia gama de irradiaciones (0-45 Krads, intervalos de 5) en trigo, en diferentes características fenotípicas tales como: altura de planta, granos por espiga,

espiguillas por espiga, días a madurez y supervivencia. Concluyeron que la dosis letal media DL-50 está entre 25-30 Krads y la DL-100 entre 35-40 Krads dosis arriba de 20 Krads son perjudiciales para todos los factores estudiados y finalmente dosis entre 5-15 Krads muestran estímulos para los factores estudiados con excepción de espiguillas por espiga.

Singleton (1969) aplicó radiaciones gamma de ^{60}Co en forma continua a granos de polen de maíz. El autor analizó la frecuencia de mutación de los caracteres endospermo R, Pr, S y Sh, y encontró que a medida que la dosis de radiación fue ron más fuertes, el incremento de la frecuencia de mutación fue mayor; este incremento resultó ser menor en el gene R, a pesar de que éste es el que muta con mayor frecuencia en forma espontánea en relación con los demás genes (Su, Sh y Pr).

Livera (comunicación personal), alude que hasta 1973 se contaba con un registro de 98 variedades mutantes liberadas de diferentes especies cultivadas, además de otras 47 especies ornamentales. De estas primeras, 85 se han obtenido por multiplicación directa del mutante y 13 se han obtenido a partir de hibridaciones donde éstos han intervenido. Del total 9 variedades mutantes se han obtenido con mutágenos químicos y 136 con físicos y se estima que para esa fecha se estaban cultivando entre 2 y 4 millones de hectáreas con esas variedades.

Agrega el mismo investigador que aunque los mayores lo gros se han obtenido en autógamas hay buenos resultados en aló gamas. En líneas de maíz que se les indujo mutaciones tuvie ron una gran variabilidad en la generación M_2 y subsiguientes; se obtuvieron cambios en la estructura de la espiga, de la hoja, del tallo y la calidad del endospermo, y en las cruza s con un probador superaron hasta en un 27-40% en rendimiento a los híbridos comerciales.

Cabrera (1970) irradió semillas de arroz a diferentes dosis (0-45 Krads) de radiaciones gamma ^{60}Co y a diferentes niveles de humedad (10-15%) al momento de la irradiación, con el objeto de estudiar el efecto sobre el acortamiento de la paja. Observó que a la dosis de 20 Krads ejerce un estímulo en rendimiento por metro cuadrado y a la dosis de 40-45 Krads inducen mayor frecuencia de mutaciones, además la radiosensi bilidad de las semillas fue mayor cuando contenía 10% de humedad. Por otro lado se obtuvieron mutantes de paja corta.

Navarro et al (1966) irradió la semilla de 4 variedades de maíz con dosis de 0, 3, 6, 9 y 12 Krads lo que encontraron -no menciona la dosis- fue que las plantas que amacollaron presentaron espiga pistilada.

En Brasil, Osorio (1960) seleccionó material provenien te de la irradiación de tres variedades de trigo con el obje tivo principal de reducir la altura de planta, este objetivo

no se logró pero algunos cruzamientos de estos mutantes pro
dujeron 15% más que la variedad original.

Fujii y Matsumura (1958) irradiaron con rayos gamma ^{60}Co
entre 100 y 200 semillas de dos variedades de maíz, aplicaron
dosis de 20, 40, 70 y 100 Krads, encontrando que la dosis le
tal media (DL-50) está en 40 Krads.

Ron (1977) irradió colecciones representativas de todas
las razas de maíz de México, la irradiación fue en un rango
entre 0-100 Krads con rayos gamma ^{60}Co .

Encontró que la clasificación de las razas en su respuesta
a las radiaciones guardan ciertos agrupamientos que concuerdan
con las relaciones de parentesco postuladas por Wellhausen.

Singleton (1955 en inducción de mutaciones en maíz irradi
ando el polen demostró que estas son más eficientes aplicando
una alta radiación en período corto de tiempo. El mejor
momento para irradiar el polen es en el período sensitivo, el
cual ocurre alrededor de la primera semana anterior a la li
beración del polen, definitivamente después de la meiosis, ya
que el polen es fácilmente destruido cuando la radiación se
aplica en el momento de la meiosis. Es conveniente verificar
la meiosis antes de poner las plantas en el campo de radiaci
ón.

Gardner (1961) realizó selección masal para rendimiento por 4 generaciones, a partir de semilla irradiada y sin irradiar de la variedad Hays Golden. La irradiación se efectuó con neutrones térmicos y se repitió el tratamiento en la segunda generación con dosis más bajas. El autor encontró que el rendimiento de las dos poblaciones seleccionadas fue superior al de la variedad original, siendo ligeramente mayor el de la población no irradiada.

Lonquist (1966) evaluó el rendimiento hasta el sexto ciclo de selección masal de las poblaciones de Gardner encontrando que las medias de rendimiento de las poblaciones seleccionadas no fueron diferentes estadísticamente.

En las poblaciones arriba mencionadas (variedad Hays Golden original y las dos poblaciones seleccionadas) Harris et al (1972) derivaron líneas S_1 al azar a partir del noveno ciclo de selección. Los autores evaluaron las líneas S_1 per se y en prueba de mestizos, encontraron que las líneas derivadas de las poblaciones seleccionadas fueron superiores en rendimiento a las líneas derivadas de la variedad original.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento, (CAEB)

El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental del Bajío (CAEB), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), que se encuentra ubicado en el km 6 de la carretera Celaya-San Miguel Allende, Gto. en las coordenadas $20^{\circ}31' N^{\circ}$ y $100^{\circ}49' W$ con una altitud de 1750 msnm, (Figura 1).

Según las cartas de climas de Detenal en el área del CAEB predomina el tipo de clima semi-cálido A(c) que según el sistema de clasificación de Koppen modificado por E. García en 1964 ha sido definido como el más cálido de los templados C (Figura 2); con temperatura media anual mayor de $18^{\circ}C$ y la más fría menor de $18^{\circ}C$, la precipitación media anual es de 600 mm (Figura 3).

Los suelos son del tipo vertisol, arcillosos de textura pesada, en el sitio del experimento el análisis indicó pH 7.0, 1.2% M.O., 0.118 nitrógeno total, 17.2 fósforo (ppm), 755 potasio (ppm).

3.2 Material genético

Para los fines del presente trabajo se utilizaron ma

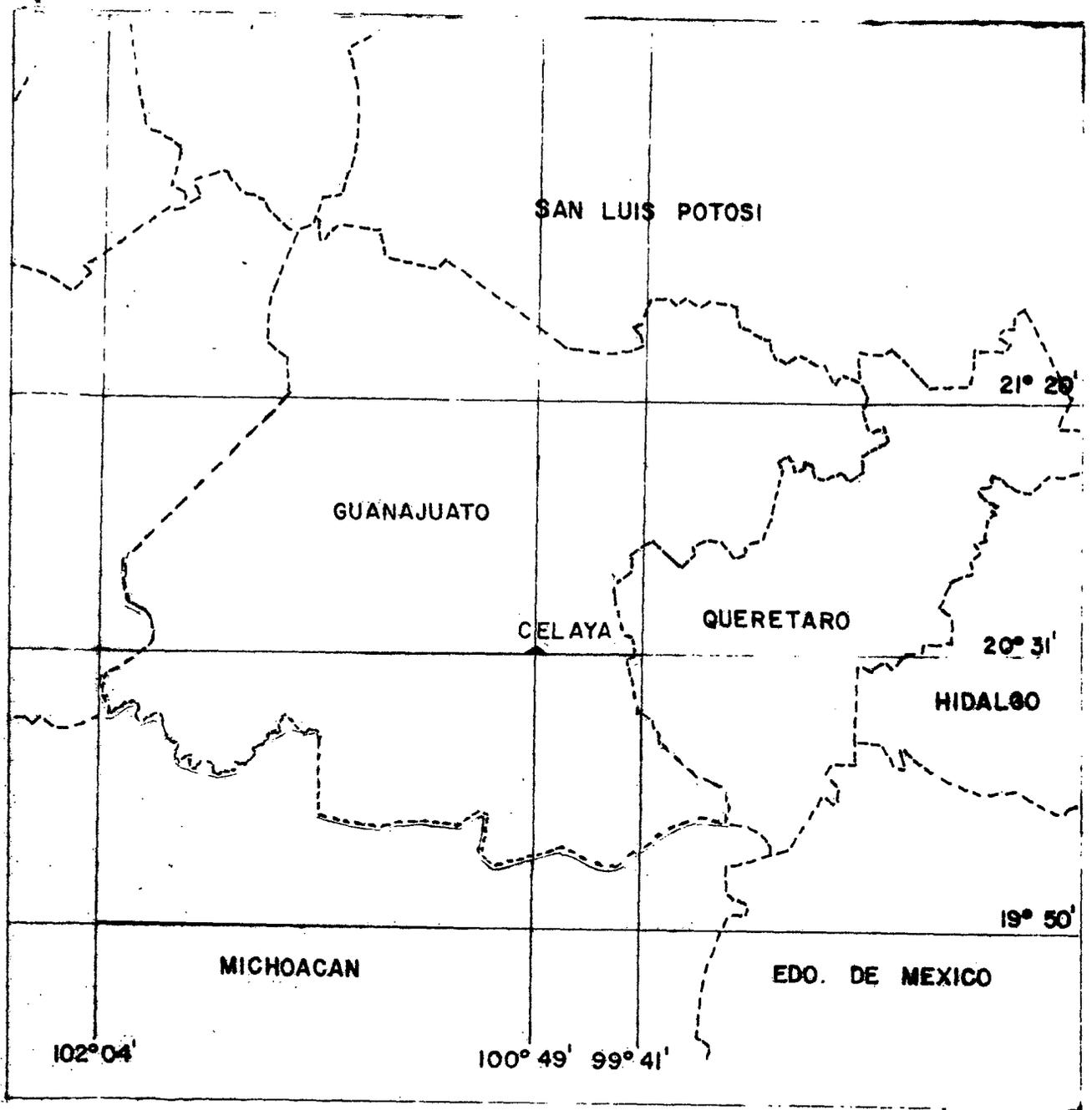


Figura 1. Localización del sitio experimental.

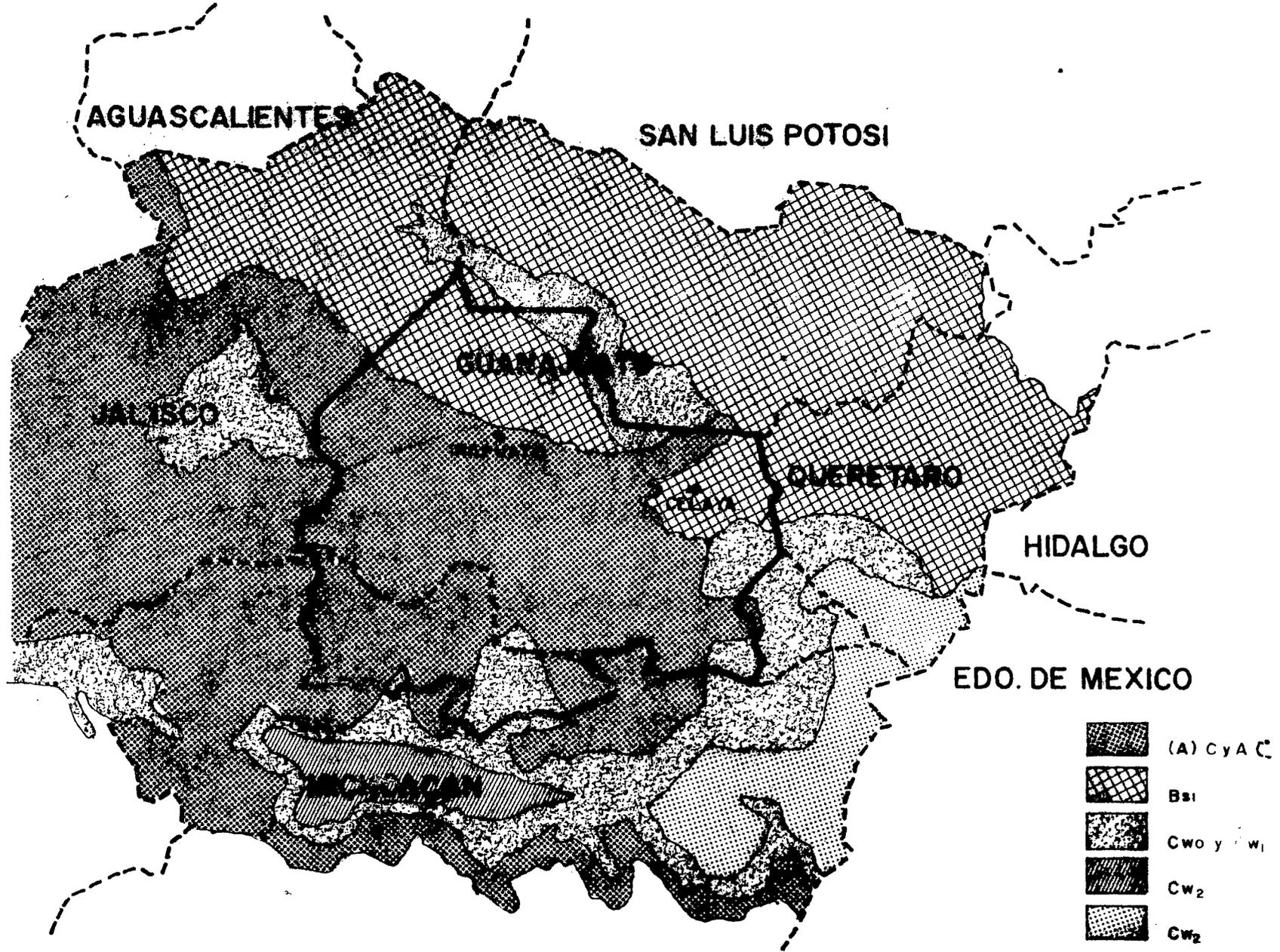


Figura 2. Climas en el área experimental. (DETENAL)

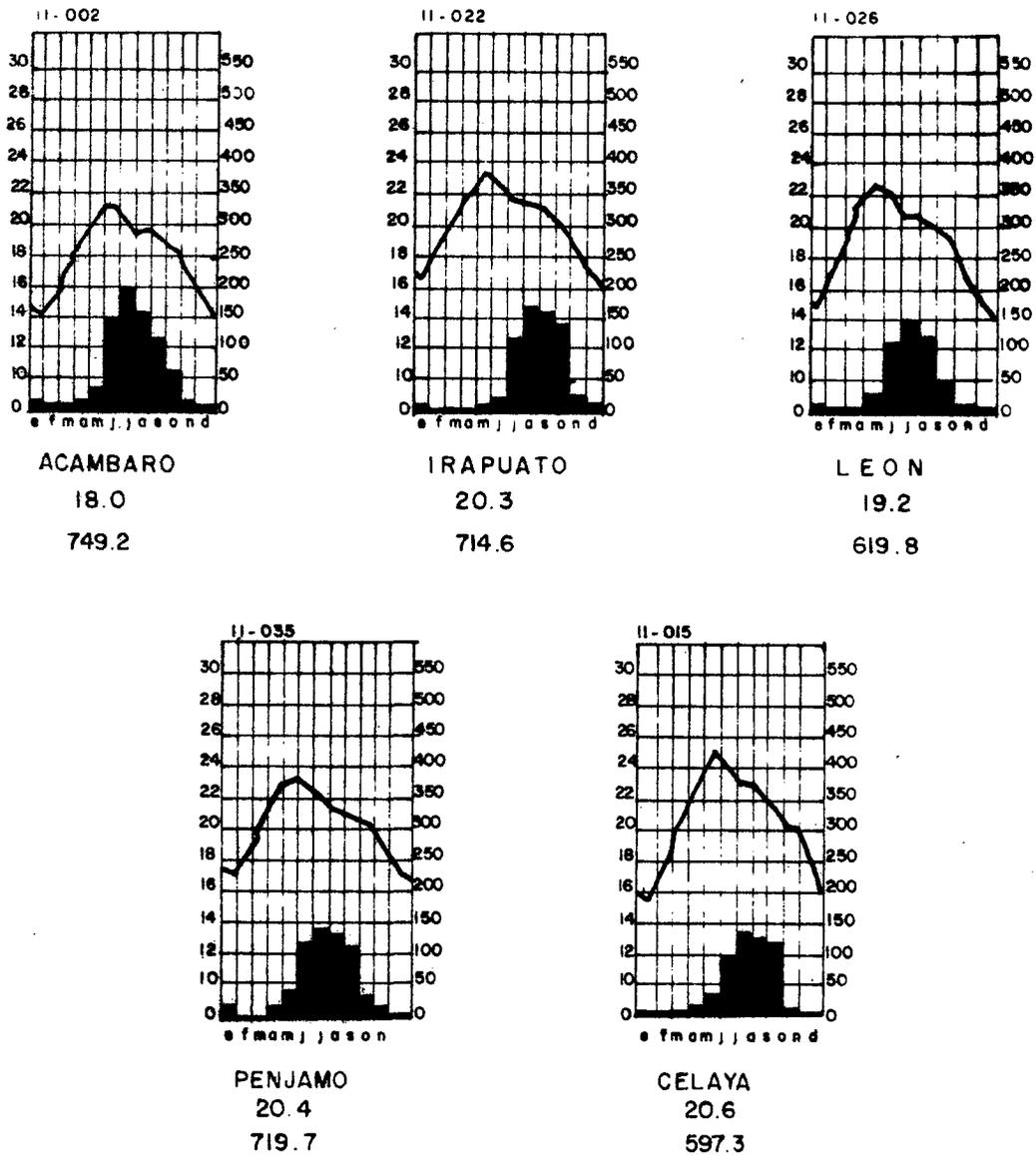


Figura 3. Precipitaciones y Temperaturas medias en algunos lugares de Guanajuato.

teriales que comprendieron: líneas endogámicas, variedades de polinización libre, sintéticos e híbridos, los cuales se anotan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. MATERIAL GENETICO UTILIZADO.

NUMERO	GENEALOGIA	ALT. PL. (cm)	DIAS A FLOR
1	C 123-2-1-8	250	87
2	C 123	290	86
3	C 243	265	85
4	C 243-2-2	240	88
5	C 90	240	84
6	C 110-1-5	180	83
7	VS-373	300	91
8	VS-201	200	63
9	VS-201 x (VS-373)F ₃	220	72
10	Criollo Ibarrilla	220	73

Los primeros 6 materiales son líneas intermedias con diferente grado de endogamia (desde S₁ hasta S₄), derivadas de materiales criollos tipo Celaya; que forman parte de híbridos tales como el H-230, H-309 y H-352.

El VS-373 es un sintético de 1 líneas liberado recientemente (1980), es de ciclo intermedio-tardío para riego o

buen temporal.

El VS-201 es un sintético precoz, se recomienda para zonas de temporal malo (menos de 450 mm anuales de lluvia) o para siembras retrasadas en zonas de temporal bueno o regular.

Por último el Criollo de Ibarilla es un criollo sobresaliente de Guanajuato actualmente sometido a mejoramiento.

3.3. Tipo de radiaciones

En este trabajo la fuente de radiación fue una pila de ^{60}Co (Gamma-Cell 200), que emitía rayos gamma, éstos son radiaciones electromagnéticas de longitud muy corta y por lo mismo muy penetrantes.

Las dosis de radiación se midieron usando como unidad el "rad", que es la cantidad de rayos ionizantes absorbidos en un gramo de materia biológica y equivale a 100 ergs.

Los valores de las dosis se identificaron como sigue, Cuadro 2.

CUADRO 2. VALORES DE LAS DOSIS

NUMERO	DOSIS
1	0 Krads*
2	7 "
3	14 "
4	21 "

* Krads = 1000 rads

3.3.1. Aplicación de las radiaciones

La radiación se aplicó a semillas, fue realizada en el INEN (Instituto Nacional de Energía Nuclear), que se localiza en la carretera México-Toluca.

La cantidad total de semillas (400) de cada uno de los materiales se dividió en 4 partes de 100 semillas cada una; 3 de ellas fueron sometidas a otros tantos tratamientos de dosis de radiaciones gamma, la otra parte no se trató con el objeto de usarla como testigo.

3.4. Tratamientos y diseño experimental

Teniendo 3 dosis y un testigo por material y por otro lado 10 variedades obtenemos un total de 40 tratamientos.

La semilla irradiada se sembró en el campo en un diseño de bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas, poniendo como parcela grande las dosis y como parcela chica las variedades, el experimento tuvo 4 repeticiones, Figura 4.

3.5. Conducción del experimento

El experimento se estableció de riego el 8 de Julio de 1980.

Las labores que se le hicieron al terreno antes de

sembrar fueron: barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

La parcela experimental usada fue de 4 surcos de 5.50 m de larga, con una separación entre surcos de 92 cm, con una densidad equivalente a 50,000 plantas por hectárea, se pusieron 26 matas por surco, sembrando dos semillas por mata para asegurar la población después se eliminaba una planta al asegurar su buen desarrollo, la distancia entre matas fue de 22 cm.

El control de malezas se realizó con aplicación preemergente de herbicida (Gesaprim-50), apoyado en el desarrollo del cultivo con un deshierbe mecánico y otro a mano.

Se fertilizó con la fórmula 180-40-00, aplicando a la siembra 100 unidades de nitrógeno y todo el fósforo; agregando el resto de nitrógeno en la segunda fertilización.

El experimento tuvo dos riegos, el primero a la siembra y el otro alrededor de 85 días después de la siembra, el resto de las necesidades de agua fueron cubiertas por la precipitación pluvial.

3.6. Datos de campo

Durante el desarrollo del cultivo, a la cosecha y después de la cosecha se tomaron datos de las siguientes variables

bles:

3.6.1. Número de plantas, (parcela total). Se hicieron tres conteos para cuantificar el daño causado a la germinación y al desarrollo normal del cultivo por la radiación, el primero se hizo a los 11 días de establecido el experimento, el segundo a los 36 y el tercero a la cosecha.

3.6.2. Días a la floración; se tomó cuando aproximadamente el 50% de las plantas de la parcela se encontraban en antésis.

Se muestrearon 10 plantas por parcela, en las cuales se tomaron los siguientes datos:

3.6.3. Altura de planta, se obtuvo un promedio de las lecturas, tomando la medida desde la base del tallo hasta la punta de la espiga.

3.6.4. Altura de mazorca, promedio de las lecturas tomando las medidas desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de mazorca principal.

3.6.5. Número de entrenudos abajo de la mazorca, promedio de las lecturas de 10 plantas de la parcela.

3.6.6. Longitud de mazorca, promedio de las lecturas, se me

día desde la base hasta la punta de la mazorca.

3.6.7. Diámetro de mazorca, promedio de las lecturas tomando la medida con vernier de la parte central de la mazorca.

3.6.8. Porcentaje de materia seca (% M.S.), se ajusta una muestra de 250 gramos de grano las cuales se colocan en un aparato especial que automáticamente da el porcentaje de humedad del grano, después se usa la conversión:

$$100\% - \% \text{ lectura del aparato} = \% \text{ M.S.}$$

3.6.9. Porcentaje de grano (% grano); se pesan 6 mazorcas, después se desgranán y se pesa el grano y se procede a hacer el siguiente cálculo:

$$\% \text{ grano} = \frac{\text{Peso de la muestra desgranada}}{\text{Peso de la muestra en mazorca}} \times 100$$

3.6.10. Peso húmedo de campo, corresponde al resto de las mazorcas cosechadas en la parcela útil (dos surcos centrales).

3.7. Análisis estadístico

Análisis de varianza (ANVA), su objetivo es separar de la variación total observada las diferentes causas o factores

tores de variación que influyen en el experimento y que afectan en distinto grado el efecto de los tratamientos, Reyes (1978).

Se hizo ANVA para cada una de las siguientes variables: rendimiento, primero, segundo y tercer conteo de número de plantas (análisis de cada uno), días a floración, altura de planta, altura de mazorca, número de entrenudos abajo de la mazorca, longitud de la mazorca y diámetro de la mazorca.

Comparación de medias, en esta prueba se usó Tukey, este método se emplea para hacer todas las comparaciones múltiples que son posibles con "n" tratamientos, el procedimiento consiste en calcular un valor teórico común o diferencia mínima significativa mediante la aplicación de la siguiente fórmula que menciona Robles (1978).

$$D = q \ S\bar{x}$$

donde:

D = Diferencia mínima significativa

$S\bar{x}$ = Error estandar de la media = $\frac{S^2}{r}$

S^2 = Varianza del error experimental

r = Número de repeticiones

q = Valor de tablas para la prueba de tukey

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de varianza

Con los datos tomados antes y después de la cosecha se procedió a realizar el análisis de varianza de cada una de las variables (apéndice); en el Cuadro 3 se presenta una concentración de los cuadrados medios de cada variable.

Para la variable rendimiento se puede apreciar que hay diferencia altamente significativa para dosis y para variedades y también hay diferencia significativa para la interacción dosis por variedad.

En el caso de número de plantas (tres conteos), no hubo significancia para repeticiones, habiendo por el contrario diferencias altamente significativas para dosis, variedades y la interacción dosis por variedad.

Para días a floración el análisis nos indica diferencias altamente significativas para dosis y variedades, diferencia significativa para la interacción dosis por variedad y no significancia para repeticiones.

Para las variables altura de planta y altura de mazorca encontramos diferencias altamente significativas para repeticiones, para dosis y para variedades; en la interacción

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS DE LAS VARIABLES.

FV	GL	CM REND.	CM V4	CM V6	CM V7	CM V8	CM V10	CM V11	CM V13	CM V14	CM V15
REP.	3	2416607.09 ^{NS}	383.32 ^{NS}	87.05 ^{NS}	3842.28**	1470.41**	679.47 ^{NS}	459.37 ^{NS}	1.45*	7.61 ^{NS}	0.23 ^{NS}
DOSIS	3	34355332.77**	14194.87**	534.60**	15183.87**	13017.15**	4490.54**	11427.83**	16.68**	27.45**	3.44**
ERROR a	9	783883.81	358.84	30.76	392.37	149.92	416.99	220.85	0.33	2.84	0.12
VARIEDADES	9	7618880.99**	2653.57**	1433.41**	13392.48**	7656.47**	1667.97**	3735.23**	30.23**	35.06**	2.26**
DOS. x VAR.	27	287597.58*	413.05*	9.55*	276.92 ^{NS}	158.87*	327.51**	428.69**	0.43 ^{NS}	2.69*	0.11 ^{NS}
ERROR b	108	176960.29	68.06	5.03	315.09	96.35	142.82	71.17	0.35	1.43	0.09

Rend = Rendimiento
 V4 = Número de plantas (3er. conteo)
 V6 = Días a floración
 V7 = Altura de planta (cm)
 V8 = Altura de mazorca (cm)
 V10 = Número de plantas (1er. conteo)
 V11 = Número de plantas (2do. conteo)
 V13 = Número de entrenudos abajo de la mazorca
 V14 = Longitud de mazorca (cm)
 V15 = Diámetro de mazorca

** = Altamente significativo
 * = Significativo
 NS = No hay significancia

dosis por variedad para altura de planta no hubo significancia y para altura de mazorca hubo diferencia significativa.

Para número de entrenudos abajo de la mazorca hubo diferencias altamente significativas para dosis y variedades no habiendo significancia para la interacción dosis por variedad.

En los casos de diámetro y longitud de la mazorca las respuestas fueron similares en el caso de variedades y dosis en que hubo diferencias altamente significativas, en la interacción dosis por variedad para longitud de mazorca hubo diferencia significativa y en diámetro de mazorca no hubo significancia.

4.2. Pruebas de medias

Después del análisis de varianza se procedió a efectuar las pruebas de medias correspondientes. Se usó Tukey y los agrupamientos que nos dió esta prueba se muestran en los Cuadros 4 y 5.

4.2.1. Pruebas de medias para variedades

Los materiales VS-373(7), Criollo Ibarilla(10), (VS-201 x VS-373) F_3 y la línea C-123-2-1-8(1) fueron los menos afectados por las dosis aplicadas en las variables considera

CUADRO 4. PRUEBAS DE COMPARACION DE MEDIAS MEDIDAS EN VARIEDADES.

VARIEDAD	RENDIMIENTO	VARIEDAD	NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	VARIEDAD	DIAS A FLOR
9	2701.10 a	1	80.56 a	7	95.50 a
10	2418.07 ab	9	70.93 ab	2	90.25 ab
1	2269.69 abc	3	71.31 ab	3	90.18 b
7	1874.59 abcd	7	71.18 ab	1	89.93 b
8	1792.28 abcd	8	70.25 ab	4	89.43 b
3	1552.32 bcde	10	63.50 ab	6	87.18 bc
2	1437.27 cde	5	60.31 b	5	83.56 c
5	1108.67 de	2	58.87 b	10	74.50 d
6	725.80 e	6	54.68 bc	9	72.62 d
4	620.83 e	4	37.93 c	8	66.62 e
VARIEDAD	ALT. PLANTA	VARIEDAD	ALT. MAZORCA	VARIEDAD	No. PLANTAS (1er conteo)
1	197.56 a	7	116.00 a	1	82.75 a
7	196.93 a	1	112.31 ab	8	80.43 a
9	191.50 ab	3	102.93 abc	3	80.00 a
3	183.06 ab	9	93.50 bcd	9	75.12 a
5	176.37 abc	2	82.00 cde	7	71.12 ab
10	158.62 abc	4	79.06 de	5	70.87 ab
2	157.50 abc	5	73.68 de	2	69.93 ab
4	152.37 bc	10	71.68 ef	6	68.81 ab
8	141.12 cd	8	60.06 ef	10	66.25 ab
6	106.00 d	6	49.75 f	4	46.81 b
VARIEDAD	NUMERO PLANTAS	VARIEDAD	No. ENTRENUDOS ABAJO MAZORCA	VARIEDAD	LONGITUD MAZORCA (cm)
9	81.93 a	7	9.87 a	2	15.12 a
1	81.81 a	1	9.62 ab	1	14.87 ab
3	76.25 ab	3	9.00 ab	7	14.87 ab
8	75.93 ab	2	8.37 bc	9	14.75 abc
7	74.87 ab	4	7.62 cd	10	13.56 abcd
5	65.18 ab	9	7.37 cde	5	12.18 bcd
10	65.12 ab	5	7.06 cdef	8	12.18 bcd
2	62.85 ab	10	6.81 def	3	12.12 cd
6	59.43 b	6	6.25 ef	4	11.68 d
4	38.68 c	8	5.93 f	6	11.62 d
VARIEDAD	DIAMETRO DE MAZORCA (cm)				
10	4.15 a				
8	4.10 a				
9	4.10 a				
7	3.72 ab				
1	3.68 ab				
2	3.68 ab				
3	3.58 ab				
5	3.45 b				
4	3.15 b				
6	3.08 b				

das, como lo observamos en el Cuadro 4 donde se ven los grupos formados por Tukey.

El caso contrario en que la radiación afectó de manera determinante las características agronómicas estudiadas lo tenemos en las líneas C-110-1-5(6) y la C-243-2-2(4).

En la variable número de plantas, todas las variedades perdieron parte de ellas a través de su desarrollo, pero se mantuvieron dentro de los mismos grupos en los 3 conteos realizados o sea que su respuesta a las dosis fue similar.

En altura de planta, altura de mazorca y número de entrenudos abajo de la mazorca la separación de medias formó varios grupos, esto fue debido además del efecto de las dosis a la diferencia genotípica que existe entre las variedades. Los materiales C-123-2-1-8, VS-373 y C-243 se mantuvieron en el grupo más sobresaliente en las tres variables.

En el caso de diámetro de mazorca el efecto de las dosis no fue determinante, la separación de medias formó solo 2 grupos, el caso contrario lo tenemos en la variable longitud de mazorca en la cual la respuesta de las variedades a las dosis influyó en su tamaño, se observa una leve tendencia a que a mayor longitud menos diámetro.

En rendimiento se formaron 5 grupos de comparación so

bresaliendo la variedad (VS-201 x VS-372) F_3 (9) con más rendimiento; en este primer grupo se encontraron además los materiales con mayor variabilidad con excepción de la C-123-2-1-8(1). El material de menor rendimiento fue la línea C-243-2-2(4).

4.2.2. Pruebas de medias para dosis

Las dosis 7 y 14 Krads en general tuvieron un efecto similar sobre las variables estudiadas.

La dosis de 21 Krads tuvo un efecto detrimental severo en todas las variables a excepción de la variable longitud de mazorca, todo esto con respecto a la variable 0 Krads.

CUADRO 5. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA 10 VARIABLES MEDIDAS EN DOSIS.

DOSIS	V	A	R	I	A	B	L	E	S
	REND.	V4	V6	V7					
0 Krads	2827.23 a	83.05 a	80.40 a	190.40 a					
7 Krads	1822.58 b	71.15 ab	82.32 a	168.25 b					
14 Krads	1368.65 b	66.27 b	84.27 a	162.75 b					
21 Krads	609.79 c	38.35 c	88.92 b	143.02 c					
	V8	V10	V11	V13					
0 Krads	106.35 a	85.22 a	85.05 a	8.57 a					
7 Krads	86.92 b	70.95 ab	72.90 b	7.87 b					
14 Krads	80.47 b	69.12 b	70.07 b	7.72 b					
21 Krads	62.65 c	59.55 b	44.80 c	7.00 c					
	V14	V15							
0 Krads	14.47 a	4.01 a							
7 Krads	13.20 b	3.70 ab							
14 Krads	12.97 b	3.67 b							
21 Krads	12.55 b	3.30 c							

Tukey (0.05)

- Rend = Rendimiento
- V4 = Número de plantas (3er. conteo)
- V6 = Días a floración
- V7 = Altura de planta (cm)
- V8 = Altura de mazorca (cm)
- V10 = Número de plantas (1er. conteo)
- V11 = Número de plantas (2do. conteo)
- V13 = Número de entrenudos abajo de la mazorca
- V14 = Longitud de mazorca (cm)
- V15 = Diámetro de mazorca (cm)

V. DISCUSION

5.1. Dosis

La alta significancia de las dosis en los tratamientos utilizados indica que los niveles de radiación aplicados fueron suficientes para producir efectos en los caracteres del material genético utilizado, de manera que al hacer la comparación de medias para dosis se obtuvieron grupos de dosis diferentes.

En la mayor parte de los casos el efecto de las radiaciones se manifestó por una menor expresión del carácter (variable) a medida que aumentaba la dosis; el único caso en que se tuvo un aumento constante de la expresión del carácter fue en la variable días a floración, pues a mayor dosis mayor número de días a floración, de acuerdo con Ron (1977).

5.2. Rendimiento

Las dosis empleadas tuvieron un efecto muy diferente en los genotipos ensayados y estos a su vez manifestaron un comportamiento que supone diferencias entre ellos. Los materiales que han estado sometidos a un más continuo proceso de mejoramiento como el VS-373(7), el Criollo de Ibarrilla(10), el VS-201(8) mantuvieron su potencial de rendimiento más constante que el grupo de líneas endogámicas con excepción de la C-

123-2-1-8. Hay que hacer notar que las líneas con más auto fecundaciones salvo la antes mencionada fueron las más perju dicadas.

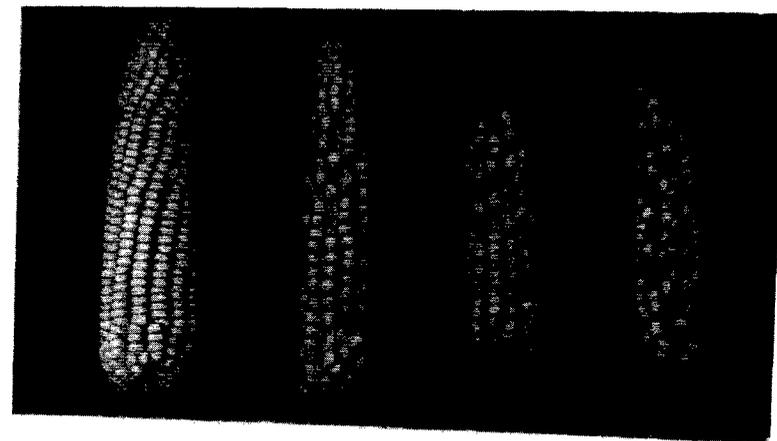
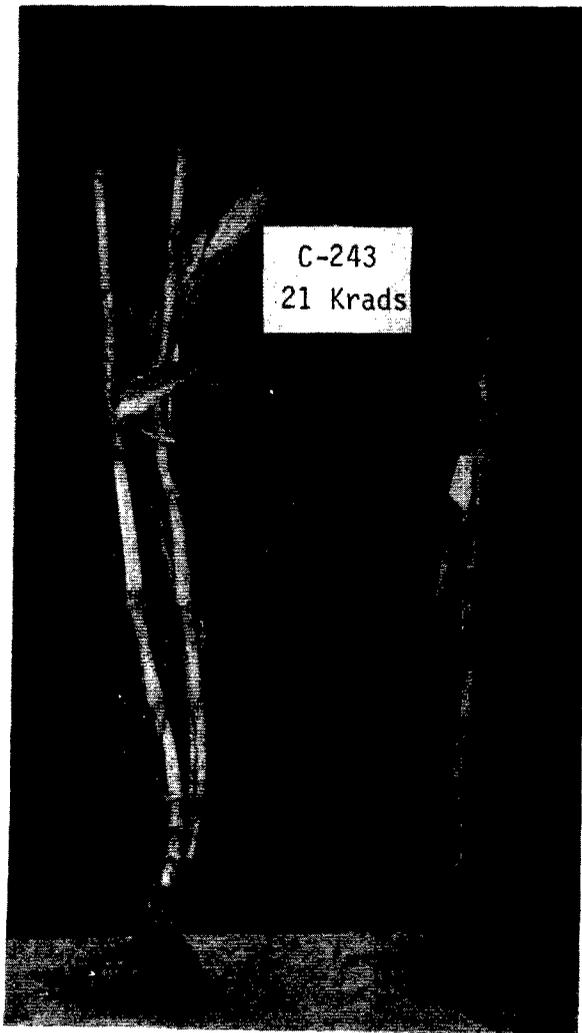
El material (criollo) de donde se derivó esta línea, fue un criollo que tenía una variabilidad muy alta, por lo que la línea aun con ser S_4 conserva mucho vigor.

El menor rendimiento de los materiales en las dosis 7, 14 y 21 Krads comparados con el testigo estuvo determinado prin cipalmente por cambios en los caracteres, número de plantas, altura de planta, longitud y diámetro de mazorca. (Cuadros 9, 10 y 11 (Apéndice)).

En el caso de altura de planta (Figura 7) ésta tuvo un decremento considerable, el cual se iba acentuando conforme se aumentaba la dosis, la longitud y diámetro de mazorca afecta ron al rendimiento más que nada por el hecho de formar poco grano (Figura 5) éste efecto se vió aumentado por las dosis altas.

Ichikawa (1975), cita que una dosis alta de radiación puede inhibir la fertilidad del polen y la formación de semi lla.

Todos los materiales tuvieron un decremento en su ren dimiento conforme se aumentaba la dosis. La dosis de 21 Krads fue la que tuvo el efecto más detrimental.



0 Krads 7 Krads 14 Krads 21 Krads

Figura 5. Efectos de las radiaciones en la formación de grano en VS-373.

Figura 6. Bifurcación de tallos en C-243

5.3. Número de plantas

Las diferentes dosis aplicadas tuvieron un efecto diferente en los materiales y el número de plantas durante su ciclo vegetativo fue variable ya que a medida que avanzaba éste, el número de plantas fue menor, observándose que hay un efecto letal a largo plazo. Cuadro 7 (Apéndice).

Los efectos de las radiaciones ionizantes muestran que a medida que se incrementa la dosis se produce un mayor daño a las estructuras embrionarias, traduciéndose esto, en una baja de viabilidad, Zurita (1975).

El porcentaje, velocidad de germinación y viabilidad de los materiales irradiados varía con la dosis y las variedades, un ejemplo se ve en el Cuadro 6.

CUADRO 6. PORCENTAJE DE PLANTAS EN LA LINEA C-123.

NUMERO	DOSIS	% DE PLANTAS (DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA)		
		11	36	COSECHA
1	0 Krads	87.5	88.4	86.5
2	7 "	79.8	83.6	82.6
3	14 "	80.7	82.6	82.6
4	21 "	68.2	59.6	56.7

El comportamiento del resto de los materiales tiende a seguir la tendencia del ejemplo en las dosis 0 Krads y 7 Krads, en la dosis 14 el número de plantas en el segundo conteo ya tiende a ser menor que en el primero. Para la dosis 21 Krads en todos los materiales el número de plantas en los 3 conteos siempre fue decreciendo. Cuadro 7 (Apéndice).

5.4. Días a floración

Los días a floración fueron afectados por las dosis y los materiales tuvieron respuesta diferente a las dosis lo que supone diferencias genotípicas entre ellos.

Los días a floración se alargaron en todos los materiales a medida que se aumentaba la dosis, este retardo en la floración fue más acentuado en los materiales más tardíos. Pare ce ser que la radiación provoca que la diferenciación celular sea más lenta en los meristemas, con un consiguiente retardo en el ciclo.

Los días a flor generalmente tienen una correlación alta con altura de planta y de mazorca, pero en plantas braquíficas se rompe esta correlación, por lo tanto parece ser que la verdadera correlación está entre días a flor y número de entrenudos, Cuadros 8, 9, 10 y 11 (Apéndice); ya que el mensaje genético de la variedad determina que la diferenciación ocurra cuando se haya formado la parte vegetativa y mientras

mayor sea la distancia en tiempo entre la nacencia y esta etapa mayor será el número de entrenudos, o sea que los materiales más tardíos tendrán más entrenudos que los precoces y ésta es la influencia que ejercen sobre días a flor. Cuadro 7 (Apéndice).

Habiendo esta relación es de suponer que el desarrollo de los entrenudos al aumentar la dosis se hizo más lento alargando el ciclo de la planta.

5.5. Altura de planta y de mazorca

Los efectos de las dosis fueron diferentes para las variables altura de planta y de mazorca, asimismo las variedades fueron afectadas de manera diferente por las dosis de radiación, lo que concuerda con Ruiz (1973) que cita que los efectos de las radiaciones varían según la especie y la variedad dentro de una misma especie. El análisis indica que las dosis no afectaron a los materiales en la altura de planta pero si hubo diferencia significativa en cuanto a altura de mazorca, pero aun así hubo un claro descenso en estos caracteres a medida que se aumentaba la dosis.

La altura de planta fue determinante en altura de mazorca en todas las dosis salvo en la de 21 Krads. Cuadros 8, 9, 10 y 11 (Apéndice).

Ozarov (1970) encontró que por los efectos de las radiaciones el crecimiento de la plántula de maíz se estimuló a dosis baja; a dosis promedio se abatió y a dosis altas los efectos fueron letales. Por otro lado aunque el análisis no captó diferencias en las interacciones, la comparación de medias para dosis separa diferencias en estos caracteres, (Cuadro 5).

Gaul, citado por Ichikawa (1975), asegura que a medida que se incrementa la dosis hay una parcial o completa inactividad de los meristemos y yemas axilares, ya que las celulas son afectadas total o parcialmente en su número, produciendo como consecuencia la muerte o un bajo y/o lento desarrollo.

La longitud entrenudos se redujo, reduciendo la altura de planta (Figura 7).

5.6. Número de entrenudos abajo de la mazorca

Encontramos que las variedades son diferentes entre sí y que las dosis afectaron de manera diferente a las variedades.

Por otro lado, las dosis no afectaron a las variedades en su número de entrenudos, lo que pasó fue que a dosis altas se acortó su longitud, (Figura 7).

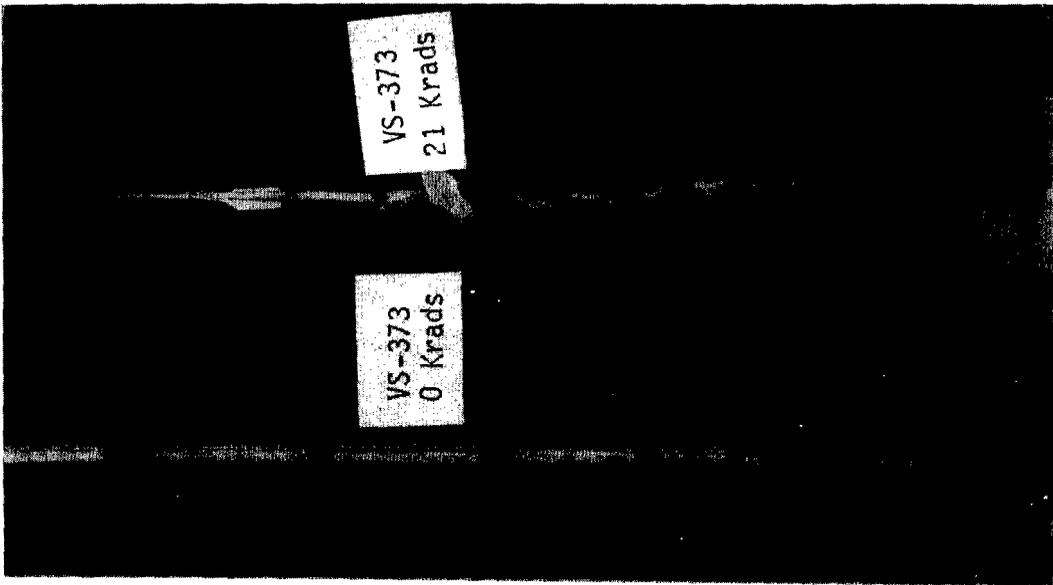


Figura 7 Acortamiento de los cromosomas por efecto de las radiaciones en VS-373 y VS-201.

5.7. Longitud y diámetro de la mazorca

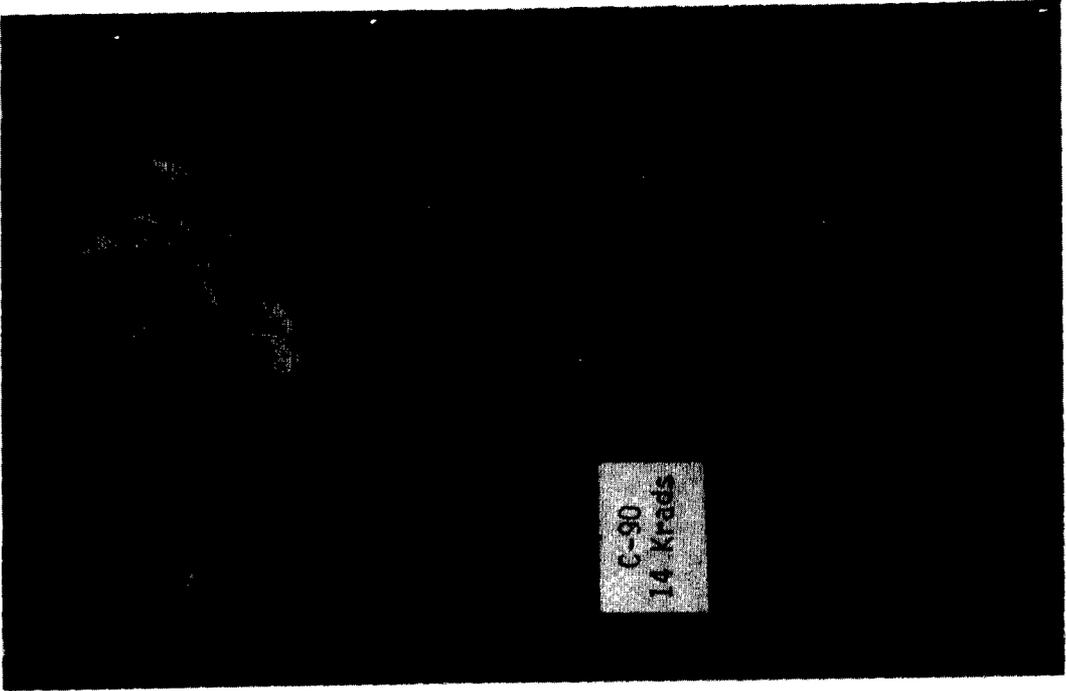
Aunque el análisis nos indica que hubo diferencias al tamente significativas para dosis en la variable longitud de mazorca la prueba de medias para dosis agrupa las dosis como iguales estadísticamente lo que significa que este carácter no es afectado por los cambios producidos por la radiación. En la interacción dosis por variedad las variedades fueron afec tadas por las dosis, esto es debido a las diferencias genotí picas que hay entre ellas.

El diámetro de mazorca no fue afectado por las radia ciones.

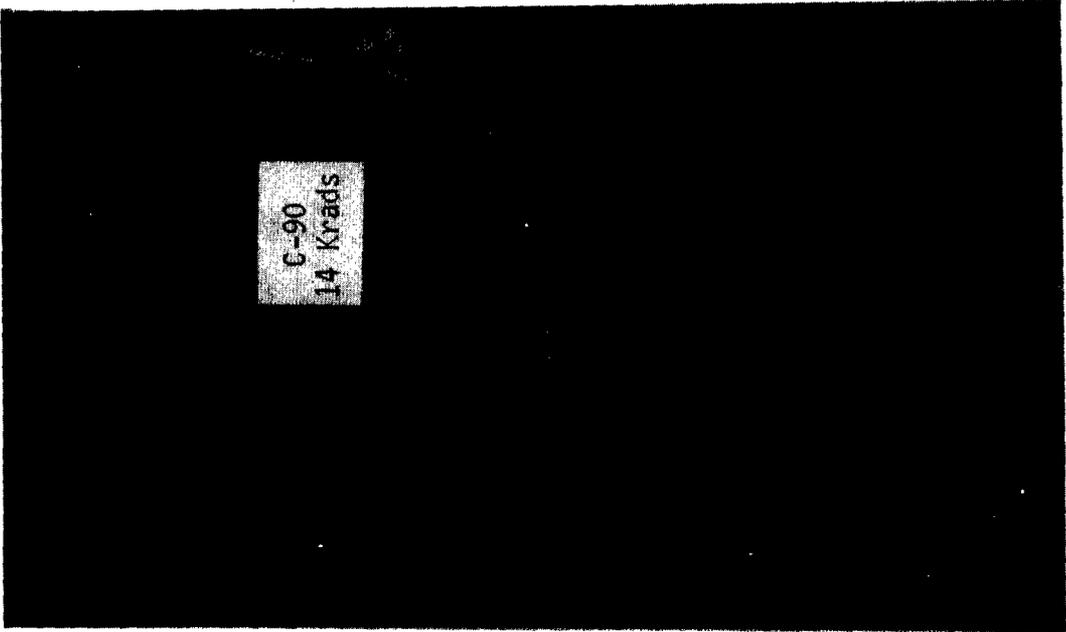
5.8. Alteraciones morfológicas

En la Figura 8 se observa una alteración morfológica que consiste en una bifurcación del tallo en este caso la carac terística propició la producción de tres mazorcas. Por ser detectado este mutante fuera de tiempo no se pudo intentar fi jar la característica.

Además en la Figura 6 se observa un tallo bifurcado en el 2do. entrenudo.



C-90
14 Krads



C-90
14 Krads

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación nos llevan a concluir lo siguiente:

Se comprobó la hipótesis de que las radiaciones pueden producir alteraciones bien sea en la forma o la estructura así también como cambios fisiológicos en la planta de maíz.

El rendimiento se vió afectado por las radiaciones, a medida que aumentaba la dosis éste abatía en todos los materiales sin excepción, siendo más notorio en las líneas C-243-2-2, C-90 y C-110-1-5.

Los materiales que tienen más variabilidad, como los sintéticos y las variedades de polinización libre fueron los menos afectados en la mayoría de las características medidas.

Los días a floración tendieron a alargarse en todos los materiales conforme se iba aumentando la dosis.

La altura de planta se redujo al aumentarse las dosis, esto da oportunidad de identificar en un futuro la dosis en que logremos disminuir la altura de planta sin alterar las otras características de una variedad.

La radiación afectó la velocidad de emergencia de Las

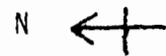
plantas, pues en algunos casos las plantas tardaron en emerger más de 11 días, cuando lo normal en esas condiciones de siembra y en ese tiempo es entre 6-8 días y además algunas malformaciones influyeron determinadamente en la muerte de algunas plantas antes de llegar a cosecha.

El número de entrenudos abajo de la mazorca no se vió afectado por la radiación sino que solo se acortó su longitud.

Respecto a la formación de grano parece que hubo una afectación en los estigmas o en la fertilidad del polen que impidió la formación de grano.

La dosis de 21 Krads fue la que más afectó las características morfológicas y fisiológicas de la planta de maíz.

Los datos recabados de este trabajo son producto de un solo año y de un estudio muy general del efecto de la radiación, este estudio puede servir como punto de partida para futuras investigaciones sobre caracteres específicos en maíz.



BORDO (híbrido estéril)																													
PG 3 (14 kr*)					PG 4 (21 kr)					PG 1 (0 kr)					PG 2 (7 kr)														
PCH 7	PCH 1	PCH 3	PCH 6	PCH 9	PCH 2	PCH 5	PCH 10	PCH 4	PCH 6	PCH 1	PCH 2	PCH 8	PCH 4	PCH 10	PCH 7	PCH 5	PCH 8	PCH 10	PCH 4	PCH 6	PCH 1	PCH 2	PCH 8	PCH 4	PCH 10				
BORDO (híbrido estéril)																													
PG 4 (21 kr)					PG 1 (0 kr)					PG 3 (14 kr)					PG 2 (7 kr)														
PCH 6	PCH 8	PCH 9	PCH 2	PCH 10	PCH 1	PCH 5	PCH 10	PCH 4	PCH 6	PCH 1	PCH 2	PCH 8	PCH 4	PCH 10	PCH 7	PCH 5	PCH 8	PCH 10	PCH 4	PCH 6	PCH 1	PCH 2	PCH 8	PCH 4	PCH 10				
PG 3 (14 kr)					PG 4 (21 kr)					PG 2 (7 kr)					PG 1 (0 kr)														
PCH 1	PCH 6	PCH 3	PCH 7	PCH 10	PCH 5	PCH 6	PCH 8	PCH 10	PCH 4	PCH 6	PCH 1	PCH 2	PCH 8	PCH 4	PCH 10	PCH 7	PCH 5	PCH 8	PCH 10	PCH 4	PCH 6	PCH 1	PCH 2	PCH 8	PCH 4	PCH 10			
BORDO (híbrido estéril)																													
PG 1 (0 kr)					PG 4 (21 kr)					PG 3 (14 kr)					PG 2 (7 kr)														
PCH 7	PCH 5	PCH 10	PCH 2	PCH 3	PCH 8	PCH 1	PCH 2	PCH 5	PCH 9	PCH 4	PCH 10	PCH 7	PCH 5	PCH 8	PCH 1	PCH 2	PCH 5	PCH 9	PCH 4	PCH 10	PCH 7	PCH 5	PCH 8	PCH 1	PCH 2	PCH 5	PCH 9	PCH 4	PCH 10
BORDO (híbrido estéril)																													

IV
III
II
I

Figura 4. Distribución en el campo del experimento.

CUADRO 7. MEDIAS POR PCH y PG DE TODAS LAS VARIABLES.

PCH	PG	REND	V4	V6	V7	V8	V10	V11	V13	V14	V15
1	0	3412	90	87	219	127	91	92	10.0	16.5	4.0
2	0	2939	79	86	192	111	82	83	9.0	17.0	4.1
3	0	2842	87	85	213	135	92	89	9.0	13.2	3.8
4	0	1528	91	86	167	99	86	90	8.0	11.5	3.2
5	0	2487	80	79	201	103	85	81	8.0	14.0	4.1
6	0	1864	72	82	139	75	78	74	7.0	13.5	3.5
7	0	2776	89	91	226	141	91	91	11.0	15.0	3.9
8	0	3109	82	63	163	77	89	88	7.0	13.5	4.6
9	0	3887	84	72	208	108	83	86	8.0	16.2	4.4
10	0	3428	75	73	175	86	75	75	7.5	14.5	4.2
1	7	2641	86	87	200	116	83	87	10.0	14.5	3.8
2	7	1446	64	88	157	84	73	65	8.0	14.7	3.7
3	7	1778	81	87	186	104	83	82	9.0	12.2	3.7
4	7	425	27	88	154	77	55	29	7.0	12.5	3.2
5	7	1138	73	80	169	76	67	79	7.0	12.2	3.4
6	7	846	70	85	107	52	69	71	6.0	12.0	2.9
7	7	2286	76	94	205	120	61	78	10.0	14.7	3.6
8	7	1950	77	67	143	63	73	79	6.2	11.5	4.0
9	7	2889	85	71	199	99	77	86	8.0	15.0	4.1
10	7	2825	71	73	162	75	68	72	7.0	12.7	4.2
1	14	1979	86	89	202	120	84	86	9.0	14.5	3.5
2	14	950	61	92	146	72	71	66	8.0	14.7	3.4
3	14	1209	74	93	178	101	81	82	9.0	11.0	3.5
4	14	381	23	89	155	81	25	23	8.0	13.0	3.4
5	14	603	61	83	159	60	75	63	6.0	11.7	3.3
6	14	423	62	88	102	44	73	71	6.0	11.7	3.2
7	14	1522	72	97	195	113	67	77	10.0	15.0	3.9
8	14	1533	74	65	134	53	82	80	6.0	11.5	4.0
9	14	2458	82	73	194	93	64	81	7.2	13.2	4.0
10	14	2628	67	74	160	68	69	70	6.5	13.2	4.3
1	21	1047	59	95	169	86	71	62	9.0	14.0	3.2
2	21	414	32	94	135	60	54	37	7.0	14.2	3.4
3	21	380	43	96	155	72	63	51	8.0	12.0	3.2
4	21	148	11	95	132	59	22	12	7.0	9.7	2.7
5	21	207	26	92	176	55	57	37	7.0	10.7	2.9
6	21	50	14	93	75	28	56	21	5.0	9.5	2.5
7	21	913	48	99	162	90	62	53	9.0	14.7	3.4
8	21	576	47	71	125	47	77	57	5.0	12.2	3.7
9	21	1570	64	74	164	73	77	75	6.2	14.5	3.8
10	21	791	40	78	137	57	52	42	6.2	13.7	3.8

PCH = Variedad

PG = Dosis (Krad)

V4 = No. Plantas (3er. Conteo)

V6 = Días a flor

V7 = Altura planta

V8 = Altura mazorca

V10=No. Plantas (1er. Conteo)

V11=No. Plantas (2do. Conteo)

V13=No. Entrenudos abajo de la mazorca

V14=Longitud de mazorca (cm)

V15=Díametro de la mazorca (cm)

CUADRO 8. MATRIZ DE CORRELACIONES PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS CON LA DOSIS 0 Krads.

	RENDIMIENTO	NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	DIAS A FLORACION	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	NUMERO PLANTAS (1er. conteo)	NUMERO PLANTAS (2do. conteo)	No. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ	LONGITUD DE MAZORCA	DIAMETRO DE MAZORCA
RENDIMIENTO										
NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	.014									
DIAS A FLORACION	-.403	.079								
ALTURA DE PLANTA	.510	.614	.406							
ALTURA DE MAZORCA	.223	.030	.680	.914						
NUMERO PLANTAS (1er. conteo)	.037	.024	.298	.602	.678					
NUMERO PLANTAS (2do. conteo)	.118	.950	.290	.604	.666	.905				
No. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ	.181	.639	.738	.831	.925	.608	.626			
LONGITUD DE MAZORCA	.718	.070	.897	.512	.338	-.250	.035	.611		
DIAMETRO DE MAZORCA	-.077	-.201	-.710	.244	.100	.001	-.013	-.106	.536	

CUADRO 9. MATRIZ DE CORRELACIONES PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS CON LA DOSIS 7 Krads.

	RENDIMIENTO	NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	DIAS A FLORACION	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	NUMERO PLANTAS (1er. conteo)	NUMERO PLANTAS (2do. conteo)	No. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ	LONGITUD DE MAZORCA	DIAMETRO DE MAZORCA
RENDIMIENTO										
NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	.720									
DIAS A FLORACION	-.373	-.276								
ALTURA DE PLANTA	.635	.406	.183							
ALTURA DE MAZORCA	.537	.371	.447	.940						
NUMERO PLANTAS (1er. conteo)	.504	.758	-.212	.287	.304					
NUMERO PLANTAS (2do. conteo)	.691	.995	-.282	.408	.357	.730				
No. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ	.477	.377	.562	.860	.977	.336	.359			
LONGITUD DE MAZORCA	.506	.249	.304	.661	.709	.166	.222	.693		
DIAMETRO DE MAZORCA	.860	.495	-.583	.511	.333	.443	.473	.243	.313	

CUADRO 10. MATRIZ DE CORRELACIONES PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS CON LA DOSIS 14 Krads.

	RENDIMIENTO	NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	DIAS A FLORACION	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	NUMERO PLANTAS (1er. conteo)	NUMERO PLANTAS (2do. conteo)	No. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ	LONGITUD DE MAZORCA	DIAMETRO DE MAZORCA
RENDIMIENTO										
NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	.664									
DIAS A FLORACION	-.473	-.225								
ALTURA DE PLANTA	.541	.425	.155							
ALTURA DE MAZORCA	.388	.351	.465	.893						
NUMERO PLANTAS (1er. conteo)	.309	.847	-.155	.466	.298					
NUMERO PLANTAS (2do. conteo)	.571	.980	-.179	.294	.305	.898				
No. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ	.103	.125	.460	-.023	.900	-.084	-.388			
LONGITUD DE MAZORCA	.312	.097	.386	-.298	.551	-.161	.009	.582		
DIAMETRO DE MAZORCA	.848	.372	-.466	.368	.133	.086	.327	-.032	.180	

CUADRO 11. MATRIZ DE CORRELACIONES PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS CON LA DOSIS 21 Krads.

	RENDIMIENTO	NUMERO PLANTAS (3er. conteo)	DIAS A FLORACION	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	NUMERO PLANTAS (1er. conteo)	NUMERO PLANTAS (2do. conteo)	NO. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ	LONGITUD DE MAZORCA	DIAMETRO DE MAZORCA
RENDIMIENTO										
NUMERO PLANTAS (3er. conteo) .902										
DIAS A FLORACION	-.434	-.391								
ALTURA DE PLANTA	.519	.584	.083							
ALTURA DE MAZORCA	.643	.671	.278	-.235						
NUMERO PLANTAS (1er. conteo) .608	.608	.808	-.445	.259	.232					
NUMERO PLANTAS (2do. conteo) .863	.863	.982	-.440	.573	.588	.877				
No. ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ .251	.251	.330	.669	.607	.881	.202	.239			
LONGITUD DE MAZORCA	.817	.824	-.195	.520	.704	.534	.457	.428		
DIAMETRO DE MAZORCA	.742	.774	-.675	.376	.377	.561	.859	-.021	.809	

CUADRO 12. ANVA PARA RENDIMIENTO.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	7249821.28	2416607.09	3.08 ^{NS}	3.86	6.99
DOSIS	3	103065998.33	34355332.77	43.83**	3.86	6.99
ERROR a	9	7054954.34	783883.81			
VARIETADES	9	68569928.95	7618880.99	43.05**	1.97	2.59
DOS. x VAR.	27	7765134.76	287597.58	1.63*	1.60	1.94
ERROR b	108	19111711.87	176960.29			
TOTAL	159	212817549.57				

C.V. = 25.38
 Tukey (0.05) = 959.12

CUADRO 13. ANVA PARA NUMERO DE PLANTAS (3er. CONTEO).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	1149.96	383.32	1.07 ^{NS}	3.86	6.99
DOSIS	3	42584.61	14194.87	39.56**	3.86	6.99
ERROR a	9	3229.60	358.84			
VARIETADES	9	23072.18	2653.57	37.67**	1.97	2.59
DOS. x VAR.	27	11152.44	413.05	6.07*	1.60	1.94
ERROR b		7350.67	68.06			
TOTAL		88539.49				

C.V. = 12.74
 Tukey (0.05) = 18.80

CUADRO 14. ANVA PARA DIAS A FLORACION.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	261.16	87.05	3.83 ^{NS}	3.86	6.99
DOSIS	3	1063.81	534.60	17.38**	3.86	6.99
ERROR a	9	276.85	30.76			
VARIETADES	9	12900.75	1433.41	284.46**	1.97	2.59
DOS. x VAR.	27	258.11	9.55	1.90*	1.60	1.94
ERROR b	108	544.22	5.03			
TOTAL	159	15844.94				

C.V. = 2.67
 Tukey (0.05) = 5.11

CUADRO 15. ANVA PARA NUMERO DE PLANTAS (2do. CONTEO).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	1378.11	459.37	2.08 ^{NS}	3.86	6.99
DOSIS	3	34283.51	11427.83	51.74**	3.86	6.99
ERROR a	9	1987.65	220.85			
VARIETADES	9	24617.13	2735.23	38.43**	1.97	2.59
DOS. x VAR.	27	11574.79	428.69	6.02**	1.60	1.94
ERROR b	108	7686.97	71.17			
TOTAL	159	81528.19				

C.V. = 12.36
 Tukey (0.05) = 19.23

CUADRO 16. ANVA PARA NUMERO DE ENTRENUDOS ABAJO DE LA MZ.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	4.36	1.45	4.29*	3.86	6.99
DOSIS	3	50.06	16.68	49.15**	3.86	6.99
ERROR a	9	3.05	0.33			
VARIEDADES	9	272.13	30.23	84.11**	1.97	2.59
DOS. x VAR.	27	11.74	0.43	1.21 ^{NS}	1.60	1.94
ERROR b	108	38.82	0.35			
TOTAL	159	380.19				

C.V. = 7.69
 Tukey (0.05) = 1.34

CUADRO 17. ANVA PARA LONGITUD DE MAZORCA (cm)

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	22.85	7.61	2.68 ^{NS}	3.86	6.99
DOSIS	3	82.35	27.45	9.65**	3.86	6.99
ERROR a	9	25.60	2.84			
VARIEDADES	9	315.60	35.06	24.50**	1.97	2.59
DOS. x VAR.	27	72.65	2.69	1.88*	1.60	1.94
ERROR b	108	154.55	1.43			
TOTAL	159	673.60				

C.V. = 8.99
 Tukey (0.05) = 2.72

CUADRO 18. ANVA PARA ALTURA DE PLANTA.

FV	GL	SC	CM	FC	FT.	
					0.05	0.01
REP.	3	10446.86	3842.28	8.87**	3.86	6.99
DOSIS	3	45551.61	15183.87	38.70**	3.86	6.90
ERROR a	9	3531.40	392.37			
VARIETADES	9	120532.48	13392.48	42.50**	1.97	2.59
DOSIS x VAR.	27	7476.94	276.92	0.88 ^{NS}	1.60	1.94
ERROR b	108	34029.97	315.09			
TOTAL	159	221569.19				

C.V. = 10.68
 Tukey (0.05) = 40.47

CUADRO 19. ANVA PARA ALTURA DE MAZORCA.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	4411.25	1470.41	9.81**	3.86	6.99
DOSIS	3	39051.45	13017.15	86.63**	3.86	6.99
ERROR a	9	1349.30	149.92			
VARIETADES	9	68908.27	7656.47	79.46**	1.97	2.59
DOSIS x VAR.	27	4289.67	158.87	1.65*	1.60	1.94
ERROR b	108	10406.45	96.35			
TOTAL	159	128416.40				

C.V. = 11.67
 Tukey (0.05) = 22.38

CUADRO 20. ANVA PARA NUMERO DE PLANTAS (1er. CONTEO).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	2038.42	679.47	1.63 ^{NS}	3.86	6.99
DOSIS	3	13471.62	4490.54	10.77**	3.86	6.99
ERROR a	9	3752.92	416.99			
VARIETADES	9	15011.77	1667.97	11.68**	1.97	2.59
DOSIS x VAR.	27	8842.87	327.51	2.29**	1.60	1.94
ERROR b	108	15425.15	142.82			
TOTAL	159	58542.77				

C.V. = 16.78
 Tukey (0.05) = 27.24

CUADRO 21. ANVA PARA DIAMETRO DE MAZORCA.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
REP.	3	0.69	0.23	1.82 ^{NS}	3.86	6.99
DOSIS	3	10.34	3.44	27.29**	3.86	6.99
ERROR a	9	1.13	0.12			
VARIETADES	9	20.34	2.26	23.70**	1.07	2.59
DOSIS x VAR.	27	3.01	0.11	1.17 ^{NS}	1.60	1.94
ERROR b	108	10.30	0.09			
TOTAL	159	45.83				

C.V. = 8.40
 Tukey (0.05) = 0.684

BIBLIOGRAFIA

- Brewbaker, J.L. (1965). Agricultural Genetic Prentice; Hall. Inc. New Jersey. p. 110-121.
- Bravo, S.G. (1977). Efecto de las radiaciones ionizantes Cobalto 60 (dosis bajas) en maíz (*Zea mays*). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Brauer, O.H. (1978). Fitogenetica Aplicada. 3ra. ed. Ed. Limbusa. México. p. 313.
- CAEB (1979) Marco de Referencia y Enfoques de la Investigación en Maíz. INI, CIAB, CAEB, Gto.
- Cabrera, F.M. (1970). Efecto de radiaciones gamma en arróz (*Oriza sativa*); I Simposio Mexicano sobre Mutaciones. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Méx. p. 101.
- De la Loma, J.L. (1970). Historia, modalidades y utilización de las mutaciones; I Simposio Mexicano sobre Mutaciones. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Méx. p. 12-13.
- De Alba, G. et al (1972). Irradiación de semilla de sorgo (*Sorghum vulgare*) y de trigo (*Triticum vulgare*) con rayos gamma. ITESM. Monterrey, Méx.
- Dobzhansky, T. (1975). Genética del proceso evolutivo. México Extemporanea.
- Chandraratan, M.F. (1964). Mutations and their explotation in breeding; In genetics and breeding of race. London - Longmans. p. 315-327.
- Elliot, F.C. (1964). Citogenética y Mejoramiento de Plantas. Ed. Continental. México. Trand Antonio Marino.

- Favret, E.A. (1970). El mejoramiento de las plantas por in ducción de mutaciones en latinoamérica. Improving plant protein by nuclear techniques. International atomic energy agency. Viena. p. 53.
- Fujii, T. and Matsumura S. (1958). Radiosensitivity in plants. Determination of DL-50 in cultivated plants. Preliminary report. Genetics 33(12) p. 389-397.
- Gardner, C.O. (1961). An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. Crop. Sci. 1:241-245.
- Guzmán, B.E. (1954). The effect of X-rads on sistem of bio logical importance. Cap 5 Radiation Biology. M.C. Graw Hill. Co. Inc. NY, U.S.A.
- Grand Pierre, S.C. (1971). Efecto de la irradiación gamma ⁶⁰ Co sobre algunas características fenotípicas en sorgo de grano (*Sorghum vulgare* pers.) en condiciones de campo.- Tesis M.C. IITESM. Div. Ciencias Agropecuarias y Mariti mas. Monterrey, Méx.
- Harris, R.E., et al. (1972). Effects of mass selection and irradiation in corn measured by random S₁ lines and their testcrosses. Crop. Sci. 12:594-598.
- Ichikawa, S. (1975). Apuntes de mutagénesis. Colegio de Post graduados. Chapingo, Méx. p. 21.
- Luján, J.L. y Ramos, H.M. (1976). Tecnología de irradiación en estudios de mutagénesis. Memoria VI Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI.
- Lonquist, J.H. et al. (1966). Effect of mass selection and thermal Neutron Irradiation on genetic variances in va rienty of corn (*Zea mays* L.). Crop. Sci. 6:330-332.
- Micke, A.H. and Sigurbjornsson, B. (1972). Rice breeding - with induce mutations. Inc Rice Breeding IRRI. Los Baños laguna, Philippines. p. 573-580.

- Navarro, et al. (1966). Estudio de los efectos de diversas dosis de radiación gamma en semillas de maíz (*Zea mays*). Memoria del 2do. Congreso de SOMEFI. p. 190.
- Ozarov, Y.A. (1970). The effect of gamma irradiation of air dried corn on the growth and development of seedlings. 12 V AKAD Nauk. Turkm SSR. Ser. Biol. Nauk. 5:72-74.
- Osorio, E.A. (1972). Induced mutations and plant improvement. Ed. International Atomic Energy Agency. Viena. p. 435.
- Ron, P.J. (1977). Efecto de las radiaciones gamma ^{60}Co en las razas de maíz de México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, - Méx.
- Ruiz, Z.R. (1973). Efecto de radiaciones ionizantes ^{60}Co sobre el desarrollo vegetativo y características de rendimiento en tres variedades de trigo (*Triticum aestivum* spp) Bajío M-67, F-66 y 7 Cerros. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, - Méx.
- Reyes, D.J.N. (1968). Efecto de irradiación de gamma Co-60 en sorgo bajo condiciones de invernadero. Tesis M.C. - ITESM, México.
- Reyes, C.P. (1978). Diseño de experimentos agrícolas. Ed. Trillas. México. p. 96.
- Sigleton, W.R. (1955). Mutation breeding Proc. 10th Corn Res. Conf. pp. 33-40 Amer. Seed. Trade Assoc.
- Sigleton, W.R. (1969). Effect of continuous gamma radiation on mutation rate in maize. Genetics 36:575-576.
- Zurita, et al. (1975). Efecto de las radiaciones ionizantes Co-60 sobre el desarrollo vegetativo y características de rendimiento en variedades trigo (*Triticum aestivum* spp) Agrociencia No. 21, 1975. Chapingo, Méx. p. 55 y 59.