



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

EFFECTO DE LAS RADIACIONES IONIZANTES  
DE Co 60 EN 10 HIBRIDOS COMERCIALES  
DE SORGO. *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

Orientación Fitotécnica

PRESENTA

Ricardo Ernesto Preciado Ortíz

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal.

1981

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal., 1 de Agosto de 1981

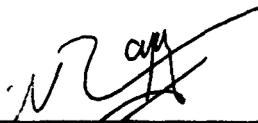
C. ING. M.C. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del Pasante RICARDO ERNESTO  
PRECIADO ORTIZ titulada:

" EFECTO DE LAS RADIACIONES IONIZANTES DE  $Co_{60}$  EN  
10 HIBRIDOS DE SORGO *Sorghum bicolor* (L.)  
MOENCH "

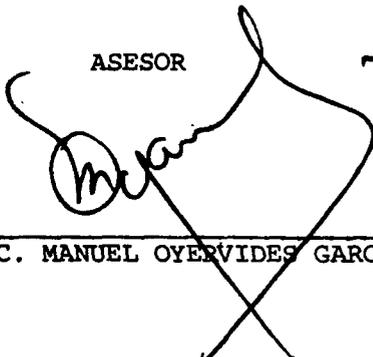
Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR



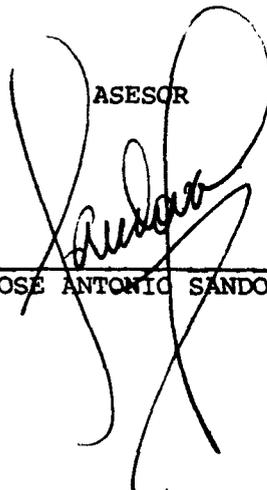
ING. M.C. RAYMUNDO VELASCO NUÑO

ASESOR



ING. M.C. MANUEL OYERVIDES GARCIA

ASESOR



ING. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

## AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara - por las enseñanzas adquiridas dentro de ella y por las facilidades para realizar el presente trabajo.

Al Ing. M.C. Enrique Romo Calderón por los consejos proporcionados, y atinada dirección de esta tesis.

A los maestros Ing. M.C. Raymundo Velasco Nuño, Ing. M.C. Manuel Oyervides García y Ing. José Antonio Sandoval Madrigal -- porque aparte de haber revisado el presente escrito contribuyeron grandemente en mi preparación profesional.

Al Doctor Rafael Trujillo Figueroa que por su medio se irradió el material de la presente investigación y además contribuyó con algunas experiencias para la realización de la misma.

A todos mis compañeros y amigos en especial a María Luisa Mendoza, Arturo Terron, Antonio Arregui, Sergio Vargas, Juan Galindo e Hipolito Venegas, que sin ellos no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A la señorita Esperanza Jiménez Salomón por la paciencia en la realización del trabajo mecanográfico.

# DEDICATORIA

**En memoria de mi padre**

Cuya tenaz perseverancia  
me guiará por la vida

**A mi madre con cariño**

**A mis hermanos con afecto**

**A mis Abuelos con respeto**

**A mis Compañeros y Amigos**

# I N D I C E

	PÁG.
LISTA DE CUADROS . . . . .	V
LISTA DE FIGURAS . . . . .	VII
<b>I.- I N T R O D U C C I O N . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>O B J E T I V O S . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>II.- REVISION DE LITERATURA . . . . .</b>	<b>5</b>
2.1.- DEFINICIÓN DE MUTACIONES . . . . .	5
2.2.- TIPOS DE MUTACIONES . . . . .	6
2.3.- ANTECEDENTES SOBRE MUTACIONES COMO MÉTODO DE - MEJORAMIENTO GENÉTICO. . . . .	8
2.4.- RADIACIONES . . . . .	14
2.5.- RADIOSENSIBILIDAD. . . . .	15
2.6.- VARIABILIDAD . . . . .	18
<b>III.- MATERIALES Y METODOS . . . . .</b>	<b>24</b>
3.1.- ÁREA DE ESTUDIO . . . . .	24
3.2.- MATERIALES . . . . .	24
3.2.1.- MATERIAL GENÉTICO. . . . .	24
3.2.2.- DOSIS DE RADIACIÓN . . . . .	25
3.3.- SIEMBRA Y LABORES DE CULTIVO . . . . .	26
3.4.- TOMA DE DATOS. . . . .	27

	PÁG.
3.5.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO . . . . .	28
3.6.- MODELO ESTADÍSTICO . . . . .	28
<b>IV.- RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .</b>	<b>31</b>
4.1.- RENDIMIENTO . . . . .	31
4.2.- ALTURA DE PLANTULA . . . . .	39
4.3.- DÍAS A FLORACIÓN . . . . .	42
4.4.- ALTURA DE PLANTA . . . . .	44
4.5.- TAMAÑO DE PANOJA . . . . .	49
4.6.- EXCERSIÓN . . . . .	52
<b>V.- CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>55</b>
<b>VI.- BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>57</b>

## LISTA DE CUADROS

	PAG.
<b>CUADRO 1.</b> - ANALISIS DE VARIANZA DEL DISEÑO EN PARCELAS DIVIDIDAS CON BLOQUES A AZAR Y ESPERANZA DE LOS CUADROS MEDIOS UTILIZADO PARA ESTIMAR LOS COMPONENTES DE VARIANZA . . . . .	30
<b>CUADRO 2.</b> - ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO	32
<b>CUADRO 3.</b> - PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE RENDIMIENTO DE LAS VARIETADES ESTUDIADAS. . . . .	34
<b>CUADRO 4.</b> - PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE RENDIMIENTO CON -- RESPECTO A LAS DOSIS DE IRRADIACION? . . . . .	35
<b>CUADRO 5.</b> - PORCIENTO DE RENDIMIENTO EN LA GENERACION M1 DES PUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA DE ( Co 60 ), EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO ( <i>Sorghum Bicolor</i> (L). MOENCH ), EN RELACION AL TESTIGO . . . . .	38
<b>CUADRO 6.</b> - ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE -- PLANTULA . . . . .	40
<b>CUADRO 7.</b> - ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DIAS A FLORACION. . . . .	43
<b>CUADRO 8.</b> - PRUEBA DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DIAS A FLORACION- RESPECTO A LA MEDIA DE LAS VARIETADES . . . . .	45

<b>CUADRO 9.-</b> PRUEBA DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DIAS A FLORACION RESPECTO A LA MEDIA DE LAS DOSIS DE IRRADIACION .	46
<b>CUADRO 10-</b> ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE - PLANTA. . . . .	48
<b>CUADRO 11-</b> ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TAMAÑO DE - PANOJA. . . . .	51
<b>CUADRO 12-</b> PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TAMAÑO DE PANOJA EN CADA UNA DE LAS VARIEDADES ESTUDIADAS . . . . .	53
<b>CUADRO 13-</b> ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EXCERSION . .	54

## LISTA DE FIGURAS

PAG.

- GRAFICA 1.-** RENDIMIENTO MEDIO EN KG/HA EN LA GENERACION M1 DES-  
PUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA ( Co.60 )  
EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO (*Sorghum Bicolor* (L) MOENCH) 36
- GRAFICA 2.-** RENDIMIENTO MEDIO EN KG/HA EN LA GENERACION M1 DES -  
PUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA (Co 60 )-  
EN DOS HIBRIDOS DE SORGO ( *Sorghum Bicolor* (L) MOENCH) 37
- GRAFICA 3.-** MEDIA DE ALTURA DE PLANTULA EN CM. EN LA GENERACION-  
M1 DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA (Co.  
60 ), EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO (*Sorghum Bicolor* (L)  
MOENCH ). . . . . 41
- GRAFICA 4.-** MEDIA DE DIAS A FLORACION EN LA GENERACION M1 DESPUES  
DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA (Co.60). EN -  
DIEZ HIBRIDOS DE SORGO (*Sorghum Bicolor* (L) MOENCH ). 47
- GRAFICA 5.-** ALTURA MEDIA DE PLANTA EN CENTIMETROS EN LA GENERACION  
M1 DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA (Co.-  
60), EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO (*Sorghum Bicolor* (L) -  
MOENCH ). . . . . 50

## I N T R O D U C C I O N

El sorgo es uno de los cinco cereales más importantes del mundo. En Africa y Asia representa el alimento básico en la dieta de millones de personas que dependen de su cultivo para subsistir.

En México, el sorgo para grano ha adquirido gran importancia en los últimos años, llegando a ocupar en 1980 el tercer lugar en orden de importancia respecto a superficie cosechada, con 1,578,629 hectáreas, y el segundo en cuanto a producción, con 4'812,427 toneladas de grano. \* No obstante lo anterior, en los últimos años se han tenido que importar grandes cantidades de este grano para satisfacer la creciente demanda; así, en 1980 se importaron 2'255,028 toneladas, lo que representó para el país una fuga de divisas de 7,396 millones de pesos. \*\* Dicha cantidad se puede reducir, si se incrementan los rendimientos por unidad de superficie, ya sea mediante la obtención de híbridos o variedades más rendidores ó a través del mejoramiento de las prácticas de cultivo.

En 1978 Jalisco, uno de los principales estados productores de este grano, ocupó el segundo lugar en orden de importancia en cuanto a superficie cosechada y producción a nivel nacional con 229,875 ha y 961,952 ton, respectivamente.

---

\* NOTISARH, N° 3 MARZO 1981

\*\* COMERCIO EXTERIOR (31):3; MEXICO, MARZO 1981

Al introducirse el sorgo a México se introdujo también su tecnología de producción lo cual dió como resultado que actualmente el mercado de semillas certificadas dependa casi en su totalidad de compañías transnacionales. Así se sabe, -- que alrededor del 95 % de semilla certificada que se siembra en el país es producida por dichas compañías, lo que representa otra fuga de divisas de cerca de 700 millones de pesos anuales.

Por otro lado, en México el cultivo de sorgo es de reciente introducción, y por lo mismo, la variabilidad genética que existe en producto en parte de los programas de mejoramiento y en parte de la obtenida a partir de la colección mundial. Sin embargo la colección mundial por si misma, no se puede aprovechar directamente debido a que las características agrónomicas de los materiales que la constituyen son muy distantes del ideotipo comercial. Además, que con los materiales introducidos y con algunos avanzados debe establecerse un plan para inducir mutaciones. Ya que mediante este método se han logrado cambios favorables en genotipos desarrollados por el programa de mejoramiento de sorgo de la mesa central del país. **Carballo (1978).**

Tomando en cuenta la problemática anterior y tratando de contribuir en mayor o menor medida a su solución durante -- 1977, en la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara se inició un programa de mejoramiento genético de sorgo -

mediante la inducción de radiaciones ionizantes con Co 60 en diez híbridos comerciales de sorgo recomendados para la región con los objetivos siguientes:

## O B J E T I V O S

- 1) Detectar las dosis óptimas de radiación donde se induzcan el mayor número de mutaciones deseables o benéficas.
  
- 2) Observar que material genético es más sensible a las radiaciones.
  
- 3) Iniciar un programa de mejoramiento genético mediante la utilización de la variabilidad inducida y la esperada en la segregación de los mejores híbridos recomendados en la región.

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Definición de Mutaciones

**Watson** (1974) indica que normalmente los genes se copian exactamente durante la duplicación del cromosoma, y que raramente ocurren cambios (mutaciones) en los genes lo que da origen a formas alteradas. Señala también que la mayor parte de dichas mutaciones, pero no todas, funcionan menos bien que los alelos tipo silvestre.

**Dobzhansky** (1975) menciona que las mutaciones son sucesos accidentales, aleatorios y carentes de orientación. Señala también que se dice que es un accidente, puesto que la transmisión de la información hereditaria entraña normalmente un copiado exacto al duplicarse los cromosomas. También considera que las mutaciones carecen de orientación con respecto a las necesidades de adaptación de cada especie y se produce independientemente de su utilidad real o potencial. Asimismo, agrega que la genética clásica se consideraba la mutación como un fenómeno raro, y lo es, si solamente se toma en cuenta los cambios de los genes individuales; pero si se considera algún tipo en su totalidad, se advierte que las mutaciones son muy frecuentes.

**Allard** (1975), explica que la letra M se usa como término general para designar un tratamiento mutagénico . La generación, en la que se realiza el tratamiento se registra poniendo un número inmediatamente después de dicha letra, así se pueden tener M1, M2, M3; ... Mn tratamientos mutagenicos en determinadas generaciones .

**Brauer** (1976) define el término "mutación" como un cambio heredable en la constitución física y química de un organismo lo que produce variaciones en organismos sobre los cuales - puede actuar la selección. Señala también que cualquier gene puede mutar en cualquier momento, y que no se puede predecir - en que consistirá la mutación.

## 2.2 Tipos de Mutaciones

**De la Loma** (1954) afirma que las mutaciones genicas -- reaparecen tarde o temprano en los descendientes, y que existe la posibilidad de perpetuarlas sexualmente en estado homocigótico si se observan ciertas reglas, un tanto diferentes según las formas de reproducción de las plantas. Indica además que en el caso de las alógamas si el gene mutante es recesivo sus efectos pueden enmascarse por lo menos durante la primera generación, mientras que en las plantas autogamas la propagación de las mutaciones no es una empresa muy difícil, dado que lo único que se necesita es recoger la semilla del mutante y sembrarla en una parcela, de tal forma que si el mutante es homo-

cigótico, la progenie será de carácter uniforme, constituyendo una línea pura. Finalmente agrega, que las variaciones debidas a mutaciones germinales, sean genicas o cromosómicas son, a veces, muy pequeñas y hasta pasan inadvertidas sin un análisis detenido, o bien puede atribuirse erróneamente a fluctuaciones de tipo ecológico.

**Crow** (1959) y **Deering** (1962), citados por **Greulich** y **Adams** (1967), aluden que las mutaciones cromosómicas pueden dar lugar a mutaciones de genes en la generación siguiente, y que las rupturas y alteraciones de los cromosomas, así como las mutaciones genicas pueden ser inducidas mediante radiaciones ionizantes.

**Wilson** y **Loomis** (1968), plantean que las mutaciones pueden ser dominantes y recesivas, aunque el paso al estado recesivo podrá no manifestarse inmediatamente en los organismos diploides, y agrega que no es frecuente que las mutaciones provoquen un cambio importante en el fenotipo, puesto que con mayor frecuencia se producen cambios ligeros los cuales son difíciles de descubrir. Estos investigadores clasifican, además, las mutaciones como neutras, útiles y perjudiciales. Por último señala que las mutaciones útiles son lo suficientemente numerosas para el progreso evolutivo de la especie mediante selección.

**Trujillo** ( 1969 ) al trabajar con trigo encontró que después de un tratamiento mutagénico las mutaciones producidas permanecen mucho tiempo enmascaradas por los alelos dominantes duplicados. De sus resultados indica que, teóricamente una mutación recesiva en seis loci homólogos se espera cuando más temprano en la cuarta generación (M4).

**Gardner** ( 1972 ) menciona que las mutaciones pueden ser autosómicas ó ligadas al sexo, ó, somáticas o germinales, según los cromosomas y las células en las cuales ocurren.

**Trujillo** ( 1973 ), en su revisión de literatura, cita que los mutantes pueden clasificarse de acuerdo a su expresión fenotípica ( cambios anatómico.-morfológicos ), en mutantes grandes drásticos o macromutantes y en mutantes pequeñas o micromutantes ( los macromutantes se refieren a cambios cualitativos o discontinuos, mientras que los micromutantes a cambios en los caracteres cuantitativos o continuos ). Agrega además que esta clasificación se refiere solamente a la magnitud del cambio fenotípico pero no tiene nada que ver con la magnitud del cambio a nivel génico, cromosómico o genómico. Finalmente, menciona que los micromutantes son de gran utilidad en el mejoramiento de las plantas cultivadas ya que ~~caracteres~~ como rendimiento son de naturaleza cuantitativa.

### **2.3 Antecedentes Sobre Mutaciones Como Método de Mejoramiento Genético.**

**Morgan** (1911.), citado por **Dobzhansky** (1975), señala que los cambios debidos a mutaciones van desde unos que apenas pueden advertirse hasta otros que son tan drásticos que resultan letales, y que las mutaciones pequeñas pueden ser inadvertidas pero el efecto acumulativo de un gran número de ellas -- puede ir cambiando el comportamiento en la capacidad de adaptación de una variedad, y dotarla de algunos caracteres favorables.

**Karper** y **Quinby** (1964), citados por **Brauer** (1976), reportan que en 1885 se introdujo a los Estados Unidos una sola variedad de sorgo, de la cual se debieron derivar todas las demás a través de mutaciones.

**Poehlman** (1965) y **Quinby** y **Schertz** (1975), coinciden en que la aparición ocasional de mutaciones debidas a genes simples, generalmente recesivos, determinan grandes cambios en el aspecto físico de las plantas mutantes, y que este ha sido uno de los factores que más han contribuido a generar la variación que existe en el sorgo. Señalan además, que de esas plantas mutantes naturales se han podido obtener nuevas variedades de menor altura, de mayor precocidad, de semillas blancas, de endosperma céreo, resistentes a enfermedades y con otras características favorables.

**Polke** (1969) y un Anónimo en (1972), citados por **Lama** (1975), señalan que las mutaciones inducidas son un poderoso medio auxiliar, en el mejoramiento genético de plantas cultivadas, y que en muchas ocasiones el único, ya que se pueden originar mejoras específicas de las variedades sin afectar significativamente a sus demás características, aunado a que el tiempo necesario para lograr esta mejora específica es menor que si se recurriera a la hibridación.

**Allard** (1969), al referirse a las mutaciones desfavorables, menciona que estos superan a las favorables en una elevada proporción y que la mayoría de ellas son recesivas. Manifiesta también que para obtener y detectar las mejoras deseadas es necesario cultivar poblaciones numerosas en una segunda generación. Agrega, que la efectividad de la mejora por mutaciones morfológicas o fisiológicas favorables queda limitada por la eficiencia con que se puedan identificar dichos cambios. Con relación a esto, reporta que se han conseguido en muchas ocasiones mutaciones clorofílicas, posiblemente por que son fáciles de detectar en estado de plántula, y que probablemente por esta razón se han identificado constantemente alteraciones morfológicas notables, tales como mutantes con el carácter enano o gigante, inflorescencias de tamaño y forma diferente y similares. Indica también, que es común obtener tipos tempranos o tardíos; pero que las alteraciones fisiológicas con baja alterabilidad como tolerancia al frío y al calor, son muy raras.

Finalmente, concluye que los refinamientos en los métodos experimentales podrán facilitar la detección de caracteres que son menos fáciles de identificar en la actualidad.

**Kasture** (1969), citado por **Bustamante** (1971), observó que el área foliar, índice foliar y amacollamiento, mostraron un incremento significativo en la generación M2 de sorgos irradiados con Co60, mientras que el carácter de glumas púrpuras no se incrementó por estar asociado con la pérdida de espiguillas.

**Polke** (1969) al estudiar dos variedades de sorgo encontró mutantes para coloración roja de la hoja, enanismo y hojas arrugadas, mostrando estos mismos cambios la progenie de dichas variedades.

**Bustamante** (1971) indica que el uso de mutaciones inducidas es algo relativamente nuevo en el mejoramiento de plantas. Y que con esto se tiene un enorme potencial genético el cual hasta hace poco tiempo únicamente la naturaleza poseía como base fundamental para la evolución y la variabilidad natural mostrada. Enfatiza también que esto hace pensar en la importancia y la urgencia de estudiar diferentes medios eficientes para inducir mutaciones e investigar las bases sobre las que estas descansan, pero toda esta herramienta debe saberse utilizar para tratar de encontrar los mutágenos adecuados y -- sus efectos posteriores en las generaciones avanzadas.

**Ondarza** (1974), plantea, que las mutaciones o cambios del material genético, que a su vez corresponden a características fenotípicas, son fuente permanente de evolución en las especies Biológicas.

**Watson** (1974) menciona que hasta hace poco los mecanismos de mutagénesis eran completamente oscuros, pero que actualmente con el conocimiento de la estructura del DNA, como material genético primario, se puede desarrollar una hipótesis precisa acerca del mecanismo de acción de varios mutágenos.

**Allard** (1975) al hacer referencia a las formas de evolución de las plantas cultivadas considera que las principales causas de ésta son la variación Mendeliana, la hibridación interespecífica y la Poliploidía. El mismo autor indica que la diversidad Mendeliana surge básicamente de las mutaciones génicas las cuales son las piedras que simentan la evolución. Agrega que las recombinaciones mendelianas que resultan de la hibridación entre formas que llevan mutantes diferentes dan origen a una mayor diversidad entre los individuos, sobre los cuales pueden actuar la selección natural y artificial. Señala también que tanto la mutagénesis artificial como la natural son consideradas como dos procesos simultáneamente operativos. Por otra parte, el mismo autor indica que las consecuencias teóricas de un tratamiento mutagénico sobre caracteres cuantitativos son las siguientes:

- a. En la población tratada con un agente mutagénico, es posible lograr avances genéticos mediante selección.
- b. Los caracteres cuantitativos pueden ser fijados mediante endogamia la cual normalmente mostrarían heterosis cuando se hibridaran.
- c. Los caracteres cualitativos quedarían representados en familias mutantes independientes.

**Ichikawa** (1975) observó que cuando la irradiación se realizó en semillas, las plantas M1 son quiméricas debido a que los embriones irradiados estaban formados por varias células. Consecuentemente solamente una parte de las panículas de las plantas M1 fueron heterocigóticas para una mutación, en otras palabras cada una de las panículas de la misma planta M1 fue en muchos casos genotípicamente diferente de otras. Por tanto en caso de una mutación mendeliana recesiva la segregación de mutantes ( homocigotas recesivas ) en M2 se observa solamente en dichas panículas M1 heterocigotas. Aún en tales casos; sin embargo, las proporciones de la segregación de mutantes en progenies de panícula (M2) son usualmente menos del 15 % esperado. Este tipo de fenómeno ocurre principalmente debido a que cada espiga M1 es frecuentemente derivada de 20 o más células en el embrión irradiado, es entonces una quimera, y parcialmente a causa de la selección gamética contra gametos mutantes.

## 2.4 Radiaciones

**Muller** (1927) afirma que con el uso de radiaciones se puede obtener una serie de cambios en material genético que se considera estable. Lo anterior vino a proporcionar una herramienta más al genetista para el mejoramiento de cultivos.

**Gregory** (1955, 1956, 1961), citado por **Brauer** (1976), en una serie de trabajos realizados en cacahuete obtuvo un 15 % de incremento en rendimiento al inducir mutaciones. De manera general su método consistió en usar una población muy grande de plantas irradiadas, una cuidadosa clasificación de plantas con respecto a distintos caracteres que se habían hecho variar mediante la irradiación y selección solamente dentro de aquellos grupos de plantas clasificadas como "normales".

**Elliot** (1964) y **Sinnot et al.** (1961), citados por **Reyes** (1968), mencionan que de acuerdo a la manera de actuar de las radiaciones estas se clasifican en ionizantes y no ionizantes; siendo las ionizantes las de primordial interés para el fitomejorador. Indican además que todas las radiaciones clasificadas dentro del espectro de radiaciones ionizantes son eficaces para inducir mutaciones, independientemente de la longitud de onda y del origen de la radiación.

**Greulach** y **Adams** (1967) reportan que las radiaciones que con mayor frecuencia producen mutaciones en las plantas son

las de corta longitud de onda; entre estas los rayos X con una longitud de  $10^{-6}$  a  $10^{-9}$  cm, los gamma con una longitud de  $10^{-7}$  a  $10^{-10}$  cm, y los rayos cósmicos con una longitud de onda de  $10^{-10}$  a  $10^{-14}$  cm. Menciona también que debido a la dificultad de controlar los rayos cósmicos existen algunos -- problemas para inducir mutaciones.

**Reyes** (1968), define el rad como la unidad de medida de las radiaciones la cual puede ser medida como la cantidad de rayos ionizantes absorbidos en un gramo de materia biológica, y equivale mas o menos a 100 Ergs ( 1 Erg = 1 Dina/ cm ó  $10^7$  Joules ).

**Ramulu** (1970), citado por Lama en (1975), en estudios comparativos de efectividad de agentes mutagénicos en sorgo, encontró que las radiaciones son más efectivas que los mutágenos químicos, en la inducción de intercambios y otros recursos meióticos.

**Bustamante** (1971) después de analizar una serie de -- trabajos, resume lo siguiente: a) en la segunda generación de mutaciones (M2) se presenta una marcada recuperación de los caracteres afectados por la irradiación en la primera generación de Mutación (M1). b) el efecto de bajas dosis de irradiación se debe estudiar más para usarse como ayuda para aumentar mediante mejoramiento genético el carácter que se desea. c), en sorgo no se observó ningún efecto de las irradiaciones so --

bre el carácter peso de planta, no obstante. d) se observó que la fertilidad es afectada directamente por la irradiación, pero en la generación M2, esta característica se recupera y se normaliza perdiéndose así el efecto de la irradiación. Finalmente, este investigador agrega que la dosis óptima en el cultivo de sorgo es de 10,000 rads, la dosis de estímulo es de 2,000 a 6,000 rads, y la dosis letal media de 30,000 a 40,000 rads.

**De la Loma** (1973), **Natson** (1974) y **Ondarza** (1974), coinciden al indicar que algunos agentes mutágenos denominados físicos y químicos pueden ser fuente de nuevos agrótipos. Estos mutágenos incrementan la rapidez con que los genotipos pueden aislar genes mutantes deseables, ya que la frecuencia de mutaciones espontáneas es muy baja.

**Lama** (1975) menciona que el uso de radiaciones ionizantes en trabajos de mejoramiento de plantas, tiene por objeto la inducción y selección de mutantes favorables y deseables. Por otro lado, afirma que son numerosos los trabajos que reportan beneficios conseguidos mediante el uso de radiaciones ionizantes sobre las plantas cultivadas. También, agrega que algunos investigadores, principalmente Rusos, han señalado que las radiaciones, bajo ciertas condiciones, pueden originar un aumento de sustancias fisiológicamente activas, posiblemente por destrucción de sustancias inhibitoras. El discutido efecto estimulante puede ser atribuido a ese hecho.

Allard (1975), por su parte asegura que las radiaciones ionizantes de baja densidad como los rayos gamma y X tienen una tendencia menos pronunciada a producir alteraciones cromosómicas y una mayor tendencia a inducir mutaciones de punto.

## 2.5 Radiosensibilidad

Donini (1967), citado por Reyes (1968), en un experimento conducido con el objeto de determinar la relativa radiosensibilidad de cinco especies vegetales irradiadas con rayos gamma, concluye que el volumen nuclear y el volumen cromosómico juegan un papel muy importante en la determinación de la relativa radiosensibilidad.

Bustamante (1971) y Ichikawa (1975), encontraron que la radiosensibilidad difiere entre variedades, razas o tipos, estados de desarrollo, órganos, tejidos y condiciones ambientales. Lo anterior lo observaron bajo diferentes fuentes e intensidades de radiación, así como en el contenido de humedad de las semillas al momento de la irradiación.

Frumento (1972) expone que en la mayoría de los casos los efectos biológicos de las radiaciones se manifiestan en la célula a través de alteraciones bioquímicas, pero en algunos casos la alteración es producida en forma directa. Señala también que cuando el impacto de la irradiación se produce en los

cromosomas se provoca una alteración en cualquiera de las formas y que las manifestaciones celulares o generales pueden presentarse en forma tardía y ser reversibles o irreversibles. Por otro lado, cita la ley de Bergonie Tribondeau, que en forma un tanto cualitativa establece que " La radiosensibilidad en una célula es directamente proporcional a su actividad reproductora e inversamente proporcional a su grado de diferenciación" .

A lo anterior expuesto, **Dobzhansky** (1975) agrega que la frecuencia de las mutaciones no solo depende del agente mutágeno empleado, sino también del organismo sometido a tratamiento.

## 2.6 Variabilidad

**De la Loma** (1954), define la variación como la tendencia de los individuos a diferenciarse unos de otros, es decir, el fenómeno mediante el cual los descendientes de un par de progenitores difieren no sólo entre sí sino en relación a los individuos que les dieron origen.

**Gardner** (1963), citado por **Johnson** (1977), indica que el concepto variabilidad genética es un requisito para entender el fitomejoramiento y que este último no es factible si no hay variabilidad genética. Menciona también que las diferencias heredables constituyen los ladrillos con que se construyen las nuevas variedades. Finalmente señala que el fitomejo-

ramiento se basa en la habilidad para detectar y medir diferencias genéticas.

**Poehlman** (1965) afirma que las variaciones hereditarias de las plantas son originadas por la influencia del medio, recombinación genética, poliploidia y mutaciones.

**Khall y Frey** (1965), citados por **Romo** (1977), aplicaron selección recurrente en avena y determinaron la heredabilidad para peso de semilla irradiada y no irradiada. Además predijeron los progresos por selección recurrente para peso de semilla en las siguientes cuatro poblaciones: Clintland y Beedee -- irradiadas, híbrido de Clintland X Beedee e híbrido irradiado. El avance genético fué cercano al valor esperado tanto en los materiales derivados por irradiación como en los híbridos. También observaron que las poblaciones mostraron igual variabilidad para los caracteres no seleccionados, como período a floración y peso de planta. También encontraron que el avance genético encontrado para peso de 100 semillas fué tan alto en Clintland como en la población híbrida. Las ganancias genéticas unas altas reales y esperadas ocurrieron en las poblaciones híbridas, irradiadas, de lo cual concluyen que la irradiación es complemento de la hibridación para obtener máxima variabilidad genética.

**Greulach y Adams** (1967) reportan que la variación hereditaria puede resultar no solamente de la recombinación de ge-

nes sino también de mutaciones o cambios en los genes o cromosomas. Señalan también que las mutaciones génicas son el resultado de una alteración de la estructura química de un gene y en las mutaciones de cromosomas ( o cambios cromosómicos ) son el resultado de cambios en la estructura o número de los cromosomas.

**Trujillo** (1969), trabajando en trigo encontró que la mayor variabilidad del material tratado se detectó en la generación M2, lo cual fue la primera indicación de que a través del tratamiento mutagénico se habían producido cambios en el material genético. No obstante, señala que la variabilidad genética en esta generación, no fué posible separarla de la debida al efecto del medio ambiente.

**Brauer** (1969), alude que una población de plantas autógamias está compuesta ordinariamente por una mezcla de líneas puras y que la variación que se pueda hallar dentro de una población de este tipo en lo que se refiere al número de líneas que la forman, depende de la oportunidad que se haya tenido para que se representen cambios hereditarios dentro de dicha población. Indica también que la mezcla de semillas provenientes de otras plantas, la hibridación casual y las mutaciones son los factores que introducen variación en las plantas autógamias. El mismo autor al referirse a los métodos de mejoramiento de autogamas menciona que cualquiera que sea el sistema que se siga este solo es eficaz si la población original es varia -

ble, y suponiendo que esta variación exista, la selección masal aplicada cambia la constitución de la población en el sentido de reducir el número de líneas puras que eventualmente constituyen variedades cultivadas con las características de uniformidad de una línea pura.

**Gardner** (1972) y **Johnson** (1974), citados por **Barrera** (1976), informan que la inducción de mutantes por medio de radiaciones ionizantes, ha sido exitoso en algunos casos efectiva para aumentar la variabilidad genética lo cual es de suma importancia en el mejoramiento de plantas.

**Dobzhansky** (1975) divide en dos grandes clases la variabilidad genética en las poblaciones naturales, a saber: primero la que se obtiene mediante mutación, misma que se conserva dentro de ciertos límites por la acción de la selección normalizadora ( esta actúa eliminando mutantes, nocivos, malformaciones y debilidades diversas ). Y segundo, la que se tiene mediante la selección equilibradora ( ésta mantiene la heterogeneidad genética), la cual también se origina en último término de la mutación.

**Allard** (1975), al definir las causas de la variación genética en planta autogamas considera un conjunto de unidades genéticas fijas e inalterables ( líneas ) y la variación genética que en ellas surge debido a variaciones genéticas espontáneas. Menciona También que el origen de estas variaciones re-

side en la mutación y que su expansión en las poblaciones y su combinación con otros mutantes se efectúa por medio de la hibridación natural y sus consecuencias mendelianas. Agrega finalmente, que el conocimiento de estos procesos es de suma importancia para el mejorador, ya que las variaciones naturales en poblaciones de especies autogamas son las bases primarias para la mejora de dichas especies.

**Lama** (1975), al citar varios autores, indica que existe copiosa información en sorgo sobre variaciones inducidas por radiaciones gamma. Cita entre ellas tipos mas precoces, resistentes a sequía, resistentes a enfermedades, de hojas rojizas, glumas púrpuras, anteras coloreadas, mutaciones clorofílicas, variaciones en el área foliar, amaçollamiento, contenido de proteína en los granos, etc. Por último informa que las variaciones en generaciones M1 y M2 suelen diferir y aún contrastar

**Romo** (1977), después de citar algunas investigaciones sobre experiencias en autogamas, con fines de explotar mediante selección la variabilidad genética presente, encontró que conforme la variación genética se reduce, por falta de recombinación, es necesario realizar nuevos cruzamientos para incorporar mayor variabilidad a las poblaciones. Al mismo tiempo señala que es necesario aprovechar mutaciones presentes en dichas poblaciones, principalmente aquellas que afectan la producción de polen, tales como la esterilidad génica masculina y citoplasmica, con ello se puede lograr aumentar la variabilidad genética

ca y la factibilidad de un mejor aprovechamiento mediante nue  
vas metodologías, como las utilizadas en cultivos de polinizaa  
ción cruzada.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Area de Estudio

El presente trabajo se realizó en los Campos Experimentales de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, con sede en la Huerta, Jalisco. Dicha localidad se localiza en el Meridiano  $104^{\circ}38'$  al Oeste de Greenwich y en el paralelo  $19^{\circ}28'$  de latitud norte aproximadamente.

Por otro lado su altitud sobre el nivel del mar es de 500 m y el clima, según clasificación de Koppen modificada por García (1973), es  $Aw_0 (W) \dot{c}$ , definiéndose como cálido sin cambio térmico invernal bien definido, y semiseco, con otoño, invierno y primavera secos. El promedio anual de temperatura y precipitación pluvial es de  $25.2^{\circ}\text{C}$  y 1,105 mm, respectivamente.

#### 3.2. Materiales

##### 3.2.1. Material Genético

El material genético utilizado fueron 10 híbridos de sorgo recomendados para su cultivo en el estado en siembras de riego o de buen temporal. El ciclo vegetativo de dichos materiales varía de intermedio a tardío. A continuación se presenta

ta la clave comercial asignada a cada uno de los híbridos, los cuales en adelante se referirán como " variedades ".

- 1 Dekalb E59
- 2 Dekalb F61
- 3 Oro T
- 4 NK 280
- 5 Pioneer W 823
- 6 Mac 694
- 7 Pioneer 8202
- 8 Pioneer 8417
- 9 Dekalb BR64
- 10 NK 266

### 3.2.2. Dosis de Radiación

Todos los materiales se sometieron a radiaciones de  $^{60}\text{Co}$  en el Centro de Energía nuclear de la UNAM. Las dosis de radiación utilizadas en cada uno de los tratamientos se en lista enseguida.

1. Testigo ( sin irradiar )
2. 500 rads
3. 1,000 rads
4. 2,500 rads
5. 5,000 rads
6. 7,500 rads

7. 10,000 rads
8. 15,000 rads
9. 25,000 rads
10. 35,000 rads

### 3.3. Siembra y Labores de Cultivo

**Preparación del terreno.** El terreno donde se sembró - el experimento se preparó con un barbecho, la cruz y dos pa - sos de rastra, surcando posteriormente a una distancia de 0.75 mm. Con lo cual se tuvieron las condiciones adecuadas para el desarrollo normal del cultivo.

**Siembra.** La siembra se efectuó el 17 de Diciembre de 1977.

**Riegos.** Desde la siembra hasta la cosecha se aplica - ron 4 riegos, el primero a la siembra, el segundo a los 45 días, el tercero a los 60 días y el último a los 80 días. Con esto - se logró mantener el suelo en buenas condiciones de humedad.

**Fertilización.** Para la fertilización se aplicó la for - mula 100-40-00 en dos etapas. Al momento de la siembra se em - pleó la formula 60-40-00 y en el segundo cultivo, el resto del - nitrógeno.

**Control de Plagas y Malezas.** Cuando la mayoría de -- las plantas estaban en floración se dió una aplicación de Se - vin al 80 % PH para prevenir el ataque de mosca midge Contarí nia sorghicola (COQ). Las malezas se controlaron ef ciente - mente mediante labores culturales.

### 3.4. Toma de Datos

Durante la conducción en el campo del experimento se - estudiaron las variables que a continuación se mencionan:

**Rendimiento.** Las panojas cosechadas se llevarón a hú - medad constante. Posteriormente se desgranaron y pesaron en - kg/parcela, para posteriormente ser transformadas a kg/ha.

**Altura de Plántula.** Se muestrearon 10 plantulas en - forma aleatoria a los 20 días después de la siembra, y se mi - dió en centímetros la distancia de la base de la plántula al - ápice de la hoja más larga.

**Días a Floración.** Se contó el número de días transcu - rridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas de to - da la parcela se encontraban al 50 % de floración.

**Altura Planta.** En diez plantas tomadas al azar, se mi - dió en centímetros la distancia de la superficie del suelo en la base del tallo, al ápice de la panoja.

**Tamaño de Panoja.** En las mismas diez plantas muestreadas para altura de planta, se midió en centímetros el tamaño de la panoja, considerando para ello la longitud comprendida desde la base al ápice de la misma.

**Excursión.** También en las mismas plantas se midió en centímetros la longitud del pedunculo de la panoja considerada desde la parte superior de la última hoja a la base de la panoja.

### **3.5 Análisis Estadístico**

**Diseño Experimental.** De acuerdo a los tratamientos, tanto de variedades como de dosis de irradiación; se seleccionó el diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones, considerando como parcela grande las variedades y como parcela chica las dosis de irradiación.

La unidad experimental constó de tres surcos de 5 m de longitud y 0.75 m de anchura, siendo la parcela útil de 10 metros lineales cosechados estos en los 3 surcos.

### **3.6 Modelo Estadístico**

El modelo utilizado para el análisis estadístico de la información obtenida durante la conducción en el campo del experimento es el siguiente.

$$X_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + D_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + E_{ijk}$$

donde:

$X_{ijk}$  = Observación de respuesta del  $i$ -ésimo bloque, de la  $j$ -ésima variedad y  $k$ -ésima dosis.

$\mu$  = media general

$\rho_i$  = efecto del  $i$ -ésimo bloque.

$\alpha_j$  = efecto de la  $j$ -ésima variedad

$D_{ij}$  = error A asociado al  $i$ -ésimo bloque y  $j$ -ésima variedad.

$\beta_k$  = efecto de la  $k$ -ésima dosis

$(\alpha\beta)_{jk}$  = efecto de la interacción de la  $i$ -ésima variedad y la  $k$ -ésima dosis

$E_{ijk}$  = error B ( aleatorio ).

Este modelo descrito por **Steel y Torrie** en (1960), en el cual todos los efectos se consideraron fijos excepto los Errores A y B que se consideran aleatorios, nos conduce, al análisis de varianza que se muestra en el Cuadro 1, donde la relación de F para repeticiones y variedades se obtuvo dividiendo el cuadrado medio de cada uno de estos efectos entre el Error A; respecto a dosis y la interacción variedades por dosis la F se calculó con el cuadrado medio de cada componente entre el Error B.

CUADRO 1.- ANALISIS DE VARIANZA DEL DISEÑO EN PARCELAS DIVIDIDAS CON BLOQUES AL AZAR Y ESPERANZA DE LOS CUADRADOS MEDIOS UTILIZADO PARA ESTIMAR LOS COMPONENTES DE VARIANZA. ( Steel y Torrie, 1960 ).

Factor de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Esperanza Matemática de los Cuadrados Medios	Cálculo de F
Repetición	r-1	$\frac{\sum_i^2 i_{..}}{ab} - C$	1 CMR= SCR / GL	$\sigma^2 \epsilon + b\sigma^2 \delta + ab\sigma^2 \rho$	$\frac{1}{3}$
Parcela Grande (A) (Variedad)	a-1	$\frac{\sum_j \epsilon x^2 . j}{rb} - C$	2 CMPG= SCPG / GL	$\sigma^2 \epsilon + b\sigma^2 \delta + rb \frac{\sum_j \epsilon x^2 j}{a-1}$	$\frac{2}{3}$
Error A	(a-1) (r-1)	SC total P.G.-SC Rep-SCA	3 CMEa= SCEa /GL	$\sigma^2 \epsilon + b\sigma^2 \delta$	
Total Parcela Grande	ar-1	$\frac{\sum_{ij} \epsilon x^2 ij}{b} - C$			
Parcela Chica (B) (Dosis)	b-1	$\frac{k \sum x^2 . . k}{ra}$	4 CMPCH=SCPA/ GL	$\sigma^2 \epsilon + ra \frac{k \sum \beta^2 k}{b-1}$	$\frac{4}{6}$
Parcela Gde. X P. Chica ( Variedad por Dosis )	(a-1) (d-1)	$\frac{\sum_{jk} \epsilon x^2 . jk - C - SCA - SCB}{jk}$	5 CMPGxPCH=SCPGxPCH/GL	$\sigma^2 \epsilon + ra \frac{\sum_{jk} (\alpha \beta)^2 jk}{(a-1) (b-1)}$	$\frac{5}{6}$
Error B	a (r-1) (b-1)	SC Total-SC Tot. P. G. - SCB-SC-AB	6 CNEb= SCET/ GL	$\sigma^2 \epsilon$	
Total	abn-1	$\frac{\sum_{ijk} \epsilon x^2 ijk - C}{ijk}$			

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Rendimiento

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de varianza para la variable rendimiento. En dicho cuadro se puede apreciar que hubo diferencias altamente significativas, entre repeticiones, lo cual indica que se utilizó el diseño apropiado, es decir que la heterogeneidad que presentaba el lote experimental en el sentido de las repeticiones se eliminó con el uso del diseño de Bloques al Azar. También hubo diferencias altamente significativas en rendimiento entre las variedades las cuales se deben a las diferencias genotípicas entre los materiales estudiados. Asimismo, en lo que corresponde a las dosis de radiación, se observa que hubo diferencias altamente significativas, lo cual revela que el efecto de las dosis de radiación para la variable rendimiento, en los diferentes genotipos, es altamente significativo por otro lado se detectó significancia estadística para la interacción variedad X dosis de radiación, lo que indica que para la variable rendimiento ambos efectos son independientes.

Al efectuar la prueba de Duncan para comparar medias de rendimiento de las variedades irradiadas se encontró que las variedades Dekalb BR 64, Dekalb F61 y Oro T fueron estadística

CUADRO N° 2.- ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO.

FV	GL	SC	CM	FC	F.T.	
					0.05	0.01
Repetición	2	11370564.51	6185282.25	6.94	3.04	4.72 **
Variedad	9	37770298.95	4196699.88	4.71	1.92	2.51 **
Error A	18	16031651.62	890647.31			
Dosis	9	12306529	1367392.15	4.37	1.92	2.51 **
Variedad x Dosis	81	29968761.58	369984.71	1.18	1.35	1.53 N.S.
Error Tot.	180	56318578.12	312880.98			

\*\* Altamente Significativa al 1 % de Probabilidad

\* Significativa al 5 % de Probabilidad

NS. No Significativa.

CV. Coeficiente de Variación = 48.23 %

mente superiores al resto de ellas ( Cuadro 3 ). Por otro lado al comparar medias de rendimiento para dosis de radiación - se observó que los tratamientos de 0, 500, 1,000, 5,000, 7,500, - 10,000 y 15,000 rads fueron estadísticamente iguales entre si pero superiores a las dosis de 2,500, 25,000 y 35,000 rads ( Cuadro 4 ).

Para realizar una mejor interpretación de los resultados y con apoyo de la Grafica 1, donde se encuentra el rendimiento medio obtenido en todas las variedades para cada una de las dosis y tomando como referencia el testigo, se puede ver la diferencia entre dosis, siendo las de 1,000, 5,000, 7,500 y - 10,000 las que incrementaron el rendimiento sobresaliendo en este sentido la dosis de 7,500 rads, en tanto las dosis de 500, 2,500 , 15,000, 25,000, y 35,000 rads las que afectaron el rendimiento. En la Gráfica 2 se puede corroborar lo mencionado anteriormente, respecto a las diferentes respuestas de los híbridos a las dosis de radiación, ejemplificado con los híbridos Dekalb BR 64 y NK 266.

Resumiendo lo expuesto anteriormente, se puede deducir que las diferentes dosis de radiación influyeron en forma diferencial para estimular ó reducir el rendimiento como se explica en el Cuadro 5, donde se presenta en porcentaje el rendimiento de cada una de las variedades a las diferentes dosis de radiación; siendo la dosis de 7,500 rads la más deseable por contribuir a incrementar su rendimiento en mayor medida. Por lo -

CUADRO 3. PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE RENDIMIENTO DE LAS  
VARIETADES ESTUDIADAS.

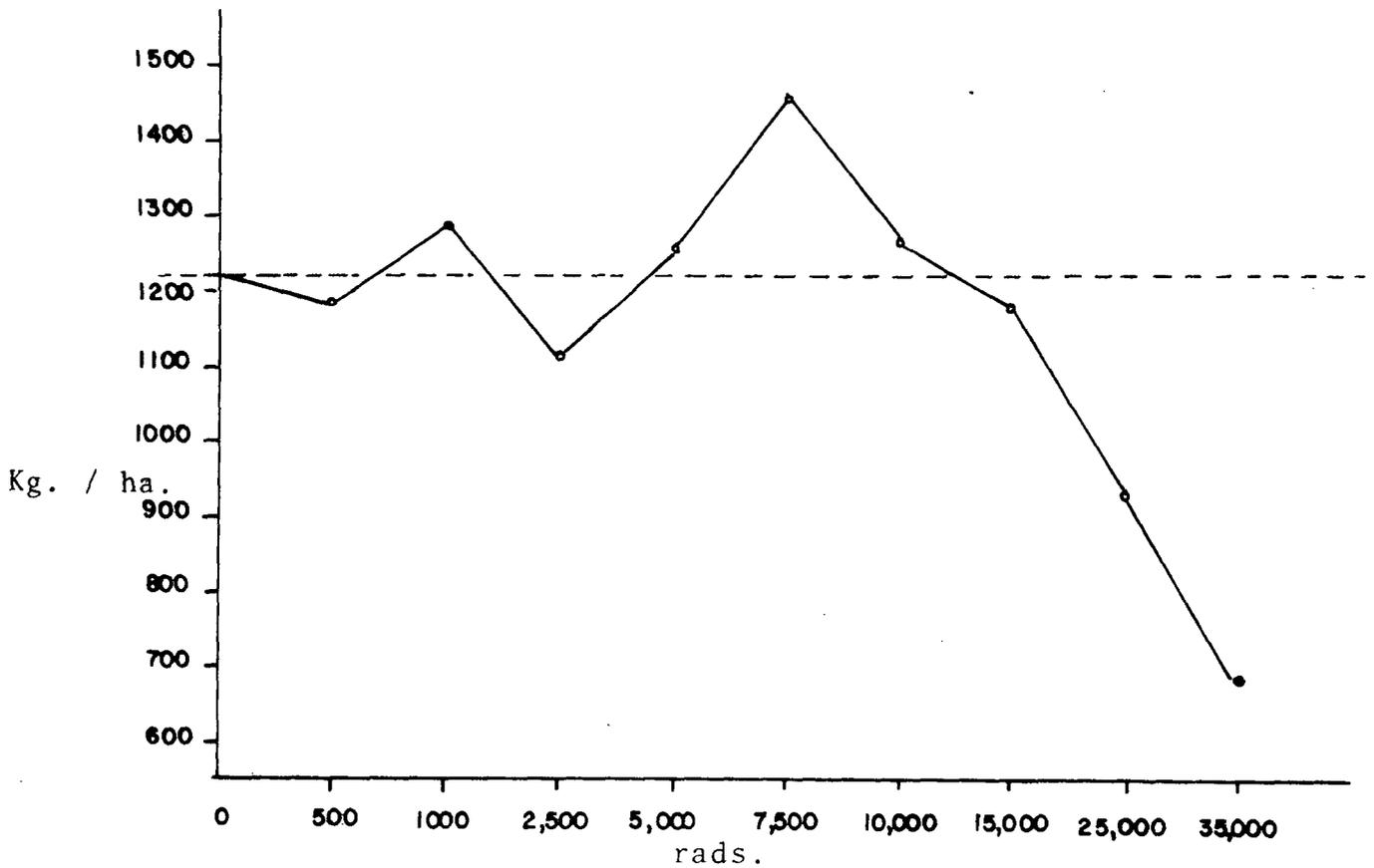
V a r i e d a d	Rendimiento en Kg/ha a húme- dad constante.	
Dekalb BR 64	1,785	a
Dekalb F-61	1,687	a b
Oro T	1,419	a b c
Pioneer 8202	2,220	b c
Wac 694	1,075	c e
Dekalb E59	1,058	c e
Pionner 8417	1,057	c e
NK 280	866	c e
Pioneer W 823	785	e
NK 266	639	e

\* Las observaciones con la misma letra no son signifi-  
cativamente diferentes.

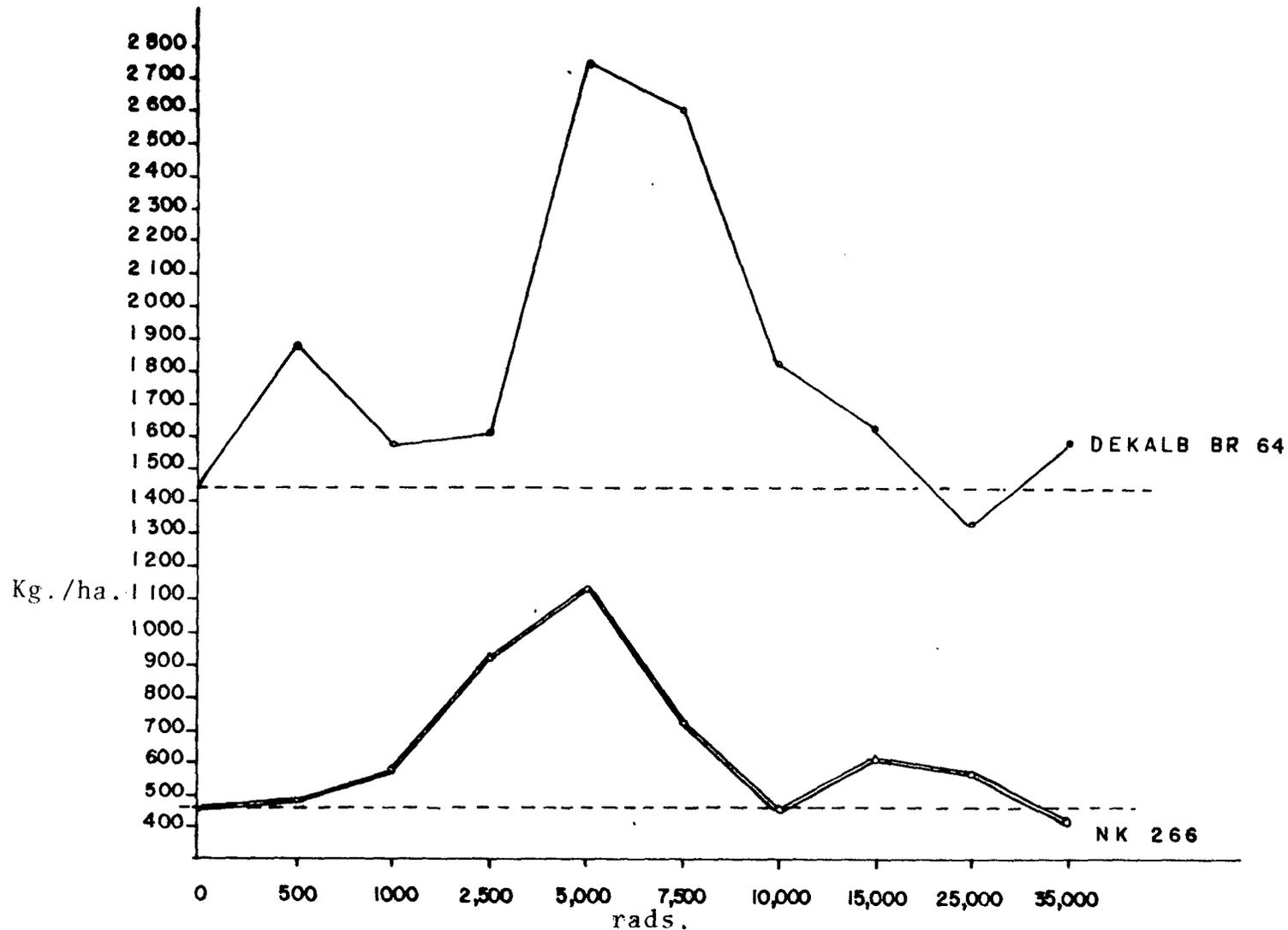
CUADRO 4. PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE RENDIMIENTO CON RESPECTO A LAS DOSIS DE IRRADIACION.

D ó s i s	Rendimiento en Kg/ha. a húme- dad constante.	
7,500 rads.	1,453	a
1,000 rads.	1,293	a b
10,000 rads.	1,269	a b
5,000 rads.	1,256	a b c
Testigo (sin irradiar)	1,220	a b c
15,000 rads.	1,186	a b c
500 rads.	1,120	a b c
2,500 rads.	1,113	b c
25,000 rads.	939	c d
35,000 rads.	681	d

\* Las observaciones con la misma letra no son signi-  
ficativamente diferentes.



**GRAFICA 1** RENDIMIENTO MEDIO EN KG/HA EN LA GENERACION M1 DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA ( Co 60 ), EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO ( *Sorghum bicolor* (L) MOENCH ).



GRAFICA 2

RENDIMIENTO MEDIO EN KG/HA EN LA GENERACION M1  
 DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA-  
 ( Co. 60 ) EN DOS HIBRIDOS DE SORGO ( *Sorghum*-  
*bicolor* ( L ) MOENCH ) LA HUERTA, JAL. 1978.

CUADRO 5.- PORCIENTO DE RENDIMIENTO EN LA GENERACION M<sub>1</sub> DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA (Co 60 ), EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO ( *Sorghum bicolor* (L) Moench ), EN RELACION AL TESTIGO.

VARIEDAD	TESTIGO	500	1000	2500	5000	7500	10000	15000	25000	35000
Dekalb E 59	100	111.9	111.4	60.9	77.0	46.0	67.1	45.4	67.1	55.8
Dekalb F 61	100	110.6	79.9	39.6	67.0	82.4	67.9	58.6	61.5	37.6
Oro T	100	92.1	174.4	162.7	147.8	214.3	190.4	190.4	90.7	76.9
N K 280	100	91.0	76.7	106.9	89.8	97.7	103.3	113.4	87.6	73.8
Pioneer W 823	100	59.1	63.2	52.0	70.1	105.3	56.5	42.2	58.5	54.7
WAC 694	100	177.7	219.4	296.3	151.8	168.5	290.7	290.7	137.0	78.8
Pioneer 8202	100	73.6	109.4	46.0	72.4	170.54	112.3	316.6	60.4	43.8
Pioneer 8417	100	85.6	95.2	91.7	92.2	90.3	77.1	96.9	72.7	37.1
Dekalb BR 64	100	129.0	108.5	109.9	188.1	178.0	124.8	111.3	90.7	74.6
N K 266	100	100.6	120.3	194.7	238.5	154.9	96.9	128.4	157.5	86.6

tanto se puede recomendar que para trabajos posteriores en sorgo, donde se traten de obtener mutantes de alto rendimiento mediante radiaciones ionizantes con Co 60 es más conveniente utilizar dosis de 5,000 a 7,500 rads.

En cuanto a los híbridos que presentaron mayor radio - sensibilidad para incrementar su rendimiento, respecto a la mayoría de las dosis en relación con el testigo, fueron Oro T y Wac 694. Por otro lado aquellos que mermaron su rendimiento en relación del testigo en la mayoría de las dosis fueron Pioneer W 823 y Dekalb F 61.

#### **4.2 Altura de Plántula**

En el Cuadro 6 se muestra el análisis de varianza para la variable altura de plantula; en el cual se puede apreciar - que no hubo diferencia significativa para repeticiones, variedades, dosis y para la interacción variedades por dosis. Lo - anterior parece indicar que en la época en que se tomó este dato, no había diferencias reales dentro de esas fuentes de va - riación. Por otro lado en la Gráfica 3, donde se tiene la altura media de todas las variedades a los 20 días de la siembra en relación a las dosis de radiación, se puede observar en las dosis de 500, 1,000, 2,500, 5,000, 7,500 y 10,000 rads respecto al testigo una ligera tendencia en los híbridos a incrementar su desarrollo en tanto que las dosis de 15,00, 25,000 y 35,000 rads influyen negativamente en su crecimiento en las primeras

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLANTULA.

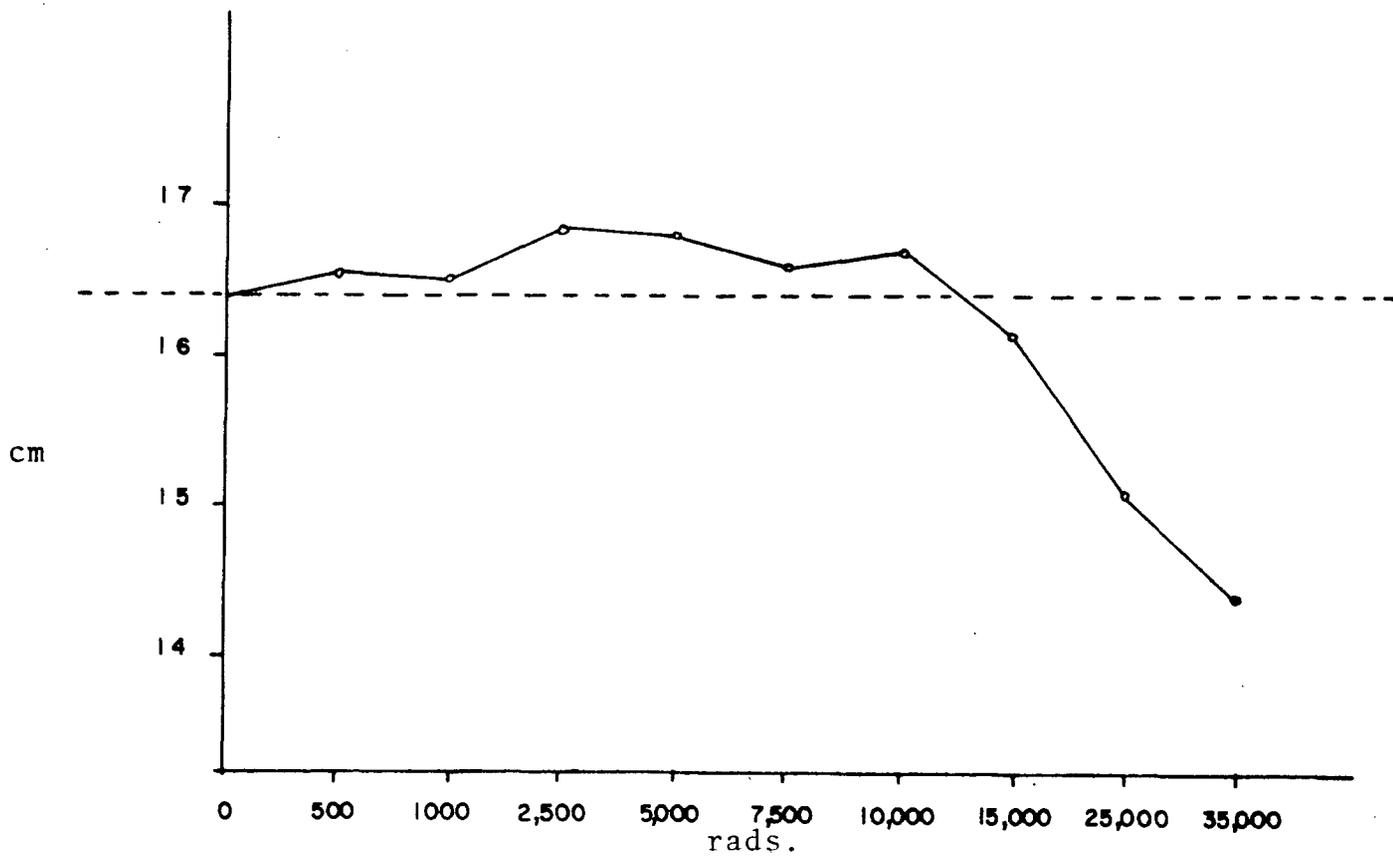
FV	GL	SC	CM	FC	F.T.		
					0.05	0.01	
Repeticion	1	49.00	49.00	2.15	3.95	6.93	N.S.
Variedad	9	386.74	42.97	1.89	1.98	2.61	N.S.
Error A	9	204.54	22.72				
Dosis	9	117.94	13.10	1.61	1.98	2.61	N.S.
Variedad x Dosis	81	642.40	7.93	.97	1.42	1.58	N.S.
Error Total	90	731.95	8.13				

\*\* Altamente Significativo al 1 % de Probabilidad

\* Significativo a 5 % de Probabilidad

NS No significativo

CV 17.59 %



GRAFICA 3 MEDIA DE ALTURA DE PLANTULA EN CM EN LA GENERACION M1 DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA ( Co 60 ) EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO ( *Sorghum bicolor* (L) MOENCH ) LA HUERTA, JAL. 1978.

etapas de desarrollo de la plántula.

Por último se puede apreciar que en general no hubo efecto de las radiaciones para esta característica y ello posiblemente se debe a que en esa etapa de desarrollo todavía no se manifiesta el efecto de las radiaciones.

#### **4.3 Días a Floración**

En el Cuadro 7 se muestra el análisis de variación para la variable días a floración, donde se pueden apreciar diferencias altamente significativas entre repeticiones, variedades y dosis; en tanto que para la interacción variedades por dosis esta diferencia es significativa solo al 5 % de probabilidad. Lo anterior indica que se tuvieron diferencias estadísticas entre repeticiones y por lo tanto, con el diseño experimental utilizado se logró controlar eficientemente la variación en el sentido de repeticiones presente en el suelo. Para variedades y dosis el análisis estadístico reveló que existen diferencias reales entre los genotipos irradiados y el efecto diferencial de las dosis de radiación respectivamente. Finalmente, el encontrar estadísticamente significativa la interacción variedad por dosis revela que las variedades estudiadas fueron afectadas en diferente grado por las distintas dosis de radiación.

Para detectar las diferencias anteriores se realizó la prueba de Duncan para variedades y dosis cuyos resultados

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DIAS A FLORACION.

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0.05	0.01	
Repetición	2	318.00	159.00	16.67	3.04	4.72	**
Variedad	9	5491.35	610.15	63.97	1.92	2.51	**
Error A	18	171.66	9.53				
Dosis	9	55.28	6.14	4.98	1.92	2.51	**
Variedad x Dosis	81	138.95	1.71	1.39	1.35	1.53	*
Error Total	180	221.66	1.23				

\*\* Altamente Significativo al 1 % de Probabilidad

\* Significativo al 5 % de Probabilidad

NS No Significativo

CV 1.78 %

se muestran en los Cuadro 8 y 9. En el primer caso se observó que las variedades Dekalb BR 64 y Dekalb F61 fueron estadísticamente iguales y más tardías que el resto de los genotipos estudiados. También como se indicó anteriormente estos híbridos fueron los que mostraron mayor potencial de rendimiento. En el segundo caso se observó que las dosis de 35,000 rads fué estadísticamente más tardía que el resto de ellas lo cual, indica que dicha dosis estimula el alargamiento del ciclo vegetativo de todas las variedades. Esto se puede apreciar mejor en la Gráfica 4 donde se observa que, en relación al testigo, todas las dosis lograron influir en el alargamiento de los días a floración siendo, la dosis de 35,000 rads la que más contribuyó. Sin embargo, esto último en muchos casos no es muy deseable, sobre todo, cuando se quieren generar genotipos más precoces. En conclusión todo parece indicar que cuando se busque precocidad mediante radiaciones con Co 60, es más conveniente explorar otras fuentes y dosis de radiación y/o bien otros materiales genéticos, a fin de obtener resultados más satisfactorios.

#### 4.4. Altura de Planta

El análisis de varianza para esta característica que se muestra en el Cuadro 10. En el se puede notar que hubo diferencias altamente significativas para repeticiones y para la interacción variedades x dosis, lo cual indica, como en los casos anteriores, que fué eficiente el uso de bloques en el diseño experimental, y que las variedades fueron afectadas en dife

CUADRO 8. PRUEBA DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DIAS A FLORACION RESPECTO A LA MEDIA DE LAS VARIETADES.

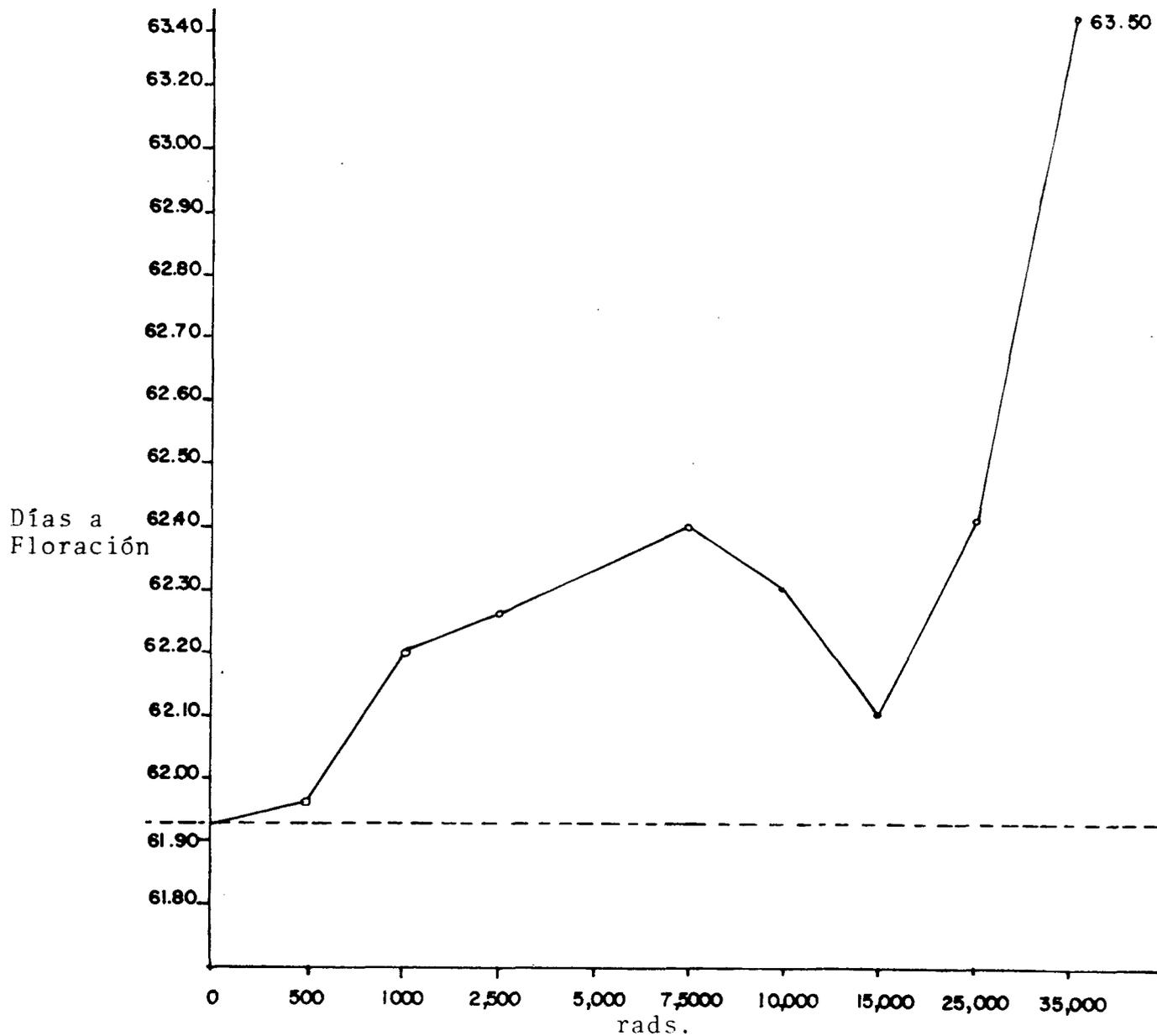
V a r i e d a d	Días de Floración	
Dekalb BR-64	71	a
Dekalb F-61	71	a
Pioneer W-823	61	b
Pioneer 8202	61	b
Oro T	60	b
Pioneer 8417	60	b
Dekalb E-59	60	b
NK 280	60	b
Wac 694	60	b
NK 266	59	b

\* Las observaciones con la misma letra no son significativamente diferentes.

CUADRO 9. PRUEBA DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DIAS A FLORACION EN LAS DIFERENTES DOSIS DE IRRADIACION.

Dosis	Días a Floración	
35,000 rads	63.5	a
25,000 rads	62.4	b
7,500 rads	62.4	b
10,000 rads	62.3	b
2,500 rads	62.2	b
1,000 rads	62.2	b
15,000 rads	62.1	b
5,000 rads	62.0	b
500 rads	61.9	b
Testigo ( No irradiado )	61.9	b

\* Las observaciones de la misma letra no son significativamente diferentes.



GRAFICA 4 MEDIA DE LOS DIAS A FLORACION EN LA GENERACION M1 DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA ( Co 60 ) EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L) Moench ) LA HUERTA, JAL. 1978.

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
Repetición	2	13760.60	6880.30	7.23	3.048	4.72 **
Variedad	9	6923.80	769.31	0.80	1.92	2.51 NS
Error A	18	17116.97	590.94			
Dosis	9	2182.07	242.45	1.35	1.92	2.51 NS
Variedad x Dosis	81	17201.16	212.36	1.18	1.35	1.53 **
Error Total	180	32220.46	179.00			

\*\* Altamente Significativo al 1 % de Probabilidad

\* Significativo al 5 % de Probabilidad

NS No significativo

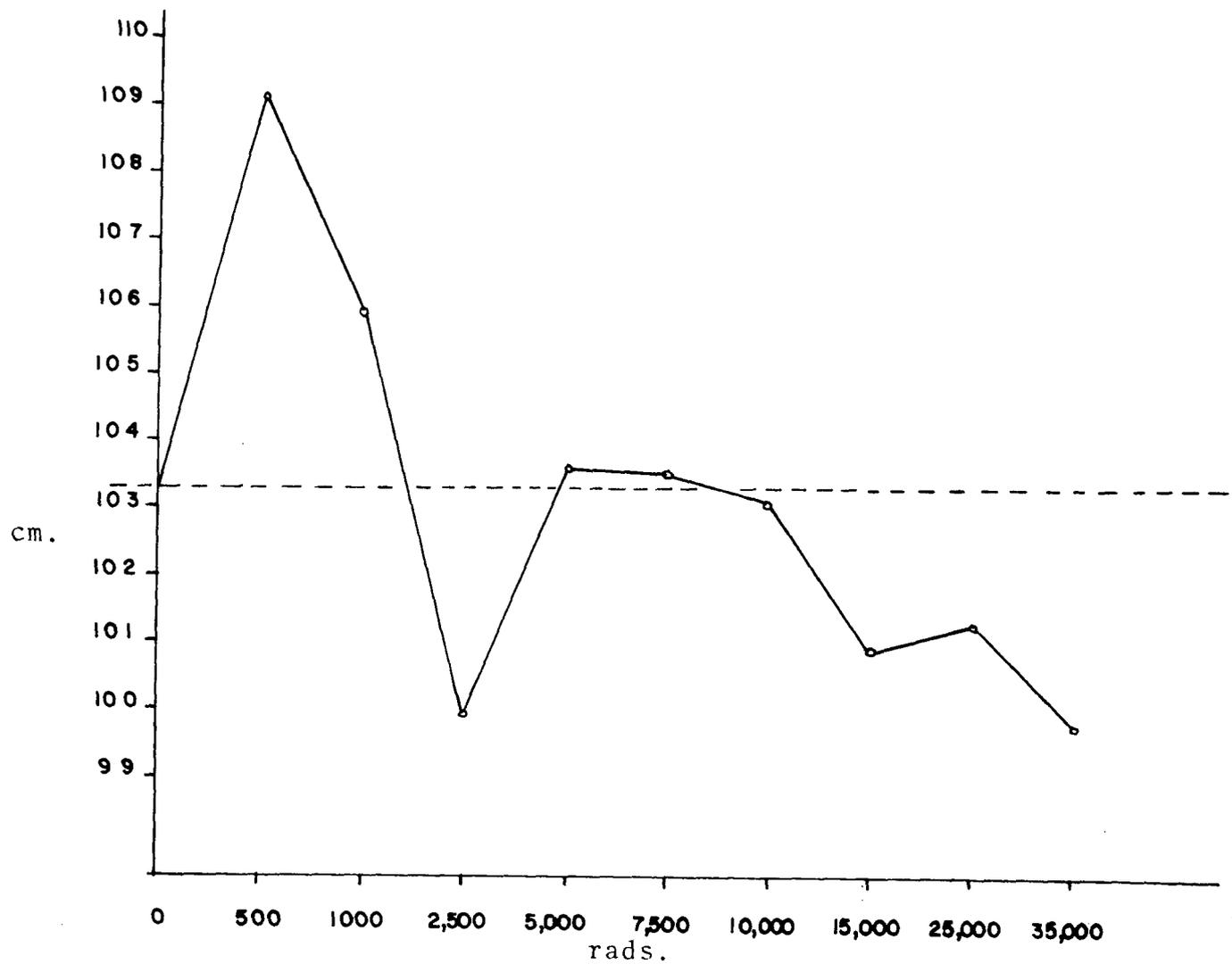
CV 12.98 %

rente grado por las dosis de radiación. Asimismo, se puede observar que no se detectaron diferencias significativas entre variedades y entre dosis lo cual indica que estadísticamente los genotipos estudiados son similares en su altura de planta, y que las dosis no estimularon el crecimiento total de la misma; es decir, el estímulo fué similar para todas las dosis de radiación aplicadas.

Para ilustrar la tendencia general del efecto de las diferentes dosis sobre la altura de planta se presenta la Gráfica 5, donde se puede apreciar que la mayor diferencia respecto al testigo fué de 9 cm; lo que pudo deberse a efectos de muestreo y no al efecto de las dosis de irradiación, ó bien a ambos.

#### **4.5 Tamaño de Panoja**

En el Cuadro 11 se presenta el análisis de varianza correspondiente a esta variable. En el se puede ver que hubo diferencias altamente significativas para repeticiones y variedades, no así para la interacción variedad por dosis. Con respecto a lo anterior, la discusión efectuada para las variables anteriores se amplía para esta, es decir, se utilizó el diseño apropiado, existen diferencias intrínsecas entre los genotipos estudiados, ya que las dosis de radiación no afectaron de manera diferencial a dichos genotipos. Por lo tanto, considerando que el tamaño de panoja es un componente importante del rendimiento en trabajos futuros será conveniente utilizar otros a -



GRAFICA 5 ALTURA MEDIA DE PLANTA EN CENTIMETROS EN LA GENERACION M1 DESPUES DE LA APLICACION DE RADIACIONES GAMMA ( Co 60 ), EN DIEZ HIBRIDOS DE SORGO ( *Sorghum bicolor* (L) MOENCH ) LA HUERTA, JAL. 1978.

CUADRO 11. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TAMAÑO DE PANOJA.

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0.05	0.01	
Repetición	2	317.12	158.56	6.65	3.04	4.72	**
Variedad	9	715.66	79.51	3.33	1.92	2.51	**
Error A	18	429.07	23.83				
Dosis	9	89.53	9.94	0.34	1.92	2.51	NS
Variedad x Dosis	81	2274.13	28.07	.96	1.35	1.53	NS
Error Total	180	5211.13	28.95				

\*\* Altamente Significativo al 1 % de Probabilidad

\* Significativo al 5 % de Probabilidad

NS No Significativo

CV 25.06 %

gentes mutágenos o dosis de radiación, o bien otros genotipos, sí se quiere seleccionar hacia dicha característica.

Para observar las diferencias estadísticas entre variedades para esta característica se realizó la prueba de Duncan ( Cuadro 12 ) en donde se puede observar que las variedades -- Dekalb F61, Oro T, Pioneer W823, Wac 694 y Dekalb BR 64 son estadísticamente iguales y tienen un mayor tamaño de panoja que el resto de los genotipos.

#### **4.6 Excursión**

El análisis de varianza respectivo para esta variable se puede ver en el Cuadro 13, donde queda de manifiesto que no existe diferencia significativa para repeticiones, variedades y dosis, ni para la interacción de estos dos últimos factores, lo que revela que para las condiciones de la presente investigación, esta característica, no resultó afectada en términos estadísticos.

CUADRO 12. PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE TAMAÑO DE PANOJA EN  
CADA UNA DE LAS VARIEDADES ESTUDIADAS.

V a r i e d a d	Tamaño de la Panoja ( cm )				
Dekalb F-61	24.0	a			
Dekalb BR-64	23.5	a	b		
Pioneer W-823	22.6	a	b	c	
Oro T	22.1	a	b	c	d
Wac 694	21.8	a	b	c	d
Pioneer 8417	20.9		b	c	d
Pioneer 8202	20.5			c	d
NK 266	20.1			c	d
Dekalb E-59	19.3				d

\* Las observaciones con la misma letra no son significativamente diferentes.

CUADRO 13. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EXCERSION.

FV	GL	SC	CM	FC	F T		
					0.05	0.01	
Repetición	2	391.16	195.58	1.00	3.04	4.72	NS
Variedad	9	3140.63	348.95	1.78	1.92	2.51	NS
Error A	18	3120.10	195.51				
Dosis	9	411.49	45.72	.72	1.92	2.51	NS
Variedad x Dosis	81	4889.80	60.36	.99	1.35	1.53	NS
Error Total	180	10935.40	60.75				

\*\* Altamente Significativo al 1 % de Probabilidad

\* Significativo al 5 % de Probabilidad

NS No Significativo

CV 41.10 %

## Y CONCLUSIONES

1. Con respecto al comportamiento de las variedades estudiadas se encontró lo siguiente:

a) Los híbridos Dekalb BR-64, Dekalb F61 y Oro T fueron los de mayor rendimiento en las diferentes dosis.

b) Los híbridos Dekalb BR-64 y Dekalb F61 se comportaron como los más tardíos en las diferentes dosis de radiación.

c) En tamaño de panoja y en relación a las dosis utilizadas; los genotipos Dekalb F61, Dekalb BR 64 Pioneer W 823, Oro T y Mac 694 fueron los de mayor longitud.

d) En las características, tamaño de plantula, altura de planta y excursión, el comportamiento de los híbridos utilizados fué similar para las dosis aplicadas.

2. En cuanto a dosis se pudo concluir lo siguiente:

a) Para rendimiento, las dosis 1,000, 5,000, 7,500 y 10,000 rads estimularon el rendimiento en todos los híbridos, siendo la dosis óptima de 7,500 rads, en tanto que las dosis de 500, 2,500, 15,000, 25,000 y 35,000 rads lo redujeron, sien

do más drástica la reducción en las últimas dos.

b) En días a floración, la tendencia general fué que al incrementar las dosis los híbridos incrementaban sus días a floración, en especial la dosis de 35,000 rads.

c) En altura de plántula, altura de planta, tamaño de panoja y excursión todas las dosis se comportaron en forma similar, no mostrando el efecto los híbridos utilizados.

3.- En relación a la interacción dosis x variedad, solamente fué significativa, para las variables días a floración y altura de planta.

De acuerdo a los objetivos planteados inicialmente en este trabajo, se puede decir que en general se cumplieron satisfactoriamente; pues en relación al primer objetivo, se determinó que la dosis óptima para inducir incrementos en los rendimientos en los diferentes híbridos utilizados es de 7,500 rads; para el segundo, se observó que la variedad Pioneer W 823 es la más sensible a las radiaciones y finalmente el tercer objetivo se cumplió al sentar las bases para iniciar un programa de mejoramiento genético en sorgo y en el que a la fecha se ha seguido trabajando mediante el mejoramiento de poblaciones, aprovechando al mismo tiempo, la variabilidad inducida por las radiaciones y la que se obtiene por recombinación, al utilizar la androesterilidad genocitoplásmica que se presenta normalmente en la segregación de los híbridos en estudio.

## VI. B I B L I O G R A F I A

- Allard, R.W. 1975 **Principios de la mejora genética de las plantas**. 2a. ed. Barcelona, Omega.
- Barrera G., J.L. 1976. **Algunos cambios inducidos por radiación en la primera generación de semillas de fresa**. In "VI Congreso Nacional de Fitogenética". Chapingo, México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. p. 447-456.
- Brauer H., O. 1976. **Fitogenética aplicada**. México, Limusa.
- Bustamante P., M. 1971. **Estudio del comportamiento del Sorgo con varias dosis de irradiación gamma (Co 60) en generaciones avanzadas en condiciones de campo**. Tesis M.C. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.
- Carballo C., A. 1978. **Sorgo**. In: Cervantes, S.T. ed. **Recursos genéticos disponibles a México**. Chapingo, México. Sociedad Mexicana de Fitogenética.
- Dobzhansky T. 1975. **Genética del proceso evolutivo**. México, Extemporánea.

- Frumento, A. S. 1972. **Biofísica**. Buenos Aires, Intermedica. P. p. 573-582.
- García, E. 1973. **Modificaciones al sistema de clasificación -- climática de Koppen**. México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gardner E., J. 1972. **Principios de Genética**. 2a. ed. México, - Limusa Wiley.
- Greulanch, V.A. y Adams, S.E.J. 1967. **Las plantas; introducción a la Botánica Moderna**. México, Limusa Wiley.
- Ichikawa S. 1975. **Apuntes de Mutagénesis**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados.
- Johnson, E.C. 1977. **Sistemas rápidos para crear variedades con alta calidad proteínica**. Maíz de alta calidad Proteínica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. PURDUE. México, Limusa.
- La Huerta, Jalisco, México. Campo Agrícola Experimental "Costa de Jalisco". 1977. **Gua para la asistencia técnica**. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. p. 69-74.

- Lama, O.E. 1975. **Efectos interactivos de la irradiación gamma Co 60 y cortes de planta sobre algunas características de sorgo de grano.** Tesis M.C. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.
- Loma, J.L. de la. 1954. **Genética general y aplicada.** 2a. ed. México, UTEHA.
- 1973. **Historia, modalidades, importancia y utilización de las mutaciones.** In: "Primer simposio mexicano sobre mutaciones." Chapingo, México. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, p.9-15.
- Muller, H.G. 1927. Artificial transmutation of the gene. **Science** 66: 84-87.
- Ondarza, N.R. 1970. **Biología Moderna.** 5a. ed. México. Siglo XXI.
- Poehlman, J.M. 1965. **Mejoramiento genético de las cosechas.** México, Limusa Wiley.
- Polke, V. S. 1969. Study of some of the effects caused by irradiation of Iowar (*Sorghum vulgare Pers.*) with Co 60 gamma rays. **Plant Breeding Abst.** 39: 688.
- Reyes, D.J.N. 1968. **Efecto de irradiación de gamma de Co 60 en sorgo bajo condiciones de invernadero y campo.** Tesis M.C. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.

Romo C., E. 1977. **Obtención de variedades de sorgo a partir de compuestos integrados de generaciones avanzadas de híbridos.** Tesis M.C. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados.

Steel, G.D.R. y Torrie H.J. 1960. **Principles and procedures of statistics.** New York, Mc Graw Hill.

Trujillo F., R. 1969. **Selección temprana e indirecta de la variabilidad genética inducida en caracteres de producción mediante la aplicación de Etil Metano Sulfonato en trigo .** *Agrociencia* a (1): 153-174.

\_\_\_\_\_ 1973. **Las mutaciones de las plantas cultivadas** In: "Primer simposio mexicano sobre mutaciones." Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. p. 87-91.

Watson, J.D. 1974. **Biología molecular del gen.** México. Fondo Educativo Interamericano.

Wilson, C.L. y Loomis, W.E. 1968. **Botánica.** México, UTEHA. p. 390-391.