

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería y Ciencias de Alimentos

SOBRE LA VIDA UTIL DEL BANANO



EFECTO DE LA RADIACION GAMMA DE COBALTO-60
SOBRE LA VIDA UTIL DEL BANANO

ANA MARJA GALINDO ROBLEDO

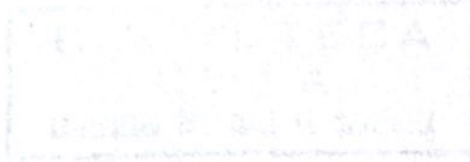
Guatemala

1994

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias e Ingeniería

**Efecto de la Radiación Gamma de Cobalto-60
sobre la Vida Útil del Banano**



Efecto de la Radiación Gamma de Cobalto-60
sobre la Vida Útil del Banano

ANA MARIA GALINDO GARCIA

Trabajo de Investigación y tesis para optar
por el grado académico de
Licenciada en Ingeniería y Ciencias
de Alimentos

Guatemala

2014

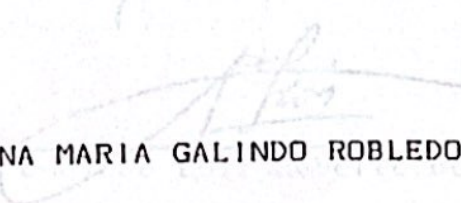
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería y Ciencias de Alimentos

Ingeniero Juan José López Argueta
Asesor

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

EFFECTO DE LA RADIACION GAMMA DE COBALTO-60
SOBRE LA VIDA UTIL DEL BANANO

Ingeniero Juan José López Argueta


ANA MARIA GALINDO ROBLEDO

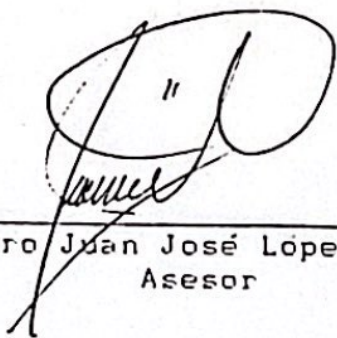
Trabajo de investigación presentado para optar
el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería y Ciencias
de Alimentos

Guatemala

1994

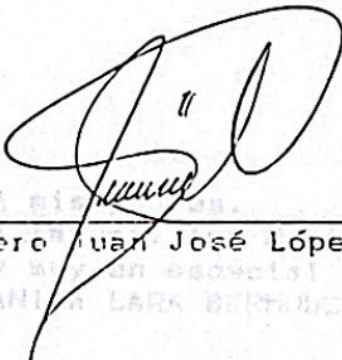
Vo.Bo:

(f)

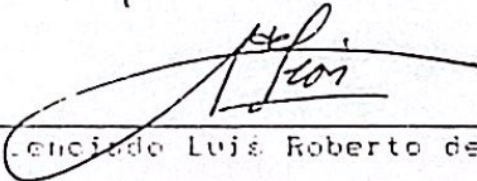

Ingeniero Juan José López Argueta
Asesor

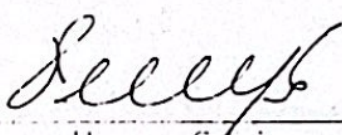
Tribunal:

(f)


Ingeniero Juan José López Argueta
Y ASesor ASOCIADO A SU OFICINA
ANEXO LARA BENTON/22

(f)


Licenciado Luis Roberto de León Fajardo


Ingeniero Henry Corrier

Fecha de suscripción: 3 de Abril de 1994.

Agradecer la valiosa colaboración de:

A mis padres.

A la Dra. Ana María Velásquez,
y muy en especial a mi abuela
ANITA LARA BERMUDEZ

Agradezco la valiosa colaboración de:

Dirección General de Energía Nuclear, *cabecera con la*
Ingeniero Juan José López Argueta,
utilizado **Ingeniero María Antonieta Alfaro Villatoro y** *de la*
Bananera Mopá.

Dirección General de Energía Nuclear, con fondos del proyecto
de asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía
Atómica.

RESUMEN

El cultivo del banano es de gran trascendencia para la economía del país, de manera que proyectos como el que se presenta contribuyen a diversificar la orientación de la comercialización del banano, ayudando a la estabilización de mercados.

Se irradió el banano utilizando diferentes dosis (20, 25, 30, 35 y 40 Krad). La irradiación se efectuó en un irradiador Dynarad 5L, que contiene una fuente de Cobalto-60, el cual es propiedad de la Dirección General de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas.

Para irradiar, el banano se colocó en bolsas plásticas con orificios y cada dosis se hizo por triplicado. Ya finalizada la irradiación, el banano fue colocado en una caja de cartón. Por medio de un higrotermógrafo, se midió la temperatura y humedad del ambiente al cual estaba expuesta la fruta. Cada tres días se pesó y calificó el banano según el grado de maduración. También se contó con un banano "testigo" y un grupo de bananos refrigerados (sin irradiar) a 4 C.

Los bananos tratados con dosis de 30, 35 y 40 Krad maduraron más rápido que el banano testigo, mientras que los bananos tratados con dosis de 20 y 25 Krad se maduraron después que el banano testigo, siendo su vida útil de:

banano tratado con dosis de (Krad):	vida útil del banano (días)
20	21
25	21
30	10
35	08
40	05
testigo	12

La variación de peso del banano entre los distintos tratamientos no es significativa.

El banano tratado con 25 Krad tenía mucho mejor aspecto en su cáscara que el tratado con 20 Krad.

El banano refrigerado no maduró, ya que su cáscara no se puso de color amarillo, sino negra, por lo que la temperatura a la cual el banano se refrigeró, no es la adecuada.

No se encontró algún efecto de significado estadístico respecto del nivel de peso del banano.

Si se encontró diferencia significativa en el nivel nutritivo del banano, dependiendo tanto del nutriente como de la dosis, pero la dosis de 25 Krad es el tratamiento irradiado con mayor cantidad de potasio, fósforo, sodio y calcio.

INDICE

Resumen	V
I. Introducción	1
II. Definiciones	3
III. Revisión Bibliográfica	
A. <u>Historia</u>	5
1. Fuentes de radiación	
a. Rayos X	6
b. Rayos Gamma	7
c. Rayos Ultravioleta	8
B. <u>Alimentos</u>	9
1. Proceso de irradiación	10
2. Rayos gamma en alimentos	10
3. Ventajas de la radiación gamma en alimentos .	11
4. Pruebas de mercadeo	16
C. <u>Interacción de la radiación con la materia</u>	18
D. <u>Nutrientes del banano</u>	18
E. <u>Dosimetría</u>	22
IV. Justificación	26
V. Objetivos	27
VI. Hipótesis	28
VII. Materiales y Métodos	
A. <u>Materiales</u>	
1. Localización	29
2. Material experimental	
a. Bananos empleados	29
b. Tratamiento con radiación Gamma	29

	c.	Tratamiento con refrigeración	30
	d.	Tratamiento a temperatura ambiente	30
	3.	Materiales y equipo	30
	4.	Evaluación de parámetros	
	a.	Maduración	31
	b.	Variación de peso	31
	B.	<u>Métodos</u>	
	1.	Dosificación	32
	2.	Espectrómetro de absorción atómica	33
VIII.		Resultados	35
IX.		Discusión de Resultados	39
X.		Conclusiones	43
XI.		Recomendaciones	44
XII.		Bibliografía	45
		A n e x o s	47
		Efecto de la radiación como función de la dosis ...	47
		Análisis de varianza	48
		Pruebas de medias de Duncan	49
		Gráfica 1	56
		Gráfica 2	57
		Gráfica 3	58
		Gráfica 4	59
		Grado de maduración	60

I. INTRODUCCION

Uno de los principales objetivos de la tecnología de alimentos sigue siendo la búsqueda de métodos adecuados para la preservación de los alimentos. La preservación en este sentido implica no sólo la prolongación del período de almacenamiento del alimento, sino también la conservación de sus nutrientes, de su condición y estructura física y química, de su calidad y de su aceptabilidad para la población consumidora. Ultimamente ha sido reconocido que la preservación de alimentos por irradiación no es una panacea, como se imaginó al inicio de la investigación en este campo. La investigación ha demostrado las ventajas y desventajas del proceso. Aunque el proceso parece tener desventajas para la preservación de ciertos alimentos, la evidencia total indica que el proceso será aplicado en el futuro para la preservación de la mayor parte de los alimentos.

En Guatemala, el banano es una fruta de gran importancia económica. El 89% del banano cosechado se exporta, tanto a los Estados Unidos, como a los países europeos.

El contenido nutritivo del banano es el siguiente:

agua del %	energía del alimento cal	proteína gr	grasa gr	carbohidratos total gr	fibra gr
75.7	85	1.1	0.2	22.2	0.5

Ca mg	Fósforo mg	Fe mg	Na mg	Potasio mg	Vit.A ug/100gr	Vit.C ug/100gr
8.0	26.0	0.7	1.0	370.0	30	10

En esta época se están buscando nuevas alternativas para el tratamiento postcosecha de los alimentos. La radiación gamma ha demostrado ser efectiva contra varias plagas postcosecha de muchas frutas, tales como mango, banano y papaya. Además de inhibir varios microorganismos que dañan el alimento, también se logra aumentar la vida útil de la fruta.

En este experimento se pretende irradiar la fruta, en este caso banano, con cinco distintas dosis de radiación gamma. El banano irradiado se comparará con el banano testigo (el cual no está irradiado). Según los resultados que se vayan obteniendo, se podrá ver qué dosis es la más conveniente, tanto para aumentar la vida útil del banano, como provocar el más mínimo daño en la cáscara. También se pretende observar, si la radiación afecta el peso de la fruta y su contenido nutritivo al analizar los nutrientes mostrados en la tabla anterior por medio de absorción atómica. Este experimento se realiza en triplicado y con los resultados obtenidos, se efectúa un análisis estadístico y obtener el mejor resultado y para sacar conclusiones y recomendaciones.

II. DEFINICIONES

Dosis absorbida: Es la cantidad de energía absorbida por unidad de masa irradiada.

Electrovoltio: Es la energía cinética que adquiere un electrón al atravesar en el vacío o una diferencia de potencial de un voltio.

Equivale aproximadamente a 1.60219×10^{-19} julios. Su símbolo es: ev.

Fuente de Radiación: Es la aparato o material que emite o es capaz de emitir radiaciones ionizantes.

Irradiar: someter a un material a la acción de la radiación.

Isótopo: En cada uno de los distintos núclidos que tienen el mismo número atómico y, por tanto, pertenecen al mismo elemento químico, pero masivo.

Rad: Esta unidad depende sólo de la cantidad de energía absorbida de la sustancia irradiada y no de la energía o tipo de radiación ni de la naturaleza del absorbente. El rad se define como la cantidad de energía transmitida a la materia por las radiaciones ionizantes por unidad de masa de la sustancia irradiada en el lugar que interesa. Un rad es equivalente a 100 ergs/gramo. Así pues, el rad denota exclusivamente la cantidad de energía absorbida, sin considerar el tipo de radiación ionizante o el tipo de medio de absorción.

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs/gr} = 10^{-2} \text{ joule/kg} = 10^{-2} \text{ kGY}$$

Radiación: Es la energía o partículas materiales que se propagan a través del espacio.

Radioisótopo: Es el isótopo de los elementos naturales o artificial que emite radiaciones ionizantes.

Unidades: Es la cantidad de energía absorbida en los alimentos (dosis) que determina el tipo y la extensión de los cambios que se producirá en el material irradiado. Las unidades usadas en irradiación de alimentos son el Gray (equivale a 1Joule/kg de materia irradiada) y sus múltiplos. Hasta hace poco se usaba la unidad denominada rad (equivalente a 100 ergs/gr de material irradiado).

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

A Historia

El descubrimiento de los rayos X por W.K. Roentgen en 1895 y el descubrimiento de sustancias radioactivas por H. Becquerel en 1896, condujeron a investigaciones intensas sobre los efectos biológicos de estas radiaciones. Inicialmente, la mayoría de las irradiaciones se hicieron con rayos X, a cuales se producen cuando los electrones de un acelerador son detenidos en materiales, preferiblemente de átomos con un número atómico alto, como el tungsteno. En esta época las fuentes eran muy costosas y por ello no se pudo llevar a cabo la aplicación practica. No fue sino hasta mediados de 1940 cuando la irradiación en alimentos volvió a tomar interés cuando Huber en 1945, sugirió usar un acelerador de electrones para preservar el alimento; pero los aceleradores eran en esos días muy costosos y de poca confianza para la aplicación en industrias. A principios de 1950 se hizo la primera aplicación comercial de irradiación por medio de fuentes de isótopos usando un acelerador lineal para la esterilizacion de productos medicinales. A finales de 1950, el precio de cobalto-60 se redujo significativamente, por lo que la compañía Johnson & Johnson tomó la decisión de cambiar la irradiación por Co-60 rayos gamma. A principios de los años 60, la compañía Riso en Dinamarca demostró

que un acelerador lineal de 10 MeV podía operarse con confianza para la esterilización de productos medicinales.

1. Fuentes de Radiación

Actualmente se cuenta con varias fuentes de radiaciones ionizantes, tales como rayos "X", Gamma, partículas Alfa y Beta, Protones y Neutrones, además de la ultravioleta, aunque esta última no es una radiación ionizante de las longitudes de onda comúnmente empleadas. Cada una de estas radiaciones tiene sus características de energía llamada QUANTOS, ionizaciones o pares de iones que pasan la materia, ya sea en menor o mayor facilidad y porcentaje (11).

a. Rayos "X"

Los rayos X, gamma y la luz UV se diferencian por su longitud de onda (10 y 0.001 nm para rayos X y gamma, respectivamente en comparación con 2 ó 3 mil nm para la luz UV) determinan la poca similitud que existe en su uso práctico. Es deseable usar máquinas que produzcan radiaciones de onda corta (rayos X duros), ya que su penetración es mayor que la de los rayos X de longitud de onda más larga (5, 10).

b. Rayos Gamma

Es una clase de radiación electromagnética similar a las ondas de radio, luz visible, microondas, rayos UV, etc., sin embargo, la diferencia que le da propiedades de ionizar y atravesar la materia está en su frecuencia, que es muy alta. Los rayos gamma se diferencian de los rayos X en su origen; los rayos X en la estructura orbital electrónica. Los rayos gamma tienen una longitud de onda menor que la de los rayos X, que los hacen tener mayor energía por fotón (15,19).

Los rayos gamma pueden ser penetrantes y atravesar un cuerpo humano de parte a parte, pero quedan casi completamente absorbidos por una capa de concreto de un metro de espesor. Un rayo gamma es de longitud muy corta. Carece de masa en reposo, de carga eléctrica y se propaga a una velocidad igual a la velocidad de la luz (aproximadamente 3×10^{10} cm/seg en el vacío) (19).

En la producción industrial de rayos gamma se emplea normalmente los nucleidos ^{60}Co y ^{137}Cs . La radiación Gamma de ^{60}Co tiene una energía de un millón de electrón voltio y una longitud de onda de 10^{-10} cm. Fuentes radioactivas artificiales como ^{60}Co y ^{137}Cs son producidas al bombardear ^{59}Co con neutrones en un

reactor nuclear y por separación química de combustible nuclear. Ambas fuentes radioactivas emiten alta frecuencia de radiación electromagnética llamada rayos gamma. Esta alta radiación penetrante es usada en la preservación de alimentos (12).

c. Rayos Ultravioleta

Estos tienen una penetración muy limitada en los tejidos.

La absorción de la luz ultravioleta depende en gran parte de la estructura molecular, las longitudes de onda en el rango de 2500 y 2900 nm son biológicamente más efectivos, ya que es la región de máxima absorción de luz por los ácidos nucleicos (18).

* = ^{60}Co = Cobalto 60, fuente de radiación gamma

** = ^{137}Cs = Cesio 137, fuente de radiación gamma

B. Alimentos

Existen enormes cantidades de frutas y vegetales alrededor de un cuarto del total de la producción de alimentos en el mundo que son producidas anualmente. La mayoría contiene grandes cantidades de agua, así como solutos listos para ser usados por microorganismos e insectos. Esto los hace muy sensibles a la maduración, especialmente bajo condiciones de almacenamiento que prevalecen en la mayoría de países tropicales, es decir, a alta temperatura y alta humedad relativa. Para prevenir la maduración se aplican, usualmente, procesos de refrigeración o calentamiento, en donde existen estas facilidades. En la mayoría de países tropicales productores de fruta, dichas facilidades no existen. Aún existiendo en suficiente capacidad, se necesita una gran ayuda para aumentar los conocimientos de vida útil de alimentos en almacenamiento congelado (14).

La radiación ionizante puede ser útil para resolver algunos de los problemas anteriores. También puede reducir el número de insectos y/o microorganismos a un nivel en donde la estabilidad entomológica y microbiológica está asegurada. Se puede tratar y aplicar este procedimiento para desinfectar de insectos y microorganismos las frutas y vegetales. Además, los microorganismos dañinos a la salud humana (aquellos que causan

envenenamiento de alimentos) también puede destruirse por irradiaciones. Los cambios fisiológicos como la maduración puede ser influenciada por la radiación (14).

1. Proceso de irradiación

La irradiación de alimentos es el uso de la radiación ionizante en éstos. Esta radiación deposita energía en los átomos y moléculas que constituyen el alimento formándose iones, que originan una serie de reacciones químicas y que se traducen en cambios físicos, químicos fisiológicos y técnicos en los alimentos tratados. La fuente de energía ionizante puede ser radiación gamma proveniente del decaimiento natural de radioisótopos de Co-60, Cs-137 o electrones generados o por máquinas que trabajen a energía SUV o inferiores. El uso de este tipo de radiaciones es común en terapia de cáncer y obtención de radiografía (radiaciones gamma y X) y en el tratamiento industrial (electrones) de diferentes materiales (gomas, maderas, plásticos etc.) (9,14).

2. Rayos gamma en alimentos

La penetración de los rayos gamma y su intensidad depende de la energía gamma. Los alimentos están formados químicamente por arreglos de moléculas, moléculas del mismo tipo que

también comprende bacterias, insectos, microorganismos, parásitos, etc. Cuando los rayos gamma entran en el alimento, inyectan electrones al átomo de moléculas, inhibiendo el mecanismo de reproducción de materia viva. Por ello, los rayos gamma causan daño en todos los microorganismos e insectos indeseables presentes en los alimentos (2,4). La cantidad total de energía depositada en un volumen dado de alimento es proporcional al número total de rayos gamma que en el alimento (4).

3. Ventajas de la radiación gamma en alimentos

Investigaciones hechas desde 1943 han demostrado que el tratamiento de alimentos con irradiación puede proveer considerables ventajas:

1. Preservación de alimentos: Este varía según el tratamiento.

La irradiación controla los microorganismos dañinos en los alimentos. Todos los organismos presentes en el alimento pueden ser inactivados para asegurar una preservación a largo tiempo. Una fracción de ellos también puede ser inactivada para asegurar una extensión limitada de la vida del producto. Carnes, frutas, verduras, mariscos, cereales y legumbres son algunos de los alimentos que pueden preservarse (22,24).

2. Descontaminación de alimento: Este se efectúa en bacterias patogénicas, hongos, levaduras e insectos. La descontaminación aumenta la calidad higiénica de los alimentos y previene el potencial de las enfermedades. Las carnes y mariscos pueden descontaminarse de bacterias y parásitos; cereales, legumbres, frutas y pescado seco de insectos; y alimentos secos, tales como las especias pueden descontaminarse de bacterias e insectos (24).

Los insectos constituyen la más abundante forma de vida animal sobre la tierra. Se les encuentra en todas las partes del mundo, excepto en los mares y en las regiones polares y su existencia en la tierra viene desde hace más de 250 millones de años.

Debido al gran número y la variedad de especies existentes, el desarrollo de métodos de control de plagas de insectos ha sido el motivo de preocupación múltiple en centros de investigación a nivel mundial. Además, debido al fenómeno de inducción de una mayor resistencia a los insecticidas absorbidos en la mayor parte de los insectos y a la gran toxicidad y contaminación ambiental producida por los insecticidas empleados, se ha hecho necesario buscar otras formas de control, entre ellas se encuentra el uso de radiaciones ionizantes para el control de plagas. Los efectos dañinos de la radiación en los insectos son: letalidad,

disminución de la longevidad, esterilidad, reducción en la incubación, retrasos en el desarrollo biológico, disminución del consumo de alimentos e inhibición de la respiración (9, 22, 24).

La dosis baja de irradiación puede causar la muerte o esterilidad de insectos. La desinfestación por medio de radiación es uno de los mejores sustitutos de los agentes químicos que el hombre posee en la actualidad. Como se requieren dosis de alrededor de 0.3kGY, los cambios en frutas frescas y hortalizas son insignificantes. El efecto de la irradiación se traduce en la esterilización sexual de estos parásitos, de este modo se le impide completar su ciclo de vida (9,14).

3. Control de la maduración y descomposición de frutas frescas y vegetales: la irradiación puede extender la vida de mercado de aquellos alimentos que después de la cosecha continúan activos fisiológicamente por medio de retardo de maduración o descomposición (4,5,22).

Las bajas dosis de irradiación retardan la maduración de algunas frutas como plátanos, mangos, papaya y guayabas, aumentando por otra parte, su vida útil. Este efecto fisiológico no debe confundirse con el aumento de la vida

útil que se obtiene por reducción de la población microbiana. Una extensión de vida útil razonable se puede obtener con dosis de 0.3-0.5 kGY (14).

4. Alteración de la composición química: la composición química de varios alimentos, tales como cereales y legumbres pueden alterarse para aumentar la calidad. Esta alteración química puede hacerse a través de la acción de la radiación en el alimento. La dosis aplicada es el parámetro del proceso más importante para asegurar el efecto deseado (6,24).

5. Mantiene calidad sensorial: debido a la muy pequeña cantidad de cambio químico que la irradiación produce en los alimentos, generalmente no se observan cambios sensoriales en los resultados. Por ejemplo, la irradiación de carnes y mariscos para la inactivación de bacterias vegetativas patógenicas y parásitos o microorganismos dañinos para extender la vida del producto no causa algún cambio en sus características sensoriales normales. Mientras que la esterilización por medio de calor degrada severamente la textura de las carnes, la esterilización por radiación produce cambios mínimos en la textura (6,24).

6. Mantiene el valor nutritivo total de los alimentos: estudios

efectos Nutricionales

en el valor nutritivo de alimentos irradiados determinan que la irradiación no causa algún cambio en los macronutrientes y cambios insignificantes en los micronutrientes (vitaminas).

En los alimentos irradiados por corto tiempo, no muestra algún daño en los micronutrientes.

Vitaminas liposolubles: la estabilidad de los micronutrientes en los alimentos está influenciada por muchos factores(6,24).

Cuando una vitamina se somete a dosis de radiación ionizante, se puede inducir su descomposición. El tipo y grado de la degradación dependerán de la sensibilidad de la vitamina, la cantidad de energía a la cual es expuesta, la naturaleza y el estado físico del medio en la cual se encuentra presente.

En general, los carotenos son más estables a la radiación que la vitamina A (en forma de alcohol), y la vitamina A (en forma de acetato) es dos veces más estable que los carotenos.

La actividad relativa de la vitamina K no muestra diferencias significativas por la irradiación. La vit. E es la más sensible de las vitaminas liposolubles. El orden de radiosensibilidad es como sigue:

Vit.E > Vit.A > Vit.D > Vit.K

Vitaminas hidrosolubles: su radiosensibilidad depende de si

se encuentran en solución pura o contenidos en alimentos y por lo tanto, protegidas por otros componentes y mecanismos, incluyendo la interacción mutua entre vitaminas del grupo B. La vit. C es otra de las vitaminas sensibles a la radiación, pero cuando se encuentra contenida en los alimentos, su radiosensibilidad es mucho menor que en solución pura (6,24).

4. Pruebas de mercadeo

Una de las mayores razones del por qué los alimentos irradiados no aumentan su uso comercial, se debe a que los gobiernos e industria de alimentos están preocupados por la aceptación de éstos por el consumidor. Tests recientes de mercadeo de alimentos irradiados sugirieron que los consumidores bien informados no rechazan probar alimentos identificados como haber sido procesados por radiación. Estos tests se han realizado en países como Argentina, Chile, China, Tailandia, Polonia, Filipinas, Hungría, Francia, Indonesia, Israel y Estados Unidos. Los productos tratados eran: manzanas, papas, cebollas, fresas, mangos, papaya, pescado seco y salchichas de cerdo fermentadas (5, 8, 24).

1. Papaya irradiada: la papaya proveniente de Hawaii se colocó

en el supermercado, en California. El test duró ocho horas; al final resultó que 150 lb de papaya irradiada fueron vendidas y sólo 13 lb de papaya sumergidas en agua caliente se vendieron; por lo tanto, la relación fue de 11:1 en favor de la papaya irradiada.

2. Fresas irradiadas: la fruta se colocó en el supermercado identificada como producto irradiado y su precio era un poco más caro que las fresas no irradiadas. Se concluyó que el consumidor prefiere comprar más las fresas irradiadas debido a su mejor calidad.

3. Radiación de salchichas de cerdo fermentadas: una popular salchicha de cerdo fermentada (Nham) es normalmente consumida cruda en Tailandia, es decir sin cocer o algún tratamiento térmico. Este producto está continuamente contaminado por *Salmonella* y en ocasiones por *Trichinella spiralis*. Nham irradiado (2.0 kGY mínimo) y etiquetado como producto irradiado, se colocó a la venta junto con productos no irradiados en algunos supermercados de Bangkok. Los resultados obtenidos por una encuesta a los consumidores fueron que el 34.1% de consumidores compró Nham irradiado por simple curiosidad, mientras que el 65.9% de los consumidores la compró por el

simple hecho de que creían en su seguridad de Salmonella y Trichinella (5, 6, 8).

Por los resultados obtenidos por los tests, se pudo observar que el factor más significativo que influye en la aceptación de productos irradiados se debe a su mejor calidad.

C. Interacción de la radiación con la materia

La interacción de la radiación con la procesos fundamentales es:

a. proceso primario (efecto directo)

b. proceso secundario (efecto indirecto)

El proceso primario implica el impacto directo de la radiación sobre las moléculas, formándose como resultado, fragmentos moleculares, iones y moléculas excitadas.

El proceso secundario involucra la interacción del proceso primario, pudiendo ocurrir la formación de compuestos diferentes a los originales (15).

D. Nutrientes del banano

Al analizar el banano, se determina que sus componentes nutritivos más importantes se encuentran en la siguiente cantidad en 100 gr de fruta: 75.7% de agua, 1.1 gr de proteína, 0.2 gr de grasa, 22.7 gr de carbohidratos, 8mg de calcio, 26mg de fósforo, 0.7mg de hierro, 1mg de sodio y 370 mg de potasio;

además contiene 30 microgramos de vit. A y 10 ug de vitamina C (1, 17).

- **POTASIO:** Este es necesario en el proceso donde la glucosa se convierte en glicógeno para ser almacenado en el hígado.

Cuando hay una deficiencia de potasio, los músculos no pueden funcionar apropiadamente. Las personas que hacen un trabajo

físico pesado, necesitan más potasio que aquellas que llevan vida sedentaria. Las dietas con deficiencia de potasio en las

personas mayores contribuye al debilitamiento muscular. El corazón es un músculo y el potasio sirve en la importante

función de ayudar a mantener el latido regular del corazón (1,25).

Un aumento moderado en el consumo de potasio puede beneficiar a aquellas personas que sufren de hipertensión.

Causas de la deficiencia de potasio en el cuerpo: el alcohol y café aumentan la cantidad de potasio excretada por vía

urinaria. Algunas medicinas, incluyendo la aspirina, aumentan la necesidad de potasio. Una deficiencia de potasio también

puede producirse al comer muchos alimentos refinados o mucha sal. Esta deficiencia no sólo puede causar un lento e

irregular latido del corazón, sino además ayuda a producir alta presión, insomnio, náusea, vómitos, nerviosismo,

irritabilidad, espasmo muscular, piedras en el riñón y malfuncionamiento del riñón. Fuentes abundantes de potasio se pueden encontrar en el germen de trigo, nueces, dátiles, pasas, ciruelas, levadura de cerveza, sardinas, papa, bananos, zanahorias, espinaca, hongos, jugo de tomate y jugo de toronja (1,25).

- **HIERRO:** Es requerido para formar la hemoglobina de la sangre, la cual es responsable del transporte de oxígeno a cada célula del cuerpo. El hierro no sólo funciona como un componente integral de la hemoglobina, sino como elemento vital en enzimas (citocromos y citocromooxidasas) que transfieren el oxígeno dentro de las células, así como en la mioglobina del músculo; alrededor del 15% del hierro es almacenado en el hígado como ferritina.

Deficiencia de hierro: la deficiencia de hierro puede causar anemia, lo que afecta especialmente a las mujeres debido a la menstruación o al hierro adicional necesario durante el embarazo o la lactancia. Una falta de Fe puede causar mala memoria y dificultad de pensar con claridad. Entre los alimentos que contienen hierro se encuentra el hígado, cereal, nueces, bananos, huevos y carne (1,25).

- **CALCIO:** Es un ingrediente inorgánico que se encuentra en mayor cantidad en los huesos y dientes, dando un total de 1-1.5Kg en el cuerpo humano adulto. Las pequeñas cantidades de calcio en la sangre y en los tejidos suaves juegan un papel vital en las reacciones metabólicas y controla el latido del corazón y la excitabilidad del músculo y nervios. Se recomienda ingerir diariamente 0.5gr por día; esta cantidad aumenta durante el embarazo, la lactancia y el crecimiento de los niños. Fuentes ricas en calcio son los productos lácteos y frutas (banano) (1,25).

- **FOSFORO:** Junto del calcio, el fósforo es el mineral más abundante en el cuerpo. El fósforo es esencial para la calcificación de la estructura ósea. El fósforo se necesita para la absorción y metabolismo de los monosacáridos y para la formación del compuesto ATP, que controla la liberación de energía de los carbohidratos, grasa y proteína. El fósforo forma parte de compuestos importantes del cuerpo, tales como fosfolípidos, fosfoproteínas, lipoproteínas y nucleoproteínas. Cantidades abundantes de fósforo pueden encontrarse en los bananos, pollo, carne, piña, tomates, soya, hígado, huevos, quesos, etc. (1,25)

- **SODIO:** se encuentra en grandes cantidades afuera de las células, en la sangre y en otros fluidos extracelulares. Algo de sodio puede encontrarse en la superficie de los huesos. El

sodio puede perderse tanto por la orina como por el sudor. El sodio juega un papel importante en la regulación de acidez y el balance de electrolitos en el cuerpo. El sodio puede encontrarse en grandes cantidades en la leche, queso, huevos, carne, pollo, pescado y vegetales (zanahoria, espinaca, remolacha y apio). Las frutas son bajas en el contenido de sodio (25).

- **VITAMINA C:** Estudios realizados revelaron que el ser humano adulto requiere un consumo mínimo de 10 mg diarios de ácido ascórbico, con lo cual previene o cura el escorbuto. Los síntomas de deficiencia de vitamina C son: fatiga, malhumor, dolores musculares, dificultad al respirar y hemorragias internas. Cuando la deficiencia de vit. C es más severa entonces causa escorbuto (25). El ácido ascórbico también es importante en el metabolismo de aminoácidos, ayuda en la absorción del hierro, en la síntesis de colágeno y en el metabolismo de lípidos (25).

E. Dosimetría

1. Aplicaciones de la irradiación

La irradiación tiene variada e interesantes aplicaciones en los alimentos, las que pueden ser clasificadas de acuerdo a la cantidad de energía absorbida por unidad de masa; esto es

según el rango de dosis como sigue:

a. dosis baja (<1kGY)

- inhibición de brotación en bulbos y tubérculos

- desparasitación de carnes

- retardo de maduración (extensión vida útil)

- desinfestación

b. dosis medias (1-10kGY)

- destrucción de microorganismos (reducción de contaminación)

- mejoramiento de las propiedades tecnológicas de alimentos

c. dosis altas (>10kGY)

- esterilización

- eliminación de virus. (13,22)

La cantidad de trabajos de investigación referente a los efectos de la irradiación sobre el contenido de los nutrientes de los alimentos irradiados es muy abundante. En un trabajo publicado por Schultz y Lee (23) se discute en términos generales el estado presente de preservación de alimentos por medio de la irradiación. El artículo resume los efectos conocidos de la irradiación sobre varios alimentos y proyecta los resultados para indicar el estado de estos alimentos respecto de la probabilidad de aceptación

por el consumidor y la probabilidad de poder procesarse. Un estudio realizado por A. Méndez (16) indica que el valor nutritivo de la mezcla vegetal Incap #9 (Incaparina) no fue afectada prácticamente por la irradiación gamma a dosis de 300 y 3000 Krad aunque se encontró una correlación negativa y estadísticamente significativa entre dosis de irradiación y lisina disponible, gopipol libre y el índice de eficiencia proteica. El aspecto físico -color y olor- de la harina no fue afectada por la irradiación gamma a dosis de 300 y 3000 rad.

En la Dirección General de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas, se han hecho varios trabajos en los que se utiliza la fuente de irradiación Dynarad 5L. Entre los trabajos que se encuentran están los siguientes:

"De acuerdo con Montepeque Roldán (1984), la dosis de radiación gamma de Co-60 sobre los tubérculos de papa influyen en la brotación." Se llegó a la conclusión que "los tubérculos de papa tratados con 4 y 6 Krad tuvieron una respuesta análoga al testigo, en donde la brotación comenzó al mes de la recolección. Dosis de 8, 10 y 12 Krad sí inhiben la brotación de los tubérculos en forma irreversible, independiente de la época de irradiación y condiciones de iluminación." Se realizó otro trabajo acerca del efecto mutagénico de los rayos gamma de Co-60 en la fenología y contenido de protección en dos

variedades de frijol común. "De acuerdo con Pretzanzin (1985), la inducción de mutaciones usando radiaciones Gamma de Co-60 es una herramienta útil en la obtención de variabilidad para el mejoramiento de plantas por contenido de proteína total."

Uno de los trabajos más interesantes es el de Carlos Villagrán, quien propuso que la irradiación de mangos de la variedad Tommy Atkins extiende el tiempo de vida útil y proporciona un control de plagas. De acuerdo con Villagrán (1992), "una dosis de 0,75 kGy en combinación con refrigeración de 8-12 C va a preservar la fruta en condiciones óptimas para su consumo y mercadeo por un período de 29 días, un período de tiempo suficiente para alcanzar un mercado efectivo de exportación."

BIBLIOTECA
DE LA
COMUNIDAD DEL ALTO DE GUATEMALA

IV. JUSTIFICACION

Del total de banano producido en Guatemala, el 89% es exportado solamente un mínimo está destinado para consumo nacional.

De este 89% de producción, el 47% se va a Estados Unidos de América; el 42% a la Comunidad de Estados Europeos y el 11% restante, está destinado al consumo nacional.

La irradiación es uno de los más nuevos procesos de preservación de alimentos. Tiene un lugar en situaciones específicas, en donde otros procesos no han sido satisfactorios.

La irradiación de los alimentos consiste en exponerlos durante un período de tiempo a radiaciones, con el propósito de destruir microorganismos e insectos. Este proceso ofrece indudables beneficios para la salud y el bienestar del hombre, ya que destruye gérmenes patógenos presentes en los alimentos, además de prolongar la vida útil de los alimentos perecederos y así asegurar el producto en el mercado por más tiempo.

Además, por medio de la radiación, ocurre una pérdida mínima de nutrientes.

V. OBJETIVOS

A. Objetivos generales

1. Contribuir en el uso de nuevas técnicas aplicadas a la investigación del país, y ayudar al mejoramiento de la calidad de los productos de exportación, como el banano.
2. Lograr un suministro de alimentos inocuos, sanos y nutritivos para la población.
3. Mejorar las condiciones de competencia en el mercado internacional de alimentos y reducir los rechazos en los países importadores.
4. Disminuir las pérdidas en el mercado de alimentos.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la dosis óptima de radiación gamma que prolongue más la vida útil del banano.
2. Determinar el efecto de la radiación gamma de Cobalto-60 sobre la prolongación de vida útil y el contenido de minerales de los bananos.
3. Comparar la prolongación de vida útil del banano irradiado bajo dos condiciones de almacenamiento (a temperatura ambiente y a cuatro grados centígrados).
4. Comparar el contenido de minerales entre los bananos irradiados, los bananos refrigerados y los bananos a temperatura ambiente.

VI. HIPOTESIS

* Las dosis de radiación Gamma de Co-60 sobre los bananos influye en su vida útil, aumentándola.

* La dosis de radiación Gamma de Cobalto-60 disminuye despreciablemente el contenido de potasio, hierro, calcio, sodio y fósforo en el banano.

* El comportamiento de prolongación de vida útil del banano irradiado varia según las condiciones de almacenamiento.

VII. MATERIALES Y METODOS

A. Materiales

1. Localización

El presente estudio se realizó en la sección de Agropecuaria de la Dirección General de Energía Nuclear.

2. Material experimental

a. Bananos empleados

Se realizaron los experimentos con bananos de la variedad Grane Naine, procedentes de Bananera, Izabal.

b. Tratamiento con radiación gamma Co-60

Se hicieron cinco irradiaciones (cuadro No. 1). La irradiación se efectuó en un irradiador DINARAD 5L, que contiene una fuente de Co-60, cuya actividad tomada el primero de abril de 1993 era de 68.951 Krad/hora. Esta fuente se encuentra en la Dirección de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala. Luego de la irradiación, los bananos se empacaron en bolsas plásticas con orificios pequeños y se colocaron en cajas de cartón a temperatura y humedad controlada.

c. **Tratamiento con refrigeración**

Se colocaron los bananos empacados en bolsas plásticas con orificios en una refrigeradora a 4 Centígrados.

d. **Tratamiento a temperatura ambiente**

Los bananos se empacaron en bolsas plásticas con orificios pequeños y se colocaron en cajas de cartón a temperatura ambiente y humedad controlada.

3. **Materiales y equipo**

Los materiales empleados para el experimento son:

a) bananos de la variedad Grane Naine

b) irradiador Dynarad 5L con una fuente de Co-60

c) cronómetro

d) marcadores de distintos colores

e) refrigeradora General Electric

f) bolsas plásticas

g) cajas de cartón

h) hidrotérmetro 4-speed Model 8368-60 Cole-Parmer

Instrument, Co.

i) espectrofotómetro de absorción atómica GBC model 902

Serie # 758 monofásico 200-240 Volts ó 105-125 Volts;

Perkin-Elmer, Model 703 Serie # 700 105-125 Volts,

monofásico

4. Evaluación de parámetros

La observación de los bananos se llevará a cabo por un período de dos meses, en el cual se espera que los bananos testigo ya hayan madurado.

a. Maduración

Se observa cada tres días la maduración de los bananos comparándolos con el cuadro No. 15 (ver anexos), y se lleva un control de la humedad y temperatura del ambiente que hay diariamente.

b. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales

Cada semana se lleva un control de infecciones en los bananos y se observa también el aspecto de ellos y sus cambios.

c. Variación de peso

Semanalmente se realizan pesadas de los bananos y se determinará la pérdida de peso global de cada tratamiento por diferencia entre el peso final y el peso inicial.

B. Método

1. Dosificación

En estos trabajos, las dosis se miden por medio del tiempo de exposición de la muestra en la fuente. Se utilizaron cinco dosis diferentes de irradiación, las cuales fueron: Dosis (Krad/hr): 20, 25, 30, 35 y 40.

El tiempo de exposición se calcula el día que se irradia la fruta.

El día que los bananos se irradiaron fue el 25 de agosto de 1993.

Para calcular el tiempo de irradiación se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = A_0 e^{-\frac{(0.693)}{t_{1/2}} \times t}$$

donde A_0 = actividad original = 65.418 Krad/hr

$t_{1/2}$ = tiempo medio del cobalto-60 = 5.272 años

t = tiempo desde que se tiene la actividad original del cobalto-60 hasta el tiempo en que se va a efectuar la irradiación.

Sabiendo A y la dosis que se desea, se calcula el tiempo de irradiación.

CUADRO No. 1

	DOSIS Krad	TIEMPO DE IRRADIACION
1	20	18 minutos 20 segundos
2	25	22 minutos 55 segundos
3	30	27 minutos 30 segundos
4	35	32 minutos 06 segundos
5	40	36 minutos 41 segundos
sobredosis	55	50 minutos 44 segundos
testigo	00	--
refrigerado	-	--

Debido a una falla de la luz eléctrica, un tratamiento se quedó en el irradiador mucho más tiempo que el esperado, por lo tanto, también se observó su peso y grado de maduración.

2. Espectrómetro de absorción atómica: Consiste en una fuente de luz que emite el espectro en línea de un elemento (lámpara vacío-cátodo), un aparato para vaporizar la muestra (usualmente una llama), un monocromador o filtro y un detector fotoeléctrico junto con su amplificador electrónico y equipo de medición.

PROCEDIMIENTO DE OPERACION DEL INSTRUMENTO: En general, el procedimiento es el siguiente: se instala una lámpara cátodo-vacío para el metal deseado en el instrumento y coloque la longitud de onda deseada. El instrumento se enciende y se aplica a la lámpara de vacío - cátodo la

corriente sugerida por el fabricante (ya sea AC o DC) y se deja calentar el aparato hasta que se estabiliza la fuente de energía (alrededor de 10 a 20 minutos). Después del

calentamiento se reajusta la corriente.

Se enciende el aire y se ajusta la velocidad del flujo para dar la máxima sensibilidad para el metal que se está midiendo. Luego, se enciende el acetileno; se ajusta la velocidad de flujo y se enciende la llama. Se obtiene un

dato de referencia y éste se utiliza para subsiguientes determinaciones del mismo elemento.

Debido a una falla en la válvula de acetileno, el aparato puede en el futuro ser mucho más tiempo que el esperado. Lo tanto, también se observó un error y se debe corregir.

2. Espectroscopio de emisión atómica: Consiste en una fuente de luz que emite el espectro en línea de un elemento lámpara

vacío-cátodo), un aparato para vaporizar la muestra (usualmente una línea), un monocromador o filtro y un detector fotométrico junto con un amplificador electrónico y equipo de medición.

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL INSTRUMENTO: En general, el

procedimiento para el análisis de muestras sólidas es el siguiente: Se coloca la muestra en el instrumento y se coloca la cantidad de muestra deseada. El instrumento se

enciende y se aplica la lámpara de muestra a la cámara de

VIII. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas II y III y en el cuadro número 2.

Debido a una falla eléctrica, un tratamiento de banano fue irradiado con una dosis que no se requería. Pero ya que ocurrió el incidente, también se le tomó en cuenta, resultando que el banano maduró bastante rápido y, además, se reventó.

Los demás bananos tratados no sufrieron algún daño significativo en su apariencia debido a la irradiación.

El contenido nutritivo analizado en los bananos es el siguiente:

CUADRO No. 2
MEDIAS DEL CONTENIDO NUTRITIVO

DOSIS (Krad)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)
testigo	7.50	27.33	0.77	1.03	368.67
20	7.50	26.33	0.75	0.89	361.67
25	7.67	27.00	0.73	0.96	367.67
30	7.12	26.83	0.66	0.87	362.33
35	7.00	26.33	0.68	0.92	362.00
40	7.50	25.66	0.66	0.87	361.66
refrigerado	5.93	24.33	0.63	0.75	352.33

CUADRO No. 3
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS PESOS TOMADOS

F.V. G.L. S.C.S. = H.V.C.M. V.F. Pr>F = S.V.

VIII. RESULTADOS

A	6	26283.9867	4380.6644	0.83	0.5644	ss
Error	14	73675.5333	5262.5381			
Total	20	99959.5200				

C.V. = 13.6513 V.M. = 531.4000

DONDE:

- F.V. = Fuente de Variación.
- G.L. = Grados de Libertad.
- S.C. = Suma de cuadrados.
- C.M. = Cuadrado medio.
- V.F. = Valor de F al 5%.
- Pr>F = Probabilidad asociada con el valor de F.
- C.V. = Coeficiente de variación.
- V.M. = Valor medio de la variable analizada.
- A = Tratamientos.
- S = Significancia.
- ss = Significativo al 5%.

CUADRO No. 4
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS NUTRIENTES
ANALIZADOS

	F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	V.F.	Pr>F	S.
A	6	6.392381	1.065396	4.44	0.0102	ss	
Error	14	3.360000	0.240000				
Total	20	9.752381					

C.V. = 6.822186 V.M. = 7.180952
ss = significativo al 5%

Ver otros análisis de varianza de los demás nutrientes (fósforo, sodio, potasio y hierro) en anexos.

CUADRO No. 5
TIEMPO DE VIDA UTIL DEL BANANO DESPUES DE IRRADIADO

DOSIS DE IRRADIACION (Krad)	DURACION DE VIDA UTIL DEL BANANO DESPUES DE IRRADIADO (dias)
20	21
25	21
30	10
35	08
40	05
testigo	12

A cada dosis se le asignó un número de tratamiento, como se demuestra en la siguiente tabla:

TABLA NO. 1

dosis	tratamiento
20 Krad	T1
25 Krad	T2
30 Krad	T3
35 Krad	T4
40 Krad	T5
testigo	T6
refrigerado	T7

CUADRO No. 6
PRUEBA DE MEDIAS DE DUNCAN

CALCIO

Grupo DUNCAN	MEDIA	TRATAMIENTO
A	7.067	T 2
A	7.500	T 1
A	7.500	T 5
A	7.500	T 6
A	7.167	T 3
A	7.000	T 4
B	5.933	T 7

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
En anexos se muestran las demás pruebas medias de Duncan para los otros nutrientes (hierro, fósforo, sodio, potasio).

IX. DISCUSION DE RESULTADOS

1. Peso de las muestras.

Por medio del análisis de varianza que se le realizó a los pesos tomados de las muestras, se obtuvo que no existen diferencias estadísticamente significativas para el peso de bananos, tomado cada tres días después de la irradiación, en los tratamientos. Debido a que no existe alguna diferencia significativa en el análisis de varianza, no es necesario realizar la prueba de medias de Duncan, ya que ésta también determina que no existen diferencias entre tratamientos.

2. Grado de maduración de los bananos según el tratamiento.

El grado de maduración promedio de cada tratamiento se muestra en la tabla II del anexo, la cual muestra que los tratamientos con 20 y 25 Krad son los más efectivos, pues prolongan la vida útil del banano al doble que la vida útil del banano testigo (ver cuadro No. 5). Después de los 25 Krad, al aumentar la dosis de irradiación, se disminuye el tiempo de vida útil del banano. El banano refrigerado a 4 C, no cambió su color verde a un color amarillo, sino que se coloreó negro; como visualmente no se podía saber si el banano estaba o no maduro, entonces a los 16 días después, se abrió un banano, observándose que aún estaba verde, pero tenía un mal aspecto. Esto se pudo

deber a que el almacenamiento a una temperatura inferior a los 13 C disminuye las actividades enzimáticas que propician la maduración natural y esto resulta en colores mal desarrollados.

Entre los tratamientos con dosis de 20 y 25 Krad, aunque ambos duran 21 días de vida, es mucho mejor la dosis de 25 Krad, ya que se madura más lentamente que el banano con tratamiento de 20 Krad; lo anteriormente dicho puede observarse mejor en la Gráfica 1.

Por lo que si las dosis de irradiación son menores de 25 Krad, entonces también se disminuye el tiempo de vida útil de esta fruta.

3 Valor nutritivo de los bananos irradiados.

Por medio del análisis de varianza mostrado en los cuadros 4, 7, 8, 9 y 10 de resultados se demuestra estadísticamente que si existen diferencias entre los tratamientos. Esto puede apreciarse mejor en la prueba de Medias de Duncan:

- a) Calcio: por medio del cuadro No. 6 de resultados se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6, pero sí difiere el T7, el cual es el tratamiento refrigerado a 4 C, temperatura que no es óptima para el almacenamiento de bananos. Esto puede observarse también en la gráfica 2.
- b) Fósforo: en este caso, el banano irradiado con 40 Krad contiene la menor cantidad de fósforo que los demás tratamientos,

X. CONCLUSIONES

exceptuando el tratamiento refrigerado que, como ya se mencionó anteriormente, su temperatura de almacenamiento no fue la adecuada.

También la cantidad de hierro, sodio y potasio en el tratamiento refrigerado es la mínima en comparación a los demás y tratamientos.

c) Hierro: en la cantidad de hierro no existe diferencia significativa entre los T1, T2, T4 y T6. Mientras que T3 y T5 tampoco tienen diferencias significativas. Pero sí existe una diferencia significativa al comparar los tratamientos 1, 2, 4 y 6 con los tratamientos 5 y 3.

d) Sodio: el sodio, al igual que el hierro, se encuentra con más abundancia en los bananos tratados con dosis de 20, 25, 35 Krad y en el banano "testigo". Mientras que las dosis de 30 y 40 Krad disminuyen en forma significativa la cantidad de sodio en el banano comparado con la muestra testigo.

e) Potasio: siendo el potasio uno de los nutrientes que se encuentran en mayor cantidad en el banano, se puede observar en el cuadro No. 14 de anexos que el banano tratado con dosis de 25 Krad es el que más conserva la cantidad de potasio, ya que no hay una variación significativa entre el banano testigo y el banano tratado con 25 Krad.

Observando las gráficas 2, 3 y 4 de anexos, y los cuadros No. 6, 11, 12, 13 y 14 de resultados o anexos, es notorio que el banano irradiado con 25 Krad en ningún caso tiene una diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de los nutrientes

analizados (calcio, potasio, hierro, sodio y fósforo). Además, de las cinco irradiaciones efectuadas, es en el banano irradiado con 25 Krad en donde más abunda el calcio, fósforo, sodio y potasio. La temperatura y humedad relativa no cambió significativamente durante el tiempo que duró el experimento, por lo que no influyó en los resultados obtenidos. El rango de temperatura se mantuvo entre los 20 - 25 C y la humedad relativa se mantuvo entre el 75-95 %.

Y a continuación se comparan los resultados obtenidos en los análisis de los elementos S y P con los tratamientos de irradiación. Se observa que el calcio, el sodio, el hierro, el fósforo y el potasio en los bananos tratados con dosis de 20, 25, 30, 35 y 40 Krad. Mientras que las dosis de 50 y 60 Krad disminuyen en forma significativa la cantidad de calcio en el banano comparado con la muestra testigo. El potasio siendo el elemento que se encuentra en mayor cantidad en el banano, se pudo observar en el quinto día de la prueba que el banano tratado con dosis de 25 Krad es el que conserva la cantidad de calcio, ya que no hay una variación significativa entre el banano testigo y el banano tratado con 25 Krad. Observando las gráficas S, P y A de anexos, y los cuadros 1 y 2, se puede observar que los resultados de sodio y potasio que el banano irradiado con 25 Krad en ningún caso tiene una disminución estadísticamente significativa en la cantidad de los nutrientes.

X. CONCLUSIONES

- A Las dosis de 25 Krad de radiación Gamma de Co-60 sobre el banano, aumentan su vida útil (comparado con el testigo que dura 12 días), a 21 días, es decir, un 75% más de vida útil.
- B La dosis de 25 Krad de irradiación en los bananos no afecta su contenido de calcio, fósforo, potasio, sodio y hierro.
- C El banano refrigerado se daña seriamente debido a la temperatura de almacenamiento de 4 grados centígrados.
- D Las dosis de irradiación mayores y menores a los 25 Krad, disminuyen la vida útil del banano.

XI. RECOMENDACIONES

A Si este experimento se realizara bajo las condiciones a las cuales el banano se exporta, es decir, a una temperatura de almacenamiento de 14 grados centígrados, la vida útil del banano aumenta mucho más.

XII. BIBLIOGRAFIA

1. BENDER, A. 1982. Dictionary of Nutrition and Food Technology. Butterworth & Co Ltd. 26 p.
2. BRODERICK, H.T. 1985. The radurization of fruit for marketing. Nuclear Evelopment Corp., of South Africa Ltd, Pelindaba, Pretoria. 32:2-5.
3. BRYNJOLFSSON, A. 1989. Future radiation sources and identification of irradiated foods. Food Technology. July: 84-92
4. BUSTOS, M.A. y ROCABADO, F. 1990. Irradiación de Alimentos. México. 313 p.
5. CHAMPION, J. 1978. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Colección Agricultura Tropical. Barcelona. 241 p.
6. ELIAS, P. 1989. New concepts for assessing the Wholesomeness of Irradiated Foods. Food Technology. July: 81-83.
7. HAARER, A. 1966. Producción moderna de Bananas. Editorial Acribia, Espana. 179 p.
8. JESSUP, A., CH. RIGNEY, P. WILLS. 1988. Effects of Gamma Irradiation combined with hot dipping on quality of "Kensington Pride" Mangoes. Journal of Food Science. 53:1486-1489.
9. LEVILLAIN, M. 1986. Radiation processing of fruits: application to strawberries and prunes. Francia, Centre d' Etudes Nucleaires de Cadarache. 114 p.
10. LOAHARANU, P. 1989. International trade in irradiated Foods: Regional Status and Outlook. July: 77-80.
11. . 1981. Los isótopos en la vida cotidiana. Vienna, Agencia Internacional de Energía Atómica. 24 p.
12. . 1968. Bean mutant induced by ionizing radiation III. Wrinkled leaf. Turrialba (Costa Rica) 18 (2) : 181-182.
13. . 1975. Requirements for the irradiation of food on a commercial scale. International Atomic Energy Agency. Vienna, 219 p.

14. _____ . 1968. Preservation of fruit and vegetables by radiation. International Atomic Energy Agency. Vienna. 151 p.
15. MAZON, M.P. & G. J. FERNANDEZ. 1976. Efecto de la radiación gamma sobre la conservación de tubérculos de patata durante el periodo de almacenamiento. pp 2-22. Junta de Energía Nuclear, Madrid.
16. MENDEZ, A. 1967. Efecto de la irradiación sobre el contenido de ciertos nutrientes y valor nutritivo de mezclas de proteínas de origen vegetal para el consumo humano. pp. 29. Tesis de la Facultad de Ingeniería de la USAC.
17. MONTEPEQUE ROLDAN, R. 1984. Estudio preliminar del efecto de la radiación gamma de Co-60 sobre la conservación de tubérculos de papa para consumo durante el periodo de almacenamiento. 80 p. Tesis de la Facultad de Agronomía de la USAC.
18. MUNOZ, R., M. SANCHEZ, E. UZCATEGUI & C. VACA. 1985. Preservación de alimentos por irradiación. Impreso en Quito. pp 301.
19. PILLET, P. & S. SHADAREVIAN. 1970. Food Composition. 2nd ed. Heidelberg Press. Lebanon. pp 116.
20. PINEDA, R.E. 1981. Radioisótopos en la industria. Tesis de la Facultad de Ingeniería de la USAC.
21. PRETZANZIN, E.E. 1985. Efectos mutagénicos de los rayos Gamma (CO-60) en la fenología y contenido de proteína en dos variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). pp 6-20 Tesis de la Facultad de Agronomía de la USAC.
22. ----- . 1964. The Encyclopedia Americana. Vol III. United States. pp 131.
23. ----- . 1970. Empleo de métodos nucleares para aumentar la producción de alimentos. FAO Y OIEA. 87 p.
24. SCHULTZ, H.W. & J.S. LEE. 1966. Food preservation by irradiation present status. Food Technology. 20: 38-43.
25. URBAIN, W. 1989. Food Irradiation: the past fifty years as prologue to tomorrow. Food Technology. July: 76 - 80.
26. VILLAGRAN, C. 1992. Irradiación de Mangos de la variedad "Tommy Atkins" para extender el tiempo de vida útil y control de plagas. 40 p. Inis Atomindex. 23:062975.

ANEXOS

EFFECTOS DE LA RADIACION COMO FUNCION DE LA DOSIS (RAD)

	- 100	mutaciones en plantas por radiación directa
	- 250	
estimulación de crecimiento en plantas de granos		
	- 1000	
	- 2000	esterilización de insectos
	- 3000	
	- 4000	
	- 5000	
	- 6000	
	- 10 000	
	- 20 000	
inhibición de parásitos helmínticos en la carne		destrucción de insectos (dosis letal)
	- 50 000	
	- 100 000	
radio-pasteurización	- 300 000	
	- 400 000	
	- 500 000	destrucción de salmonella en huevos
	- 1 000 000	
	- 1 500 000	
	- 2 500 000	
radio-esterilización	- 3 000 000	
	- 4 000 000	
	- 5 000 000	
	- 10 000 000	destrucción de enzimas

CUADRO No. 7
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS NUTRIENTES
ANALIZADOS

FOSFORO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	V.F.	Pr>F	S.
A	6	18.309524	3.051587	6.57	0.0018	ss
Error	14	6.500000	0.464286			
Total	20	24.809524				

C.V. = 2.594576

V.M. = 26.261905

ss = significativo al 1%

CUADRO No. 8
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS NUTRIENTES
ANALIZADOS

HIERRO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	V.F.	Pr>F	S.
A	6	0.046448	0.007741	3.19	0.0344	ss
Error	14	0.033933	0.002424			
Total	20	0.080381				

C.V. = 7.042753

V.M. = 0.699048

ss = significativo al 5%

CUADRO No. 9
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS NUTRIENTES
ANALIZADOS

SODIO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	V.F.	Pr>F	S.
A	6	0.141924	0.023654	4.09	0.0140	ss
Error	14	0.080933	0.005781			
Total	20	0.222857				

C.V. = 8.461495

V.M. = 0.898571

ss = significativo al 5%

CUADRO No. 10
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS NUTRIENTES
ANALIZADOS

POTASIO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	V.F.	Pr>F	S.
A	6	507.142857	84.523809	7.59	0.0009	ss
Error	14	156.000000	11.142857			
Total	20	663.142857				

C.V. = 0.920671

V.M. = 362.571428

ss = significativo al 1%

A cada dosis se le asignó un número de tratamiento, como se demuestra en la siguiente tabla:

TABLA No. 1

dosis	tratamiento
20Krad	T 1
25Krad	T 2
30Krad	T 3
35Krad	T 4
40Krad	T 5
testigo	T 6
refrigerado	T 7

CUADRO No. 6
PRUEBA DE MEDIAS DE DUNCAN

CALCIO

Grupo DUNCAN	MEDIA	TRATAMIENTO
A	7.667	T 2
A	7.500	T 1
A	7.500	T 5
A	7.500	T 6
A	7.167	T 3
A	7.000	T 4
B	5.933	T 7

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes. En anexos se muestran las demás pruebas medias de Duncan para los otros nutrientes (hierro, fósforo, sodio y potasio).

CUADRO No. 11
PRUEBA DE MEDIAS DE DUNCAN

FOSFORO

Grupo DUNCAN	MEDIA	TRATAMIENTO
A	27.333	T 6
A	27.000	T 2
A	26.833	T 3
A	26.333	T 1
A	26.333	T 4
B	25.667	T 5
C	24.333	T 7

CUADRO No. 12
PRUEBA DE MEDIAS DE DUNCAN

HIERRO

Grupo DUNCAN	MEDIA	TRATAMIENTO
A	0.7667	T 6
A	0.7500	T 1
A	0.7333	T 2
A	0.6833	T 4
B	0.6667	T 3
B	0.6600	T 5
C	0.6333	T 7

CUADRO No. 13
PRUEBA DE MEDIAS DE DUNCAN

SODIO

Grupo DUNCAN	MEDIA	TRATAMIENTO
A	1.0333	T 6
A	0.9667	T 2
A	0.9167	T 4
A	0.8900	T 1
B	0.8667	T 3
B	0.8667	T 5
C	0.7500	T 7

CUADRO No. 14
PRUEBA DE MEDIAS DE DUNCAN

POTASIO

Grupo DUNCAN	MEDIA	TRATAMIENTO
A	368.667	T 6
A	367.667	T 2
B	363.000	T 4
B	362.333	T 5
B	362.333	T 3
B	361.667	T 1
C	352.333	T 7

TABLA II
GRADO DE MADURACION PROMEDIO

TRATAMIENTO	GRADO DE MADURACION (dia/mes/año)			
	25/08/93	27/08/93	30/08/93	02/09/93
T1	1	2	2	2
T2	1	2	2	2
T3	1	2	3	6
T4	1	2	3	7
T5	1	2	3	7
T6	1	2	2	3
T7	1	2	2	2
SOBREDOSIS	1	2	3	7

cont TABLA II GRADO DE MADURACION PROMEDIO

TRATAMIENTO	GRADO DE MADURACION (dia/mes/año)				
	04/9/93	06/9/93	09/9/93	13/9/93	16/9/93
T1	2	2	4	7	7
T2	2	2	3	6	7
T3	7	-	-	-	-
T4	7	-	-	-	-
T5	7	-	-	-	-
T6	4	6	7	-	-
T7	2	-	-	-	-

TABLA III
PESO DEL BANANO

TRATAMIENTO T	PESO EN GRAMOS (día/mes/año)				
REPETICION R	25/8/93	27/8/93	30/8/93	02/9/93	04/9/93
T1R1	409.1	408.0	406.6	405.1	404.1
T1R2	577.1	575.2	570.9	567.2	564.4
T1R3	546.9	545.2	542.4	539.8	538.1
T2R1	565.5	565.0	562.1	560.5	559.2
T2R2	494.1	492.6	490.9	488.5	487.0
T2R3	538.1	536.5	533.7	530.8	529.6
T3R1	510.2	508.7	506.7	504.9	503.5
T3R2	485.2	483.9	481.7	478.6	476.7
T3R3	573.2	571.1	568.2	563.8	561.7
T4R1	475.0	473.2	469.0	465.2	463.4
T4R2	518.2	517.2	514.4	511.6	510.2
T4R3	594.3	592.1	590.0	586.9	585.0
T5R1	465.6	464.3	460.6	457.3	455.5
T5R2	624.1	622.9	619.8	616.5	614.6
T5R3	496.3	495.3	489.7	482.9	480.3
T6R1	522.4	519.9	517.9	514.8	513.1
T6R2	726.4	725.7	723.9	719.7	717.5
T6R3	580.9	575.8	571.2	565.2	561.6
T7R1	466.9	465.6	464.2	462.6	461.7
T7R2	553.7	552.9	551.6	551.0	550.4
T7R3	436.2	434.8	433.4	431.1	429.9
SOBREDOSIS	636.7	634.3	629.8	624.2	621.8

cont.

TABLA III
PESO DEL BANANO

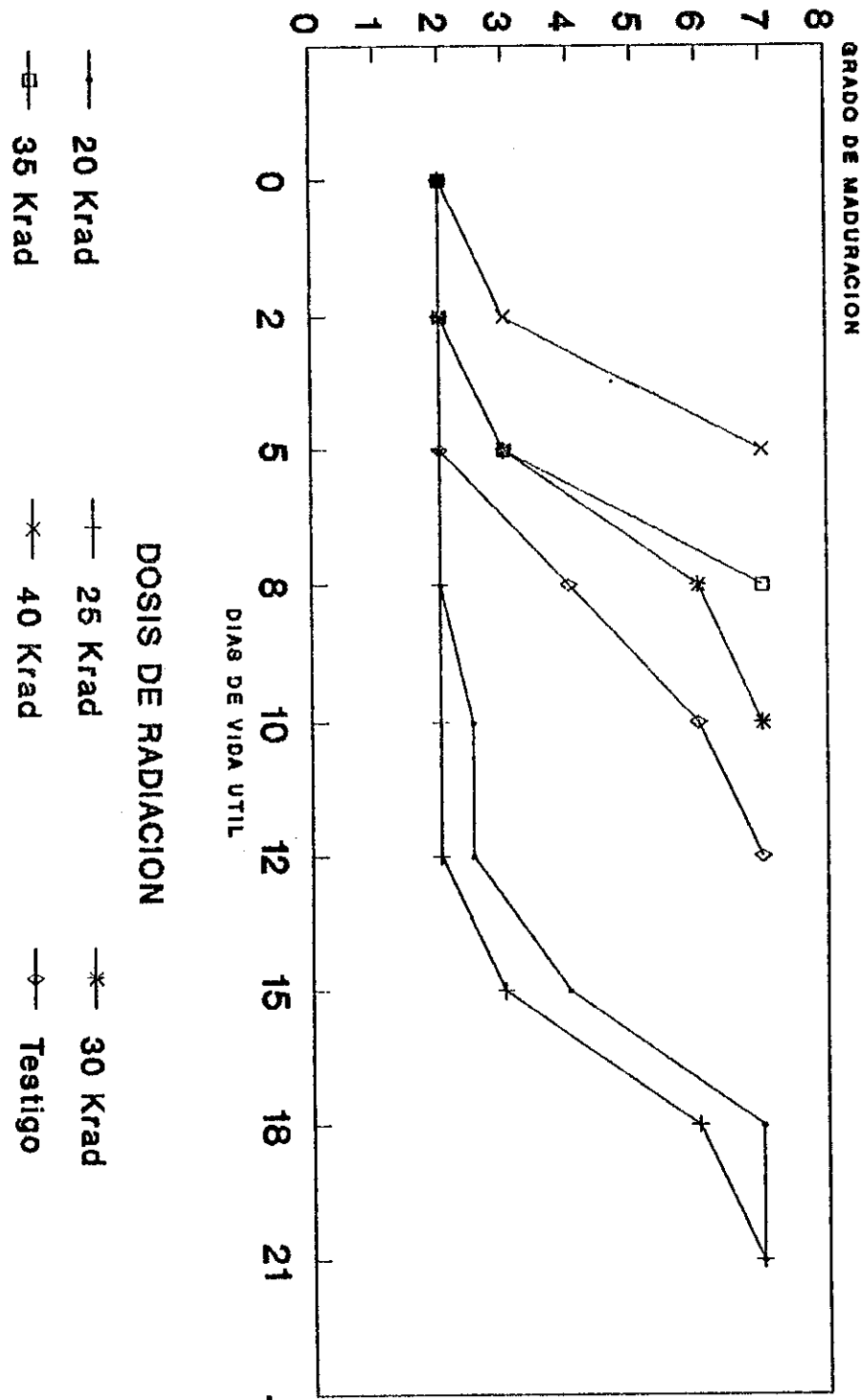
TRATAMIENTO T PESO DEL BANANO EN GRAMOS (día/mes/año)
REPETICION R 06/9/93 09/9/93 13/9/93 16/9/93

T1R1	403.1	401.3	397.3	396.1
T1R2	561.8	559.1	557.6	555.0
T1R3	535.1	533.6	530.3	526.1
T2R1	556.3	553.7	548.4	544.8
T2R2	484.6	481.9	478.0	475.6
T2R3	526.8	523.0	520.5	517.4
T3R1	-	-	-	-
T3R2	-	-	-	-
T3R3	-	-	-	-
T4R1	-	-	-	-
T4R2	-	-	-	-
T4R3	-	-	-	-
T5R1	-	-	-	-
T5R2	-	-	-	-
T5R3	-	-	-	-
T6R1	509.0	506.3	-	-
T6R2	711.9	705.2	-	-
T6R3	555.6	551.6	-	-
T7R1	458.0	454.4	-	-
T7R2	548.4	543.8	-	-
T7R3	428.7	423.9	-	-
SOBREDOSIS	-	-	-	-

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

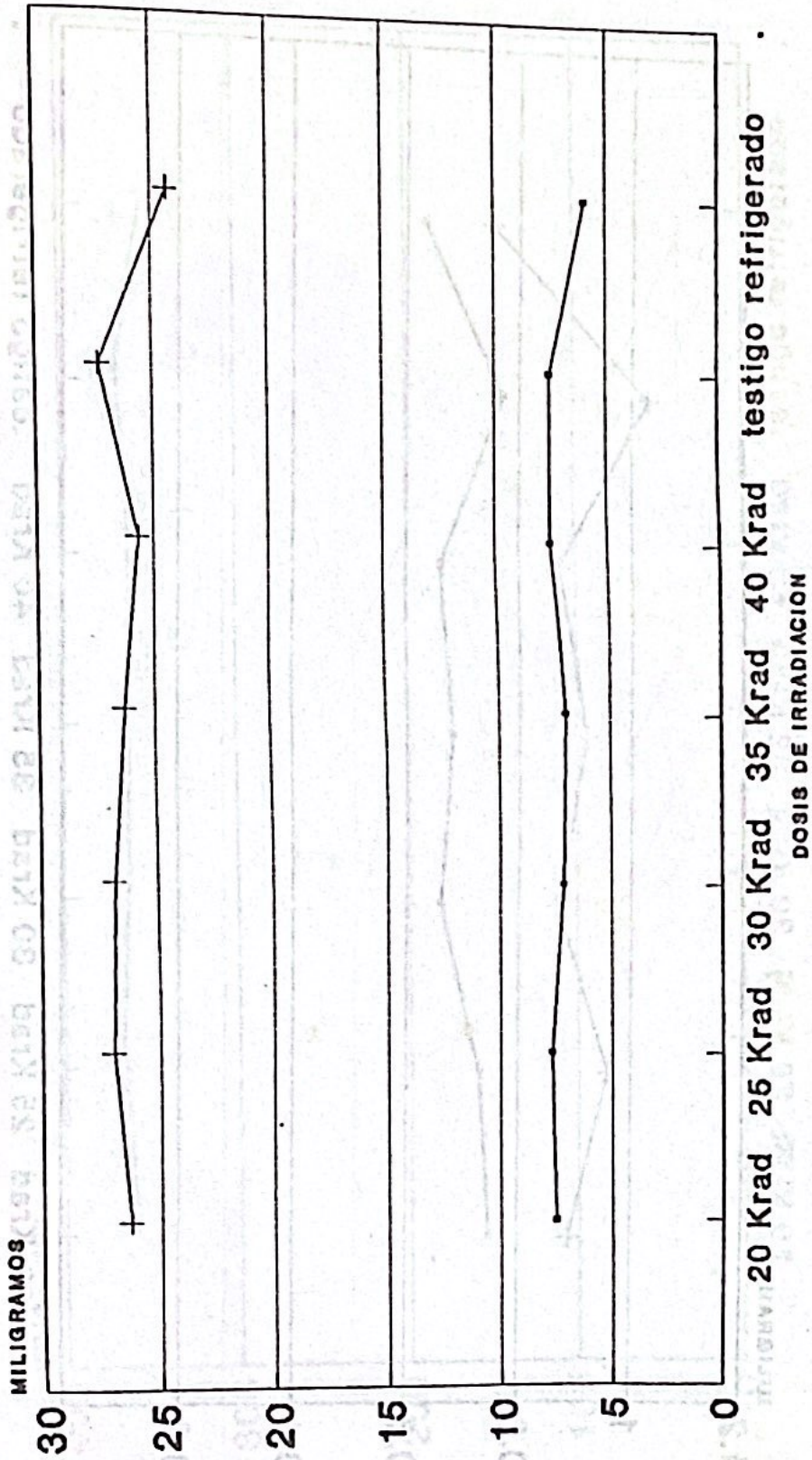
GRAFICA 1

GRADO DE MADURACION DEL BANANO VARIEDAD GRANE NAINA



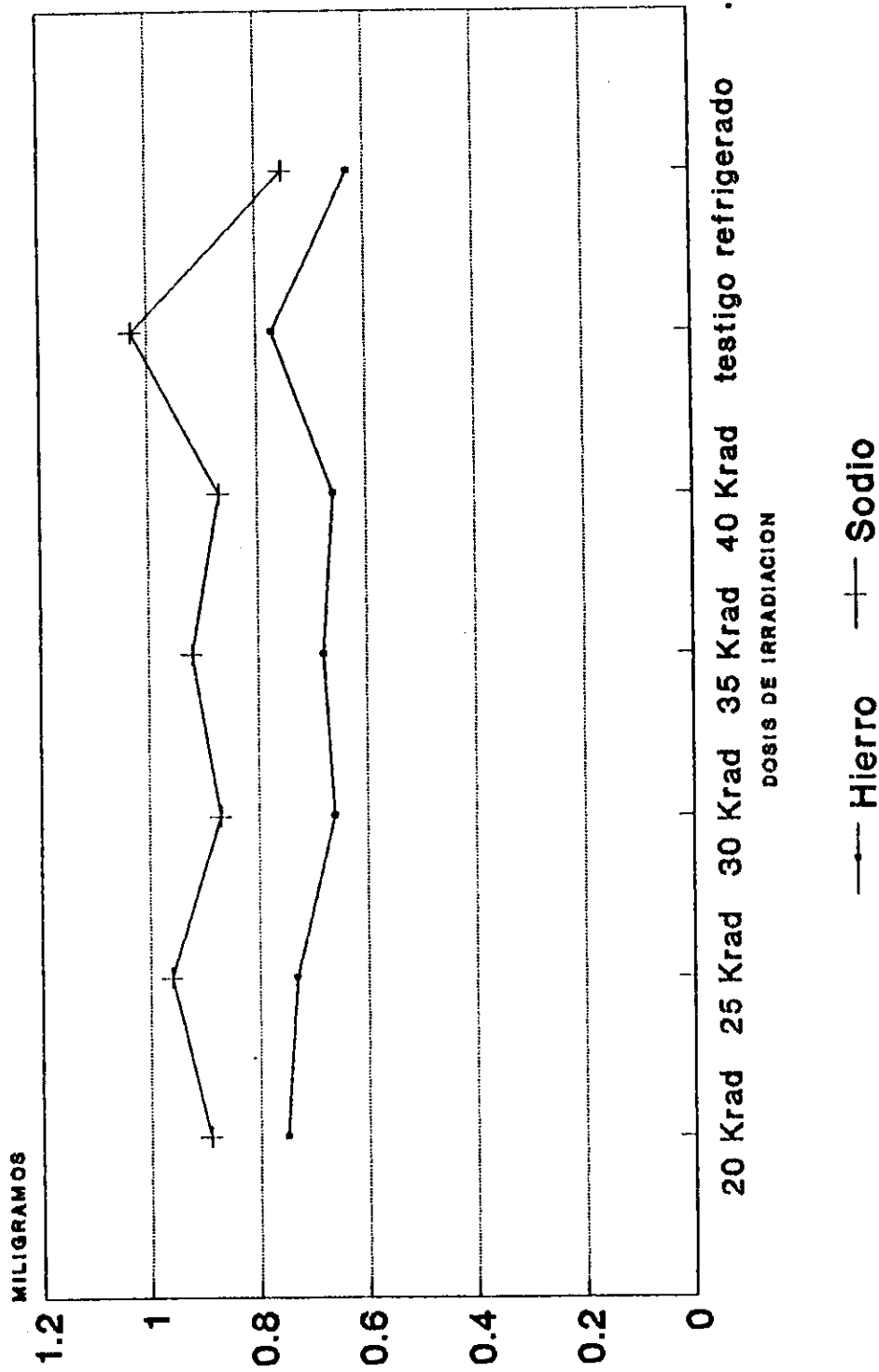
GRAFICA 2

CANTIDAD DE CALCIO Y FOSFORO EN EL BANANO VARIEDAD GRANE NAINA



VALOR NUTRITIVO

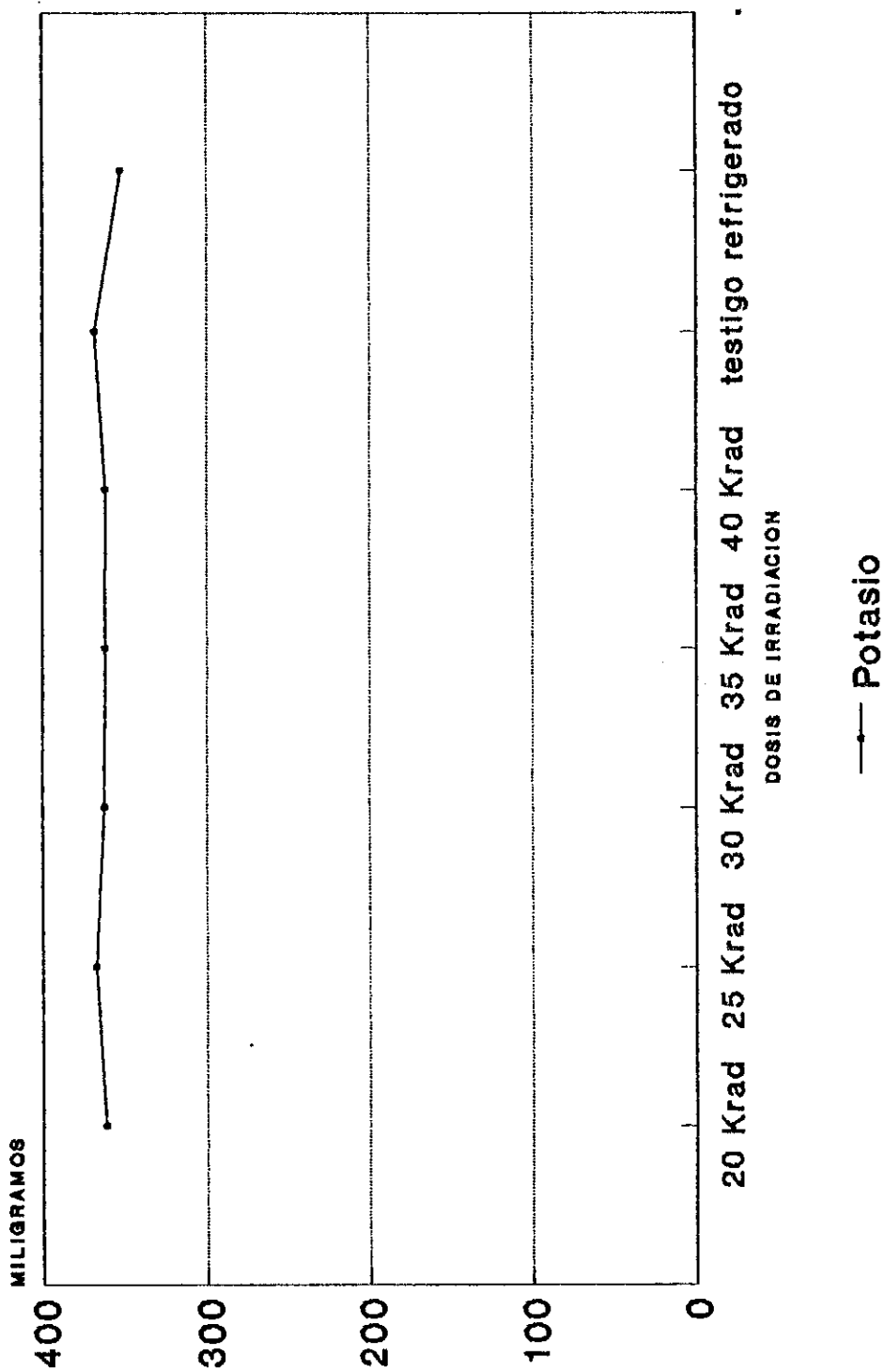
GRAFICA 3 CANTIDAD DE HIERRO Y SODIO EN EL BANANO VARIEDAD GRANE NAINÉ



VALOR NUTRITIVO

GRAFICA 4

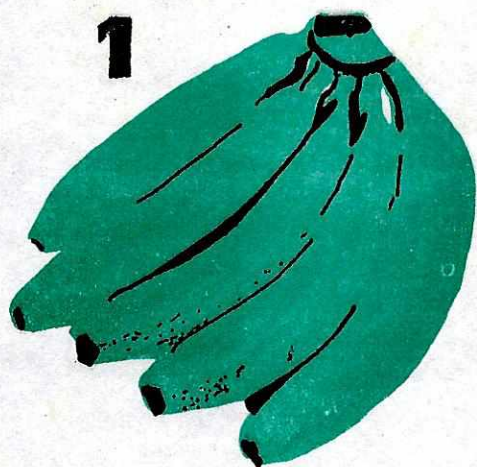
CANTIDAD DE POTASIO EN EL BANANO VARIEDAD GRANE NAINÉ



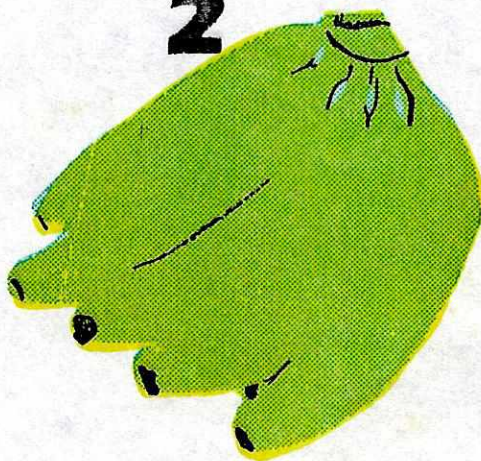
VALOR NUTRITIVO

GRADO DE MADURACION

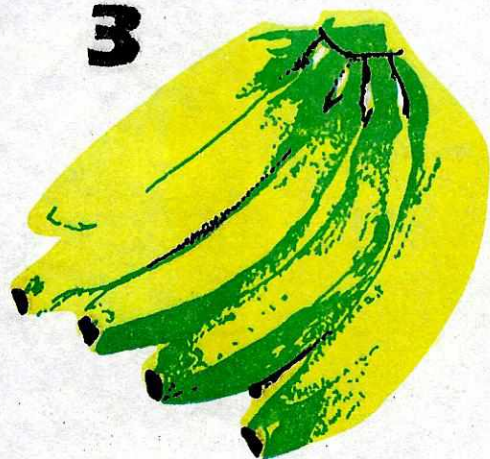
1



2



3



4



5



6



7



Editorial Color-Forma
13 Av. 3-83 Z. 19 Florida
Tel. 923596