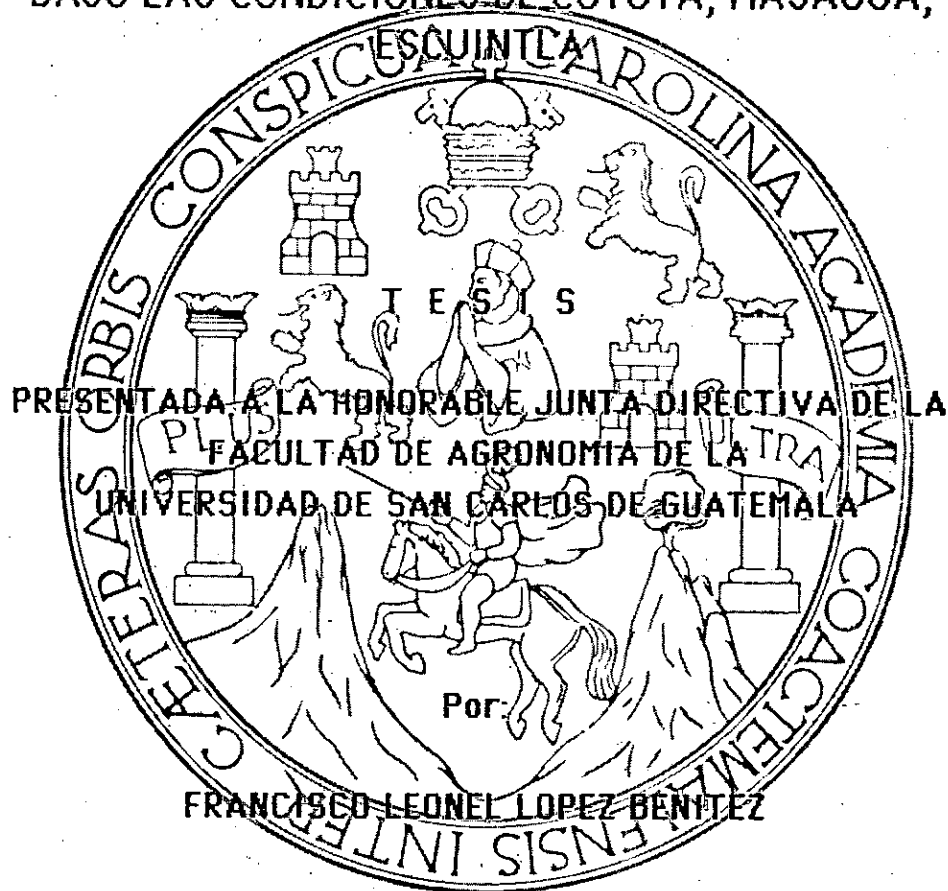


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DE MUTANTES DE ARROZ, *Oryza sativa* L.  
PRODUCIDAS CON RAYOS GAMMA Co-60  
BAJO LAS CONDICIONES DE CUYUTA, MASAGUA,



EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO  
EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, septiembre de 1,992.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL

01

T(1368)

RECTOR

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO

VOCAL PRIMERO

VOCAL SEGUNDO

VOCAL TERCERO

VOCAL CUARTO

VOCAL QUINTO

SECRETARIO

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra

Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes

Ing. Agr. Carlos Motta Paz

Br. Elías Raymundo Raymundo

P. A. Francisco Ibarra Cifuentes

Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy

Guatemala,

9 de septiembre de 1,992

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

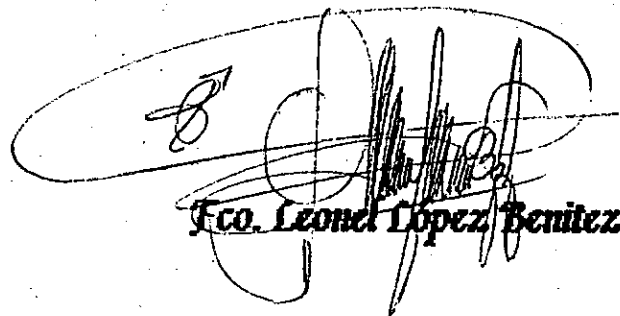
Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de tesis titulado:

**" EVALUACION DE MUTANTES DE ARROZ Oryza sativa L.,  
PRODUCIDAS CON RAYOS GAMMA Co-60, BAJO LAS CONDICIONES  
DE CUYUTA, MASAGUA, ESCUINTLA "**

Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



**Fco. Leonel López Benitez**

## ACTO QUE DEDICO

### A DIOS

Supremo creador, para quien sea la gloria y la honra por siempre.

### A LA VIRGEN MARIA

Por su orientación y cuidado como madre ejemplar.

### A MIS PADRES

Juan Francisco López Cortéz.

Cristina Florida Alma Benitez de López.

En agradecimiento por sus esfuerzos y sacrificios de toda su vida para mi superación.

### A MI ESPOSA

Mónica Lisette

Por todo su amor y apoyo, y por compartir conmigo momentos especiales al final de mi carrera.

### A MIS HIJOS

Leonel Alejandro y Mónica Andrea

Por el amor, la sonrisa siempre manifestada en sus labios y el estímulo de superación para alcanzar mis metas trazadas.

### A MIS HERMANOS

Sergio Alejandro y Eddy Rolando

Por proporcionarme el apoyo y amor fraternal toda la vida y como un estímulo a su superación.

### A MIS ABUELOS

Ricardo López T.

Balbina vda. de López

Claudio V. Aguilar

Amira Isabel de Aguilar

Que con sus sacrificios, trabajo y honradéz, han sido mi inspiración a ser un hombre de bien.

### A MIS TIOS Y TIAS

Por el cariño, apoyo y consejos brindados en el transcurso de mi vida.

**A MIS PRIMOS Y  
PRIMAS**

Por el cariño brindado en todo momento.

A:

Las familias del Cid, Orellana Ramos, Marín Samayoa, Aquino Ruíz, por toda la amistad, aprecio, apoyo y por la relación familiar compartida conmigo en las etapas de mi vida.

**A mi Grupo  
"LA BLANCA"**

Ing. Agr. Jorge Cardona  
Sergio Antonio Blanco  
Rigoberto Ventura  
Mainor Díaz  
Carlos Orellana  
Arturo Argueta  
Pablo Moreno  
Gustavo Eger  
Amanda Lara

Por la amistad y las experiencias compartidas en nuestra práctica profesional.

**A MIS AMIGOS Y  
COMPAÑEROS DE  
ESTUDIO**

Ricardo Orellana, Fernando García, Víctor Manuel Marín, Guillermo Sierra Sierra, Francisco Ibarra, Carlos Castillo, Erwin Aquino y Juan Francisco Ruíz  
Por todos esos momentos de penas y alegrías que hemos compartido en la vida.

A:

Todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo para llegar a culminar satisfactoriamente mi formación profesional.

## TESIS QUE DEDICO

- A Mi patria Guatemala
- A La Universidad de San Carlos de Guatemala
- A La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala
- AL Colegio "Mariano y Rafael Castillo Córdova"
- A La Escuela "Laboratorio N.º 1 Raymond H. Rignall"
- A La Dirección General de Energía Nuclear - DGEN -, específicamente a la Sección de Radiaciones e Isótopos.
- AL Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas - ICTA -, especialmente al Personal Técnico del Centro Experimental de Producción en Cuyuta, Masagua, Escuintla.
- A La Dirección General de Bosques y Vida Silvestre - DIGEBOS -, especialmente al Personal Técnico y Administrativo del Departamento de Vida Silvestre y Areas Protegidas.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia del inmenso agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma colaboraron constantemente en la realización de este trabajo, en el cumplimiento de mi meta trazada, y por los consejos y experiencia sabia que plasmaron en mí para hacerle frente a la vida como un profesional capaz.

- A** Los Ingenieros Agrónomos Romeo Montepeque, Gustavo Elías y Domingo Amador, por su orientación, dedicación y calidad humana manifestada en el asesoramiento, planificación y ejecución del presente trabajo.
- A** Todos los miembros de la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por la ética y justa resolución en la toma de decisiones.
- A** Todo el personal técnico y administrativo del Centro Experimental de Producción en Cuyuta, Masagua, Escuintla del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas - ICTA -, especialmente a los Ingenieros Agrónomos Guillermo Rosales, Ottoniel Sierra, Jorge Cardona, Amilcar Miranda y Heber Arana; al técnico Carlos Hernández, principalmente por su valiosa amistad, desinteresado apoyo, acertada asesoría y excelente orientación que me proporcionaron durante el desarrollo de toda la fase de campo y fase final del presente trabajo.
- A** A todo el personal del Departamento de Vida Silvestre y Áreas Protegidas de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre -DIGEBOS -, especialmente a los Ingenieros Agrónomos Blanca Aragón de Rendón, Walter de la Roca Alfaro, Edwin Cano, Adolfo Revolorio, Ogden Rodas, a los técnicos y oficinistas de dicho departamento, principalmente por toda su amistad, constante apoyo recibido y por compartir conmigo momentos especiales en la realización de este trabajo.
- A** Los profesionales, Licenciado Romeo Pérez e Ingeniero Agrónomo Marco Antonio Nájera, por su gran amistad, asesoría, apoyo, dedicación y ejemplo de mi formación profesional.

# CONTENIDO GENERAL

1.	Introducción.....	1
2.	Hipótesis.....	2
3.	Objetivos.....	2
4.	Justificación.....	3
5.	Revisión de Bibliografía.....	4
5.1	Cultivo de arroz, <u>Oryza sativa</u> L.....	4
5.2	Génética del arroz.....	5
5.2.1	Caracteres cualitativos.....	6
5.2.2	Caracteres cuantitativos.....	6
5.2.3	Caracteres fisiológicos.....	6
5.3	Mutaciones.....	6
5.4	Origen de las mutaciones.....	7
5.4.1	Mutabilidad espontánea.....	7
5.4.2	Mutabilidad inducida.....	8
5.5	Los radioisótopos en la agricultura.....	9
5.6	Radiación mutagénica.....	10
5.6.1	Fuentes de Radiación.....	10
5.6.1.1	Radiaciones alfa, beta y gamma.....	10
5.7	Técnicas nucleares usadas en granos.....	11
5.7.1	Mutagénesis en arroz.....	11
5.7.2	Mutagénesis en arroz de tierra alta en IRAT.....	12
5.7.3	Inducción de mutaciones en el contenido de proteína de arroz, <u>Oryza sativa</u> L.....	14
5.8	Antecedentes del material a evaluar.....	15
5.8.1	Contribución al mejoramiento de arroz <u>Oryza sativa</u> L., a través de inducción artificial de mutaciones con rayos gamma Co-60.....	15
5.8.1.1	Tratamientos de radiación.....	15
5.8.1.2	Manejo de la primera generación "M <sub>1</sub> ".....	16
5.8.1.3	Manejo de la segunda generación "M <sub>2</sub> ".....	16
5.8.1.4	Manejo de la tercera generación "M <sub>3</sub> ".....	16
5.8.1.5	Resultados.....	17



6.	Metodología.....	21
	6.1 Localización del área experimental.....	21
	6.2 Descripción del área experimental.....	21
	6.3 Materiales y equipo de campo.....	22
	6.4 Manejo del experimento.....	22
	6.4.1 Etapa de gabinete inicial.....	23
	6.4.2 Etapa de campo.....	23
	6.4.2.1 Preparación del terreno.....	23
	6.4.2.2 Siembra.....	23
	6.4.2.3 Control de malezas.....	23
	6.4.2.4 Control de plagas.....	24
	6.4.2.5 Control de enfermedades.....	24
	6.4.2.6 Toma de datos.....	24
	6.4.2.7 Variables respuesta.....	28
	6.4.2.8 Diseño experimental.....	28
	6.4.2.8.1 Características de cada tratamiento.....	28
	6.4.3 Etapa de gabinete.....	29
7.	Resultados y Discusión.....	31
	7.1 Rendimiento de la variedad Precozicta.....	32
	7.2 Características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de la planta y ejerción de panículas en Precozicta.....	35
	7.3 Rendimiento de la variedad ICTA virginia.....	37
	7.4 Características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de la planta y ejerción de panículas en Icta virginia.....	40
8.	Conclusiones.....	44
9.	Recomendaciones.....	45
10.	Bibliografía.....	46

11. Apéndice (apéndices 1-6).....	49
- Apéndice 1: Listado de mutantes de cada una de las variedades utilizadas en la investigación.....	50
- Apéndice 2: Figura 3a: Mapa de ubicación nacional.....	51
- Apéndice 3: Figura 4a: Mapa de ubicación local.....	52
- Apéndice 4: Figura 5a: Croquis de la distribución de tratamientos en el campo y dimensiones de la parcela bruta y neta.....	53
- Apéndice 5: Prueba de Tukey para rendimiento de los mutantes de la variedad Precozicta.....	54
- Apéndice 6: Prueba de Tukey para rendimiento de los mutantes de la variedad ICTA virginia.....	55

## INDICE DE CUADROS

### CUADRO No.

1	Producción y rendimiento del cultivo de arroz <u>Oryza sativa</u> L. a nivel nacional de 1,985 a 1,988.....	5
2	Variedades tratadas con rayos gamma en el Instituto Nacional para la Investigación Agrícola - INRA -, Francia.....	13
3	Mutantes registrados en el catálogo de IRAT, con el lugar de selección correspondiente.....	14
4	Evaluación de efectos somáticos en la generación M <sub>1</sub> de tratamientos de rayos gamma en arroz variedad ICTA virginia.....	19
5	Evaluación de efectos somáticos en la generación M <sub>1</sub> de tratamientos de rayos gamma en arroz variedad Precozicta.....	19
6	Datos estandarizados al 14% de humedad, para el rendimiento de los mutantes de las dos (2) variedades (Kg/Ha) .....	31
7	ANDEVA a los datos de rendimiento de los 15 mutantes y un testigo de la variedad Precozicta evaluados en Cuyuta, Masagua Escuintla, 1,990.....	32

8	Rendimiento Promedio de los mutantes de arroz <u>Oryza sativa</u> L. variedad Precozicta, evaluados en Cuyuta, Masagua, Escuintla; que se manifestaron superiores al testigo.....	34
9	Características agronómicas para la descripción de los 15 mutantes y un testigo de arroz ( <u>Oryza sativa</u> L.), variedad Precozicta, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en en el año de 1,990.....	35
10	Correlaciones entre rendimiento y las características agronómicas de Acame, Vigor, Habilidad de macollamiento, Altura de planta, ejerción de panícula de los 15 mutantes y un testigo de arroz ( <u>Oryza sativa</u> L.), variedad precozicta, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en el año de 1990.....	36
11	ANDEVA de los datos de rendimiento de los 15 mutantes y un testigo de la variedad ICTA virginia evaluados en Cuyuta, Masagua, Escuintla; 1,990.....	37
12	Rendimiento Promedio de los mutantes de arroz <u>Oryza sativa</u> L. variedad Icta virginia, evaluados en Cuyuta, Masagua, Escuintla; que se manifestaron superiores al testigo.....	38
13	Características agronómicas para la descripción de los 15 mutantes y un testigo de arroz ( <u>Oryza sativa</u> L.), variedad Icta virginia evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en en el año de 1,990.....	40

- 14      Correlaciones entre rendimiento y las características agronómicas de Acame, Vigor, Habilidad de macollamiento, Altura de planta, exerción de panícula de los 15 mutantes y un testigo de arroz (Oryza sativa L.), variedad Icta virginia, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en el año de 1990..... 41
- 15      Características agronómicas para la descripción de los 6 mutantes seleccionados en la evaluación, bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, 1,990..... 43

## INDICE DE FIGURAS

## FIGURA No.

1	Rendimiento promedio de los mutantes de arroz, variedad precozicta evaluados en Cuyuta, Masagua, Escuintla, en 1,990.....	33
2	Rendimiento promedio de los mutantes de arroz, variedad Icta virgínia evaluados en Cuyuta, Masagua, Escuintla, en 1,990.....	39
3a	Mapa de ubicación nacional (Mapa de Guatemala),.....	51
4a	Mapa de ubicación local (Mapa del parcelamiento).....	52
5a	Croquis del ensayo donde fue montado el experimento así como de las dimensiones de la parcela bruta y parcela neta.....	53

**EVALUACION DE MUTANTES DE ARROZ, Oryza sativa L., PRODUCIDAS  
CON RAYOS GAMMA Co-60 BAJO LAS CONDICIONES DE  
CUYUTA, MASAGUA, ESCUINTLA**

**AN EVALUATION OF THE RICE MUTANTS Oryza sativa L., PRODUCED  
THROUGH Co-60 GAMMA RAYS UNDER THE CLIMATOLOGICAL OF  
CUYUTA, MASAGUA, ESCUINTLA;**

**RESUMEN**

En el estudio se evaluaron 30 mutantes de arroz producidas con rayos gamma Co-60 por la Dirección General de Energía Nuclear - D.G.E.N.- e Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas - I.C.T.A - que han sido seleccionadas y manejadas a través de 3 generaciones (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>) en estaciones experimentales del I.C.T.A (estación experimental de Cristina, Izabal, y estación experimental de Cuyuta, Escuintla), con la finalidad de seleccionar aquellas que presentan las mejores características agronómicas, como rendimiento en grano, altura de la planta, acame, vigor, habilidad de macollamiento, ejerción de panículas.

Las 30 mutantes evaluadas comprenden 2 grupos: el primero, corresponde a 15 mutantes obtenidas de la variedad Precozicta, y el segundo a 15 mutantes de la variedad ICTA virginia. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con 3 repeticiones para cada grupo, los cuales se ubicaron en la finca experimental del - I.C.T.A.- en Cuyuta, Escuintla en el período de julio a noviembre de 1,990.

A los resultados obtenidos en cada grupo, se les realizó un análisis de varianza para rendimiento (Kg/Ha), encontrándose diferencias significativas entre tratamientos. Además se realizaron Correlaciones de Pearson a las características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de la planta y ejerción de panículas en los mutantes de Precozicta e Icta virginia.

Se concluye que el mutante 10 (MP 2094) de la variedad Precozicta, fue superior al testigo y al resto de materiales evaluados en cuanto a rendimiento de grano. Es además un mutante que presenta una altura de 0.95 m., menor que el testigo (0.99 m.) y madurez de 130 días, 10 días más precóz que el testigo. Además se presentó una alta correlación entre las

características agronómicas de vigor y habilidad de macollamiento con el rendimiento, posee un acame menor del 1%, y todas las panículas con buena ejerción.

Las mutantes 4 (MV 10) y 5 (MV 280) de la variedad ICTA virginia fueron superiores al testigo y al resto de materiales evaluados en cuanto a rendimiento de grano. Además presentan alturas de 0.91 m. y 0.94 m. respectivamente, menores que el testigo (1.02 m.) con maduréz de 136 días, 14 días más precóz que el testigo. El mutante 4 presenta un acame menor del 1%, y una correlación directa entre las características agronómicas de vigor y habilidad de macollamiento con el rendimiento y todas sus panículas con buena ejerción.

Se recomienda continuar evaluando las líneas mutantes 10 (MP 2094) y 6 (MP 1189) de la variedad Precozicta en otras localidades del país, con el fin de incrementar la información en base a estudios sobre rendimiento de la misma, asegurando así su estabilidad genética.

Es necesario continuar con la evaluación de la línea mutante 4 (MV10) en otras localidades del país con el fin de obtener mayor información sobre el rendimiento y otras características agronómicas de la misma, asegurando también su estabilidad genética. Y por otro lado, se recomienda realizar retrocruzamientos en la línea mutante 5 (MV 280) con el objetivo de eliminar, la característica indeseable de acame, que es un factor limitante al momento de realizar la cosecha en forma mecanizada.



## I. INTRODUCCION

El cultivo de arroz en Guatemala, tiene gran importancia, ya que la mayor parte de la población lo utiliza como fuente de carbohidratos, produciéndose cerca de 68,262,986 kilogramos en el año 1,988, con un rendimiento de 2,537.81 Kg/Ha.

(I.N.E., S.E.N., 1989; INDECA, 1988)

Actualmente las técnicas convencionales de mejoramiento genético de plantas han sido apoyadas por otras modernas, en las cuales los resultados deseados se obtienen en períodos de tiempo más cortos, con una variabilidad mucha más amplia, lo que permite seleccionar las características deseadas en una forma más eficiente. Una de estas técnicas relativamente modernas en nuestro país, es la utilización de radiación para inducir artificialmente mutaciones. En el caso del presente estudio, se utilizó una fuente de Co-60 para inducir mutaciones en dos variedades de arroz, siendo estas: Precozicta e ICTA virginia, con el objetivo de obtener mutantes rendidores y conocer el comportamiento de las características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de la planta y ejerción de panículas.

La obtención de los mutantes y las evaluaciones durante las 3 generaciones (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>), fueron realizadas por la Sección de Radiaciones e Isótopos en de la Dirección General de Energía Nuclear (D.G.E.N.), en forma conjunta con el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (I.C.T.A), en la estación experimental de Cristina, departamento de Izabal, durante los años de 1,987 a 1,990, bajo un proyecto de investigación auspiciado por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

La presente investigación, constituye la segunda parte del programa de evaluaciones que incluye la evaluación agronómica de los mutantes en la variable rendimiento y conocer el comportamiento de características agronómicas en los mutantes.

## 2. HIPOTESIS

Al menos uno de los mutantes en estudio presentará mejor rendimiento en la evaluación y presencia aceptable en las características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de la planta, y exorción de panículas, bajo las condiciones ambientales de Cuyuta, Masagua, Escuintla.

## 3. OBJETIVOS

### GENERAL:

Evaluar el rendimiento y 5 características agronómicas de 30 mutantes de arroz, bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla.

### ESPECIFICOS:

- Estimar el rendimiento por hectárea de 30 mutantes de arroz, bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla.
- Evaluar el comportamiento de las características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de la planta y exorción de panículas de 30 mutantes de arroz, bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla.
- Determinar el o los mutantes que presenten altos rendimientos y presencia aceptable de las características agronómicas en la evaluación.

#### 4. JUSTIFICACION

El arroz constituye uno de los cultivos más importantes a nivel mundial como alimento para la población humana. En la actualidad se cuenta con variedades mejoradas, por medio de las cuales el país ha logrado mejorar sus niveles de abastecimiento. En los últimos años algunas de estas variedades como ICTA virginia y Precozicta, han disminuido sus niveles de rendimiento por área, por lo que se hace necesario realizar estudios de mejoramiento en las mismas con el fin de mejorar las características deseadas encontradas deficientes.

Tomando en cuenta que las variedades mencionadas aún ofrecen muchas características de interés que amerita aprovecharse, la Dirección General de Energía Nuclear (D.G.E.N.) en forma conjunta con el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (I.C.T.A.), a partir de 1,987 han realizado investigaciones con el objetivo de producir mutantes mejorados en algunas características agronómicas, como rendimiento, procurando aumentar o mantener en las mutantes generadas las buenas características existentes en ambas variedades. De las 2,000 progenies evaluadas en la M3, se seleccionaron 15 mutantes de cada variedad, las cuales fueron evaluadas en la presente investigación con el fin de obtener algún mutante que presente buenas características de rendimiento y presencia aceptable de características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de planta y exerción de panículas.

La razón básica por la cual actualmente se está trabajando con inducción artificial de mutaciones con rayos gamma Co-60, se debe a que es un método más con el cual puede contar el fitomejorador, que permite alternativas de solución para apoyar los métodos convencionales y obtener mayor variabilidad genética, comparado cuando se trabaja únicamente con métodos convencionales de mejoramiento; ya que según estudios realizados en otros países a través de mutaciones se ha logrado en menor tiempo generar nuevas variedades de cultivos.

## 5. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

### 5.1 CULTIVO DE ARROZ, *Oryza sativa* L.

Describiendo el cultivo de arroz, se puede decir que es una planta anual que pertenece a la familia Poaceae, es originaria del Asia. Las variedades existentes presentan entre ellas algunas diferencias, tal es el caso de la altura de la planta, la cual oscila de 60 a 200 cms; otra diferencia puede ser la forma de las espiguillas, las cuales son oblongas, lanceoladas o elípticas, comprimidas de 4 a 8 mm de longitud; además pueden diferenciarse en cuanto a su ciclo vegetativo, el que oscila entre 90 a 100 días.

El cultivo de arroz es sumamente importante como grano básico para la alimentación de la población humana en todo el mundo, suministrando las principales necesidades alimenticias para más de la mitad de la población total, ya que en muchos países, éste constituye el 70% de todos los alimentos consumidos. En nuestro país juntamente con otros granos básicos como el maíz y el frijol, y la papa, forman parte de la dieta alimenticia diaria de la mayoría de guatemaltecos.

(Montepeque, R., et al. 1989)

El cultivo de arroz requiere de regiones tropicales y subtropicales húmedas, con alturas desde el nivel del mar a 914.63 m.s.n.m., con una temperatura ambiental promedio de 21 grados centígrados, o más altas en la temporada de crecimiento. La temperatura es un factor importante porque, si bien es posible paliar las diferencias pluviométricas por irrigación complementaria o total, no se puede intervenir más que en una forma muy ligera sobre el factor térmico, ya que ésta la determina la latitud y la altitud. La producción de arroz obviamente depende totalmente de la pluviometría, cuando se trata de cultivo de secano, necesitando de una precipitación de 900 a 1,500 mm. Para las regiones mencionadas con anterioridad, se estima que la duración del día es de 10.9 a 13.3 horas y de 10.2 a 14.0 horas respectivamente, en las cuales el arroz se desarrolla adecuadamente. (Angladette, A., 1969; Grist, D., 1982)

El cultivo de arroz necesita suelos con textura arcillosa, franco arcillosa, franco limo arcillosa, franco limosa. Si posee un buen porcentaje de arcilla y limo, entonces reúne condiciones ideales para que la filtración sea lenta. El pH del suelo requerido para el cultivo de arroz oscila entre 5.5 y 6.5, desarrollándose en buena forma.

Los departamentos de Guatemala que se pueden dedicar a la producción de arroz son: Jutiapa, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos, Alta Verapaz, Petén, Izabal, Santa Rosa. Estableciendo una época de siembra que va desde mayo a junio, inclusive los primeros 20 días de julio. (Pronóstico de la prod. INDECA, 1988)

En los últimos años, a través del mejoramiento genético en el cultivo de arroz, se ha incrementado la producción, luego de una producción baja. Se reporta ese incremento de la producción desde 1,985 a 1,988, así:

**Cuadro 1:** Producción y rendimiento del cultivo de arroz, Oryza sativa L. a nivel nacional desde 1,985 a 1,988.

Año	Producción en Kilogramos	Rendimiento Kg/Ha
1,985	28,482,126	1,882.99
1,986	36,448,144	1,399.50
1,987	36,991,040	1,820.70
1,988	68,262,986	2,537.61

Fuente: I.N.E., S.E.N., 1989; INDECA, 1988.

## 5.2 GENÉTICA DEL ARROZ

Desde el siglo III a. de J.C. en China las variedades de arroz se han registrado en 3 grupos, "hsien", "keng" y glutinoso. Luego dividieron a los arroces en 2 grupos, "indica" y "japónica", sobre la base de su distribución geográfica, morfología de la planta y del grano, esterilidad al hibridarlas y reacción serológica. El grupo indica corresponde al antiguo hsien y el japónica al keng. En 1,958 se añadió un tercer grupo, javánica, para designar a las variedades y gundil de indonesia. (Grist, D.; 1982)

Los arroces cultivados pertenecen a dos especies, Oryza sativa L. y Oryza glaberrima STEUD, de las cuales la primera constituye casi la totalidad de la producción. Es importante mencionar que en cada una de las especies existen numerosas variedades. De aquí, es conveniente precisar que la noción de la variedad reposa sobre una noción genética, simple en principio; o sea la herencia en la más simple aceptación de los caracteres genéticos característicos; sin embargo hay caracteres que son muy fáciles de definir por concepto de ausencia o presencia, la mayoría presentan ciertas variaciones

que deben considerarse. Debido a la importancia que presenta la Oryza sativa L., se pueden clasificar, aproximadamente, los caracteres genéticos en tres categorías:

- \* Caracteres cualitativos.
  - \* Caracteres cuantitativos.
  - \* Caracteres fisiológicos.
- 1984)

(Angladette, A., 1969; Chandler, R.,

### 5.2.1 Caracteres Cualitativos

- 5.2.1.1 Pigmentación antocianina.
- 5.2.1.2 Caracteres del tallo.
- 5.2.1.3 Caracteres de la hoja.
- 5.2.1.4 Deficiencias clorofílicas.
- 5.2.1.5 Caracteres de la panícula.
- 5.2.1.6 Caracteres de la cariósipide.

### 5.2.2 Caracteres Cuantitativos

- 5.2.2.1 Esterilidad.
- 5.2.2.2 Ciclo vegetativo.
- 5.2.2.3 Longitud de la paja.
- 5.2.2.4 Macollamiento.
- 5.2.2.5 Acame.
- 5.2.2.6 Desgrane.
- 5.2.2.7 Rendimiento.

### 5.2.3 Caracteres Fisiológicos

- 5.2.3.1 Resistencia a la sumerción.
- 5.2.3.2 Resistencia a la sequía.
- 5.2.3.3 Resistencia a la salinidad.
- 5.2.3.4 Resistencia a las enfermedades.
- 5.2.3.5 Latencia de las semillas.

(Angladette, A., 1969)

## 5.3 MUTACIONES

La planta de arroz puede ser objeto de mutaciones naturales, que son más frecuentes de lo que generalmente se cree.

Las mutaciones artificiales pueden ser obtenidas de diversas maneras:

- a.- Empleo de sustancias mutagénicas, tales como la Colchicina, Etil metano sulfonato, Ethidium bromide, azida sódica o sustancias radiomiméticas (sulfato neutro de etilo, metano sulfonato de etilo).
- b.- Utilizando la irradiación con la ayuda de los rayos X, beta, gamma, alfa, de los neutrones, de los neutrones térmicos y rápidos, etc. (Angladette, A., 1969).

Todas estas sustancias o agentes mutagénicos mencionados anteriormente pueden ser aplicados sobre las semillas o bien sobre la floración por ejemplo, acción de iluminación. Se puede citar entre estas sustancias a los rayos Gamma de la fuente de Cobalto, del P 56, entre otras. De esta forma se pueden obtener mutaciones tales como las mencionadas a continuación:

- a. Enanismo de las plantas.
- b. Variación en la longitud del grano.
- c. El grosor de la cariósipide.
- d. Variación en la longitud del ciclo vegetativo.
- e. La acción clorofílica.
- f. El albinismo, etc.

(Angladette, A., 1969)

## 5.4 ORIGEN DE LAS MUTACIONES

### 5.4.1 Mutabilidad Espontánea

Es obvio que la variabilidad para las características cuantitativas que se pueden encontrar en una población debe derivarse del proceso de mutación espontánea y se han suministrado bastantes evidencias de la mutabilidad espontánea responsable de cambios en caracteres cualitativos. Las mutaciones espontáneas ocurren en cualquier gen, en cualquier célula, y en cualquier momento, siempre en una forma aleatoria. Como las mutaciones son eventos aleatorios y raros, pero recurrentes, es posible buscar evidencia de ellas en familias, progenies y tanto en poblaciones de laboratorio como naturales. En los humanos y otros

organismos diploides, las mutaciones más fáciles de detectar son dominantes, porque el alelo mutante se expresa aún en heterocigotas.

East (1935), citado por Pretzanzin, T., en 1935, en tabaco se encontró un incremento espontáneo inesperadamente alto de la variabilidad genética para muchas características cuantitativas en materiales especiales obtenidos mediante diploidización de haploides y por lo tanto se esperaba que fueran de alta fecundidad.

#### 5.4.2 Mutabilidad Inducida

Ultimamente se han obtenido resultados exitosos en trabajos de inducción de mutaciones. Esto es posible porque la irradiación cambia en general solamente ciertos aspectos de los caracteres genéticos de la planta. El método puede producir variabilidad con mayor rapidéz que los métodos tradicionales.

En muchas partes del mundo se han realizado varios experimentos durante los últimos 30 años, incluyendo actualmente a Guatemala para la obtención de mutantes por irradiación con el fin de darles las propiedades deseadas. Es importante mencionar, que los resultados deseados son obtenidos lentamente, debido a la gran cantidad de variables y se debe investigar todas las variedades producidas. Por este método se han producido nuevas variedades de plantas. (Salazar L., S., 1984)

El hecho de una mutación es en realidad muy importante, aún cuando tenga un efecto muy pequeño para una característica morfológica o fisiológica específica debido a que cambia el balance establecido por la selección natural en los bloques de genes coadaptados y por lo tanto ofrece nuevas situaciones para la selección natural o artificial.

A nivel mundial se han producido más de 200 variedades a través del empleo de mutaciones, las cuales ocupan una zona considerable de las tierras cultivables. Un exitoso ejemplo que se obtuvo con la fitogenética mutacional fue en Hungría, con la obtención de una variedad nueva de arroz resistente a piricularia, que es una enfermedad muy perjudicial para el cultivo en esa zona.

(Pretzanzin T., E., 1985)



Al inicio se realizó la prueba con una variedad francesa, **Cesariot**, la cual era resistente a piricularia y otras infecciones. Pero la variedad Cesariot era tardía en ese lugar y en los veranos frescos, el rendimiento no era adecuado o fallaba completamente. Los cambios genéticos que necesitaba dicha variedad estaban claros, ya que era necesario realizar mutaciones que dieran como resultado plantas precoces y tolerantes a enfermedades.

Finalmente, mediante estudios mutacionales realizados, se obtuvo la nueva variedad, la cual era precoz y además tolerante al ahujado y otras enfermedades. Esta mutante salió al mercado en el año de 1,976 con el nombre de **Nucleory-2A**. (Salazar L., S., 1984)

Los principios más importantes en el fitomejoramiento mutacional, son los siguientes:

- a. Una mutación es inducida en una sola célula y expresada en la progenie de esa célula.
- b. La expresión de una mutación es influenciada por su naturaleza genética y el sistema de propagación de el organismo.
- c. La frecuencia mutacional determina el número de células de la progenie que han sido examinadas para detectar una mutación en particular.

(Brock, R., 1979)

## 5.5 LOS RADIOISOTOPOS EN LA AGRICULTURA

La mayoría de la población tiene en su mente, que la energía atómica es únicamente para la utilización en reactores nucleares. Sin embargo, no se han dado cuenta de que a través de esa energía se ha transformado su devenir cotidiano en los últimos 20 a 30 años. En 1,957 se creó el Organismo Internacional de Energía Atómica, teniendo entre sus objetivos principales el promover el empleo de radiaciones e isótopos en la investigación en los campos de la industria, la medicina y la agricultura.

(Salazar L., S., 1984)

Actualmente en Guatemala se ha incrementado el uso de radiaciones e isótopos en las mencionadas disciplinas, en el caso de la agricultura, en estudios sobre cuantificación de eficiencia de fertilización nitrogenada, fijación biológica de nitrógeno, balances hídricos a través de métodos neutrónicos; y mejoramiento de cultivos a través de inducción artificial de mutaciones.

## **5.6 RADIACION MUTAGÉNICA**

Los isótopos son átomos de un elemento dado cuyos núcleos poseen masas diferentes, algunos de ellos tienen su núcleo inestable y emiten radiación (isótopos radiactivos, radioisótopos o radionucleidos), otros isótopos o nucleidos tienen el núcleo estable y no emiten radiaciones espontáneamente y se les denomina Isótopos Estables. La primera práctica de una sustancia radiactiva como trazador la realizó George de Hevesy, uno de los precursores del empleo de los materiales radiactivos, principalmente para la investigación biológica y química.

### **5.6.1 Fuentes de Radiación**

Actualmente se cuenta con varias fuentes de radiaciones ionizantes, tales como: rayos X, rayos 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, pero por su uso frecuente en la inducción de mutaciones se le considera en este grupo. Cada una de estas radiaciones tiene sus características de energía llamadas cuantos, ionizaciones o pares de iones que pasan la materia ya sea en menor o mayor facilidad y porcentaje. (Pretzanzin T., E. 1985)

#### **5.6.1.1 RADIACIONES ALFA, BETA Y GAMMA**

El hombre ha estado sometido siempre a radiaciones naturales. Las ha recibido del sol y del espacio extraterrestre, de las sustancias radioactivas naturales que hay en nuestro planeta, de las estructuras en que habitamos, de los alimentos y del agua que consumimos.

El término radiación tiene un sentido amplio, aunque abarca emisiones como la luz y las ondas de radio, se suelen emplear por lo general para

designar a la radiación ionizante, es decir, la que puede producir partículas cargadas (iones) cuando incide en una sustancia.

La radiación Alfa, consiste en partículas de carga positiva y la emiten elementos que se dan en la naturaleza, como el uranio y el radio, y también elementos artificiales. Esta radiación no penetra más allá de la superficie de la piel y puede frenarla por completo una hoja de papel.

La radiación Beta, consiste en electrones, es más penetrante que la radiación alfa, ya que penetra de 1 a 2 centímetros en el agua o en los tejidos humanos. Para frenar la acción de esta radiación basta con una lámina de aluminio de pocos milímetros de espesor.

La radiación Gamma, puede ser muy penetrante y atravesar un cuerpo humano de lado a lado, pero queda completamente absorbido por una capa de hormigón de un metro de espesor. (Salazar L., S., 1984)

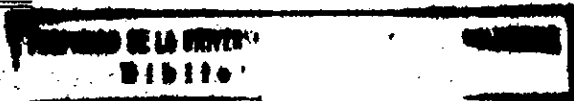
Estos radioelementos tienen una longitud de onda menor que la de los rayos "X", que los hacen tener mayor energía por fotón. Son radiaciones de naturaleza electromagnética de longitud de onda entre  $10^{(10)}$  y  $10^{(-13)}$  metros, velocidad de propagación de orden  $3 \times 10^{(8)}$  m/seg., energía comprendida entre  $10^{(4)}$  a  $10^{(7)}$  e.v. (electrón voltio). Un nucleido típico es el Cobalto 60 (Co-60). Las fuentes de rayos gamma tienen una ventaja para tratamientos prolongados, ya que pueden ser colocadas en un invernadero o en el campo de modo que las plantas puedan exponerse a las irradiaciones a medida que se desarrollan, por períodos de tiempo prolongados. En la naturaleza el Co-60 se encuentra como Co-59, con un número atómico de 29 y es estable, para convertirlo en nucleido se le hace pasar por fotones o rayos gamma en reactores.

(Allard, A.W., 1978)

## 5.7 TÉCNICAS NUCLEARES USADAS EN GRANOS

### 5.7.1 Mutagénesis en Arroz

La inducción de mutaciones ha sido usada por el Instituto de Investigación de Cosecha de Alimentos (Hai Hung, Vietnam) desde los últimos años de la década del



70. En el invierno de 1,981 - 1,982 el dimetil sulfonato (DMS) fue usado para tratar semillas F<sub>1</sub> de varios cruces por 12 horas. El método de pedigree fue aplicado de M<sub>2</sub>/F<sub>3</sub> en adelante. En la generación M<sub>6</sub> algunas líneas mutantes muy usadas fueron seleccionadas. Tienen una duración de cosecha de 175 a 185 días en la estación de primavera, con hojas erectas y verde oscuro, tallo compacto con una talla de la planta de 76 a 95 cms, porcentaje de esterilidad de 9 a 17% y 1,000 granos con peso de 28 a 31 gramos.

Desde la primavera de 1,985, han estado en ensayos de producción con Xuan No.2, la variedad más popular de la alta producción de la cosecha de primavera, y una progenie del cruce Xuan No.2/2765 sin el tratamiento mutágeno como se verificó. Los resultados obtenidos son los siguientes:

El Instituto de Investigaciones de Cosecha de Alimentos en Vietnam, realizó ensayos de producción con la variedad Xuan No.2, utilizando líneas de mutantes (DB1 ---> DB 5) comparando con el testigo. La línea de mutante DB 1 presentó una producción de grano de 4.9 T/Ha, mientras que el testigo presentó una producción de grano de 4.2 T/Ha. Podemos concluir que la línea de mutante DB 1 superó al testigo en un 19%, pudiéndose apreciar las ventajas claras presentadas por mutantes producidos a través de tratamientos mutágenos.

### 5.7.2 Mutagénesis de Arroz de Tierra Alta en IRAT

La intensificación del crecimiento del arroz de altiplano, se hace necesario para obtener variedades resistentes a la fijación. El gene semi-enano usado en el cultivo de arroz de tierras bajas, puede ser apropiado sólo en ciertas condiciones particularmente favorables. La resistencia a la fijación, sin embargo, no puede ser acompañada por una resistencia reducida a las condiciones de stress, sequía o infección de pudrición. Una solución al problema puede ser la mutagénesis aplicada a variedades tradicionales de arroz de tierras altas con el objeto de obtener una planta de corta talla. Otros caracteres obtenidos por mutagénesis puede también, por supuesto, ser de interés.

IRAT ha usado la técnica de mutagénesis con la asistencia de la Estación de Montpellier del Instituto Nacional para la Investigación Agrícola, Francia - INRA -, que tiene un irradiador gamma y han aplicado tratamientos mutagénicos desde hace

20 años. El tratamiento está dando porciones de aproximadamente 5,000 semillas por variedad a una dosis de 250 - 300 Gy (1 Gy= unidad de dosis de radiación absorbida = 100 Rad) después de 30 - 60 días. IRAT también ha usado el mutágeno químico etil metano sulfonato (EMS) en líquido o en forma gaseosa.

Las principales variedades tratadas con rayos gamma son las siguientes:

**Cuadro 2:** Variedades tratadas con rayos gamma en el INRA, Francia.

Nombre	Origen	Año de tratamiento
63 - 83	Selección en Senegal	1,971
IAC 25	Selección en Brasil	1,974
Moroberekan	Variedad de Cote d'Ivoire	1,974
IAC 5,100	Selección en Brasil	1,978
Prateo Temprano	Variedad del Brasil	1,978
Makuota	Variedad de Cote d'Ivoire	1,978

**Fuente:** - Mutation Breeding Newsletter, Issue No.26, 1,986.

IRAT: Departamento de Cosecha de Alimentos de CIRAD (Centro de la cooperación Internacional en la Investigación agrícola para el desarrollo), Francia.

Se debe notar que todas estas variedades son del grupo morfológico Javánica, que es genéticamente similar al grupo japónica. La principal variedad tratada con EMS fue Kagoshima Hakamuri del Japón. Usualmente, de una panícula M<sub>1</sub> por planta (que asumen como mutantes) fueron cosechadas y sembradas como las hileras de las familias de M<sub>3</sub> y M<sub>4</sub>.

Con todas las variedades arriba mencionadas, numerosos mutantes fueron obtenidos, algunos de los cuales son de interés agrícola, en particular aquéllas con planta de tallo corto.

Existen 35 mutantes registrados en el catálogo de IRAT de los cultivos de arroz de tierra alta, así como sigue:

**Cuadro 3:** Mutantes registrados en el catálogo de IRAT, con el lugar de selección correspondiente.

Progenitor	Mutantes	Lugar de Selección
63-83	IRAT 13	Cote d'Ivoire
	IRAT 78	" " " y Camerún
	IRAT 79	" " " " "
	IRAT 101	Cote d'Ivoire
Morobekeran	IRAT 113-117	" " " " "
IAC 25	IRAT (o IREM) 191-196	Guyana y Brasil
	IRAT 239-240	Guyana y Brasil
IAC 5,100	IRAT 241-249	Guyana y Brasil
Prateo Temprano	IRAT 250-256	Guyana y Brasil
Makuota	IRAT 257-258	Guyana y Brasil

**Fuente:** Mutation Breeding Newsletter, Issue No.28, 1,986.

En los reportes sobre experimentos de variedad, ciertos mutantes son llamados aún por su número de selección original. Por ejemplo, Sel IRAT 194.1.1, se escribe así en lugar de IRAT 78 en los test de ADRAO.

(Mutation Breeding Newsletter, 1986)

### 5.7.3 Inducción de Mutaciones en el Contenido de Proteína de Arroz (*Oryza sativa* L.)

Un número considerable de mutantes con alto contenido de proteína fue hallado por Tanaka (1969), como mutantes morfológicos derivados de una vieja variedad Nrin 8, en donde se irradió con rayos gamma, con dosis de 20 y 30 Kr. a la variedad Nihombare, de las cuales se aislaron mutantes con alto contenido de proteína, obteniendo a la vez una productividad alta, lo cual se considera un éxito.

El método de pedigree fue empleado para seleccionar las variantes con alto contenido de proteína en las generaciones M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>. Cerca de 6,000 plantas M<sub>2</sub> y 440 líneas y 201 plantas M<sub>3</sub> produjeron un alto contenido de proteína, en las semillas de arroz, con una humedad del 12%.

(Salazar L., S., 1984)

## 5.8 ANTECEDENTES DEL MATERIAL A EVALUAR

### 5.8.1 Contribución al Mejoramiento de Arroz, Oryza sativa L. a través de Inducción Artificial de Mutaciones con Rayos Gamma.

En la actualidad se cuenta con variedades mejoradas de porte semienano de alta productividad, por medio de las cuales el país logró su autoabastecimiento. Sin embargo, en los últimos años algunas de estas variedades como ICTA virginia y Precozicta, cultivadas extensivamente a nivel nacional, han disminuido sus niveles de rendimiento por áreas, por los que se hizo necesario realizar estudios de mejoramiento en las mismas con el fin de mejorar las características deseadas encontradas deficientes.

El material genético utilizado para la obtención de las variedades en estudio fue el siguiente:

#### a.- ICTA VIRGINIA:

Pedigree: P 918-25-1-4-2-3-1B.  
Cruzamiento: CICA 4/F1 IR 665-23-3-/Tetep

#### b.- PRECOZICTA:

Pedigree: P 790-84-4-1T.  
Cruzamiento: IR 930-2/IR 665-31-2-4.

(Montepeque, R., et. al., 1989)

#### 5.8.1.1 TRATAMIENTOS DE RADIACIÓN

La irradiación se efectuó en los laboratorios de la Sección Agropecuaria de la Dirección General de Energía Nuclear (DGEN), en un irradiador DYNARAD 5L que contiene una fuente de Cobalto 60.

Semillas de las variedades PRECOZICTA e ICTA VIRGINIA, fueron irradiadas con las dosis siguientes: 0, 150, 200, 300 y 400 Gy\* y luego las mismas fueron sembradas en invernadero y campo, determinando: la reducción del porcentaje de germinación, altura total a la primera hoja y sobrevivencia a los quince días de emergencia, con el fin de conocer la dosis óptima de radiación en cada variedad.

(Montepeque, R., et. al., 1989)

\* 1 Gy = Unidad de dosis de radiación absorbida.

.. 1 Gy = Equivale a 100 Rad.

#### 5.8.1.2 MANEJO DE LA PRIMERA GENERACION "M<sub>1</sub>"

Con la dosis óptima de radiación determinada se irradiaron 6,000 semillas por cada variedad las que fueron llevadas a campo y sembradas en surcos colocando 100 semillas por surco, intercalando testigos dentro del área experimental. Durante esta generación se observaron los efectos fisiológicos y mutaciones somáticas.

La cosecha se realizó individualmente, de todas las plantas sobrevivientes normales, tomando la espiga del tallo principal para continuar en la segunda generación. (Montepeque, R., et. al., 1989)

#### 5.8.1.3 MANEJO DE LA SEGUNDA GENERACION "M<sub>2</sub>"

La siembra fue por progenie, colocando 20 granos de cada espiga cosechada en M<sub>1</sub>, en surcos de 2 metros, intercalando testigos dentro del área experimental formando una población de 24,000 plantas en cada variedad.

Durante el desarrollo de la plantación se efectuaron recorridos dentro de la población para identificar plantas mutantes con características de acuerdo a los objetivos planteados.

La cosecha fue por planta individual, recolectando toda la semilla de la mutante presente en la progenie, además se cosechó una planta de la progenie que no presentó mutación para evaluar en la tercera generación. (Montepeque, R., et. al., 1989)

#### 5.8.1.4 MANEJO DE LA TERCERA GENERACION "M<sub>3</sub>"

En esta generación se sembraron las mutantes y las plantas aparentemente normales cosechadas en la segunda generación, intercalando testigos dentro del área experimental, además se sembró dentro de la parcela de investigación surcos de variedades de arroz susceptible a enfermedades con el fin de evaluar esta variable.



Durante el desarrollo de la plantación se realizaron recorridos dentro de la población para confirmar la estabilidad genética para variables cuantitativas y cualitativas de las mutantes, además se realizó la evaluación del material en sus características agronómicas y comportamiento de otras variables (enfermedades).

(Montepeque, R., et al., 1989)

### 5.8.1.5 RESULTADOS

Los resultados obtenidos de porcentaje de germinación, en la variedad virginia el rango de dosis de 270 a 340 Gy redujo el 28% de germinación, así también, con el mismo rango de dosis se redujo en un 30% la altura total de las plantas a nivel de invernadero no así, a nivel de campo ya que en este caso la reducción fue en un 17% con un 70% de sobrevivencia. (Cuadro 4).

Por otro lado, en la variedad Precozicta el rango de dosis de 300-350 Gy logró reducir un 30% la germinación, así mismo según los datos de altura, este rango de radiación permitió disminuir en un 30% la altura total a nivel de invernadero no así, en campo ya que la reducción fue de un 15% y la sobrevivencia con respecto al testigo, de un 70%. (Cuadro 5)

En la generación M<sub>1</sub> se observaron efectos fisiológicos y mutaciones somáticas causados por la dosis de radiación y se cosecharon aproximadamente 3,500 plantas de cada variedad. En la generación M<sub>2</sub> se realizaron recorridos dentro de la parcela de investigación en donde se identificaron mutantes morfológicas y clorofilicas, de mayor precocidad, alta producción y tolerantes a enfermedades. Toda la semilla de la mutante fue recolectada para hacer la evaluación en la siguiente generación.

En la generación M<sub>3</sub> se confirmó la estabilidad genética de las mutantes presentes en M<sub>2</sub>. En la variedad Precozicta se confirmaron 2 mutantes de mayor precocidad una de ellas completó su floración a los 62

días de haber germinado, y fue cosechada a los 90 días, dicha mutante es 20 días más precoz que la variedad original.

En la variedad ICTA virginia se presentó una mutante de maduración temprana la cual completó su floración a los 72 días de haber germinado, y fue cosechada a los 100 días, dicha mutante es 15 días más precoz que la variedad original.

**Tabla 1:** Mutantes obtenidas en el proyecto mejoramiento de arroz de la Sección Agropecuaria, Dirección General de Energía Nuclear. Guatemala.

Variedad	No. de mutantes	Caract. de las mutantes
ICTA VIRGINIA	5	Con tolerancia a <i>P. oryzae</i> , clasificada grado "1"
	1	15 días más precóz que la variedad original.
	2	Morfológicas.
	2	Clorofílicas (dif. color de follaje)
PRECOZICTA	1	Con tolerancia a <i>P. oryzae</i> , clasificada grado "0"
	1	Con tolerancia a <i>P. oryzae</i> , clasificada grado "1"
	2	20 y 10 días más precóz que la var. original

**Fuente:** Contribución al mejoramiento de arroz *O. sativa* L. a través de inducción artificial de mutaciones con rayos gamma. Montepeque R., et. al. Guatemala 1,989.

**Cuadro 4:** Evaluación de efectos somáticos en la generación M<sub>1</sub> de tratamientos con radiación Gamma en arroz variedad ISTA Virginia.

Dosis (Gy)	% sobreviv.	% reduc.de sobreviv.	% de crec.	% reduc.de crec.
0	100	0	100	0
150	80	20	94	6
200	77	23	84	16
250	73	27	74	26
300	68	32	72	28
400	55	45	28	72

**Fuente:** Contribución al mejoramiento de arroz *O. sativa* L. a través de inducción artificial de mutaciones con rayos gamma. Guatemala, 1,989.

**Cuadro 5:** Evaluación de efectos somáticos en la generación M<sub>1</sub> de tratamientos con radiación Gamma en arroz variedad Precozicta.

Dosis (Gy)	%sobreviv.	% reduc.de sobreviv.	% de crec.	% reduc.de crec.
0	100	0	100	0
150	86	14	95	5
200	82	18	84	16
250	84	16	74	26
300	73	27	70	30
400	62	38	27	73

**Fuente:** Contribución al mejoramiento de arroz *O. sativa* L. a través de inducción artificial de mutaciones con rayos gamma. Montepaque R., et. al. Guatemala, 1,989.

Los resultados obtenidos en el experimento indican que las selecciones de precocidad y tolerancia a enfermedades fueron efectivas en la generación M<sub>2</sub>, ya que estos caracteres fueron encontrados en la generación M<sub>3</sub> positivamente correlacionados con las plantas seleccionadas en M<sub>2</sub>, para las dos variedades investigadas.

En la variedad ICTA virginia con 290 Gy, se obtuvo mutantes morfológicas, clorofílicas, tolerantes a enfermedades y de maduración más temprana (15 días) que la variedad original.

En la variedad Precozicta con 310 Gy, se obtuvo mutantes morfológicas, tolerantes a enfermedades y de maduración más temprana de 20 y 10 días que la variedad original.

(Montepeque, R., et. al., 1989)

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 LOCALIZACION DEL AREA EXPERIMENTAL

Los 30 mutantes, fueron sembrados en un terreno de 1,200 metros cuadrados, ubicado en el centro experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla. El lugar se encuentra geográficamente ubicado a una Latitud Norte de  $14^{\circ} 07'$  y a una Longitud Oeste de  $71^{\circ} 09'$ . Se comunica a la cabecera departamental, a través de la carretera CA-9 Sur a una distancia de 27 kilómetros. (Apéndice 2)

El parcelamiento Cuyuta se encuentra limitado al Norte con la finca Cádiz, la finca Carolina, y la finca Versailles; al Sur con la finca La Felicidad; la finca Santa Elena y la finca San José Las Flores; al Este con la finca el Naranja, estando la línea del ferrocarril de por medio y al Oeste con el Río Achiguate. (Apéndice 3)

### 6.2 DESCRIPCION DE LA ZONA DE VIDA

Según Holdridge (1983), el área del parcelamiento se encuentra ubicada en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido, a una elevación de 48 m.s.n.m., con precipitación pluvial de 1,800 mm anuales. La temperatura promedio es de 26 grados centígrados.

Según Thornthwaite (1975), el clima de la zona por sus características de temperatura y precipitación pluvial presenta un clima cálido, sin estación seca bien definida, húmedo con invierno seco.

### 6.3 MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO

Para la presente investigación se utilizaron todos los recursos disponibles (humanos, físicos y financieros), así como de los materiales y equipo que se mencionan a continuación:

**Materiales**

- a. Pita.
- b. Estacas.
- c. Semilla.
- d. Bibliografía.
- e. Escalas para aplicación.
- f. Fertilizantes.
- g. Herbicidas.
- h. Insecticidas.
- i. Carretillas.
- j. Bolsas de papel.
- k. Costales de nylon.
- l. Patios de secamiento.
- m. Plástico negro.

**Equipo de campo**

- a. Nivel de precisión.
- b. Estadal.
- c. Herramientas de labranza.
- d. Maquinaria agrícola.
- e. Bomba de aspersión.
- f. Cinta métrica.
- g. Aspiradora.
- h. Balanzas.
- i. Determinador de humedad.
- j. Calculadora.
- k. Ventilador.
- l. Medio de transporte.

**6.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

El trabajo de investigación se realizó en 3 etapas: primero, una etapa de gabinete inicial; segundo, la etapa de campo; y tercero, la etapa de gabinete final.

### 6.4.1 Etapa de Gabinete Inicial

Comprendió la elaboración del proyecto, en el cual se recolectó la información básica para la realización de la investigación. Esta etapa finalizó en el seminario I, en el cual fue evaluado y corregido el proyecto.

### 6.4.2 Etapa de Campo

#### 6.4.2.1 PREPARACION DEL TERRENO

Se realizó un paso de rastra pesada, y dos de rastra liviana (pulidora), para finalmente a los 2 días pasar la cultivadora y rayar el terreno a 0.3 metros, formando los surcos necesarios.

#### 6.4.2.2 SIEMBRA

Se marcó el terreno con pita y estacas para ubicar cada uno de los mutantes (Apéndice I). La siembra se hizo en forma manual, aplicando la primer fertilizada con 15-15-15, utilizando una dosis de 271.50 Kg/Ha. Posteriormente se hicieron dos fertilizadas; una con urea, utilizando una dosis de 129.30 Kg/Ha más 65 Kg/Ha de sulfato de amonio al momento del macollamiento (35 días después de la siembra); y la última con urea al 46%, usando una dosis de 129.30 Kg/Ha antes de la floración (70 días después de la siembra). Estas aplicaciones se realizaron en base a las recomendaciones establecidas en el análisis de suelos efectuado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), en el lugar bajo estudio.

#### 6.4.2.3 CONTROL DE MALEZAS

Para el control de malezas, se utilizó inicialmente el Paraquat (Gramoxone) al 27% con una dosis de 2,500 cc/Ha, más 625 cc/Ha de adherente, esto se aplicó a los 4 días después de la siembra. Posteriormente se hicieron 2 aplicaciones utilizando una mezcla de herbicidas selectivos (postemergentes), para lo cual se usó una dosis de 1,000 cc/Ha de Propanil (STAM) al 36%, 3,125 cc/Ha de Bentazon (Basagran) al 34% y 625 cc/Ha de adherente, esto se aplicó a los 12 días y a los 30 días después de la siembra. Se realizaron 2 limpieas en forma

manual, para las cuales se utilizó de herramientas como azadón y jivo, éstas se realizaron a los 40 y 65 días después de la siembra.

#### 6.4.2.4 CONTROL DE PLAGAS

Para el control de plagas, se utilizó el Metamidofos (Tamaron) al 49%, con una dosis aproximada de 1,428.60 cc/Ha. Se efectuaron 3 aplicaciones con el insecticida, y se realizó un control físico de plagas, colocando banderines negros alrededor y dentro de los bloques con el objetivo de controlar el ataque de pájaros. El mismo fue realizado a los 105 días después de la siembra.

#### 6.4.2.5 CONTROL DE ENFERMEDADES

Para el caso de las enfermedades, estas no fueron controladas ni química ni manualmente, ya que la presencia de las mismas fue en densidades bajas y por consiguiente no hubo necesidad de realizar control alguno.

#### 6.4.2.6 TOMA DE DATOS

##### a. Medición de Característica Agronómica de Rendimiento en Grano:

Se estimó el rendimiento en Kg/Ha de arroz en cáscara o paddy, con 14% de humedad (Cuadro 6), utilizando la siguiente fórmula:

$$Pf = Pc (100 - Ho / 100 - 14\%)$$

Pf = Peso final.  
 Po = Peso inicial.  
 Ho = Humedad inicial.

El área cosechada fue de 5.30 metros cuadrados por parcela, descartando los surcos de los bordes. El tiempo de evaluación se realizó cuando la planta presentó el estado de crecimiento 9, según el



"Sistema de Evaluación Estándar para Arroz". Este registro del estado de crecimiento de las plantas, se tomó al momento de hacer la observación, utilizando la siguiente clave:

Germinación a emergencia.....	Estado 1.
Plántula o trasplante.....	Estado 2.
Macollamiento.....	Estado 3.
Crecimiento del tallo.....	Estado 4.
Embuchamiento.....	Estado 5.
Emergencia de la panícula.....	Estado 6.
Floración.....	Estado 7.
Estado lechoso del grano.....	Estado 8.
Grano maduro.....	Estado 9.

#### **b. Medición de Características Agronómicas :**

A continuación se describe el método utilizado en la evaluación de 5 características agronómicas. La aplicación de las escalas en el campo dependió del estado de crecimiento de las plantas y del criterio del fitomejorador.

##### **b.1 Volcamiento, Acame, Tumbada**

Se aseguró que el volcamiento no estuvo influenciado por plantas de parcelas adyacentes. El tiempo de evaluación en el campo, para la calificación del grado de acame de la parcela se realizó en el rango de los estados de crecimiento 8 - 9, aplicando la escala del Sistema de Evaluación Estándar para arroz, que a continuación se presenta:

- 1 Tallos fuertes. Sin volcamiento.
- 3 Tallos moderadamente fuertes. La mayoría de las plantas (más del 50%) presentan tendencias al volcamiento.
- 5 Tallos moderadamente débiles. Plantas moderadamente volcadas en su mayoría.
- 7 Tallos débiles, la mayoría de las plantas casi caídas.
- 9 Tallos muy débiles. Todas las plantas volcadas.

(Cuadros 9 y 13)

### b.2 Vigor

El vigor vegetativo del material está influenciado por factores como la habilidad de macollamiento, la altura de la planta, etc. La escala se puede usar para la evaluación de material genético y de variedades, tanto bajo condiciones ambientales favorables como adversas. El tiempo de evaluación en el campo, para la calificación del grado de vigor de plantas en las parcelas, se realizó cuando la planta presentó el estado de crecimiento 2, aplicando la escala del Sistema de Evaluación Estándar para arroz, que a continuación se presenta:

- 1 Material muy vigoroso.
- 3 Material vigoroso.
- 5 Plantas intermedias o normales.
- 7 Plantas menos vigorosas que lo normal.
- 9 Plantas muy débiles y pequeñas.

(Cuadros 9 y 13)

### b.3 Habilidad de macollamiento

Las condiciones ambientales pueden tener una fuerte influencia en el grado de macollamiento. La clasificación que se dé al material debe representar la mayoría de las plantas de la parcela. El tiempo de evaluación en el campo para la calificación del grado de habilidad de macollamiento de plantas en las parcelas, se realizó cuando la misma presentó el estado de crecimiento 2, aplicando la escala del Sistema de Evaluación Estándar para arroz, que a continuación se presenta:

La aplicación de la escala se realizó según el número de macollas por planta, así:

1	Más de 25.	Muy buena.	(más de 95%)
3	20 - 25.	Buena.	(75% - 95%)
5	10 - 19.	Mediana.	(55% - 74%)
7	5 - 9.	Débil.	(50% - 54%)
9	Menos de 5.	Escasa.	(menos del 50%)

(Cuadros 9 y 13)

#### b.4 Altura de la Planta

Las condiciones ambientales pueden influir también en la altura de la planta. La medición de altura se tomó desde la superficie del suelo hasta la punta de la panícula más alta, excluyendo las aristas. El dato tomado en el campo se realizó en centímetros y utilizando solo números enteros. El tiempo de evaluación se realizó cuando la planta presentó el estado de crecimiento 9, aplicando la escala del Sistema de Evaluación Estándar para arroz, que a continuación se presenta:

1	Menos de 100 centímetros.	Planta semienana.
3	100 - 110 centímetros.	Planta baja.
5	111 - 130 centímetros.	Planta intermedia.
9	Más de 130 centímetros.	Planta alta.

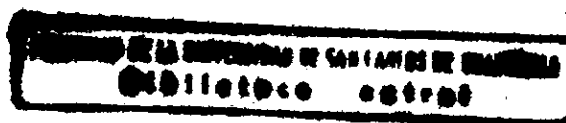
(Cuadros 9 y 13)

#### b.5 Ejerción de las Panículas

La inhabilidad de las panículas para emerger completamente de la hoja bandera se considera comúnmente como un defecto genético. Muchos factores ambientales pueden contribuir a este defecto. El tiempo de evaluación en el campo para la calificación del grado de ejerción de las panículas de las plantas, se efectuó cuando estas presentaron el estado de crecimiento 8, aplicando la escala del Sistema de Evaluación Estándar para arroz, que a continuación se presenta:

1	Todas las panículas con buena ejerción.
3	Panículas con ejerción moderada.
5	Panículas con ejerción casi definida.
7	Panículas con ejerción parcial.
9	Panículas sin ejerción.

(Cuadros 9 y 13)



#### 6.4.2.7 VARIABLES RESPUESTA

En la presente evaluación se usó la siguiente variable respuesta:

- a. Rendimiento, en kilogramos por hectárea estimado al 14 por ciento (%) de humedad.
- b. Comportamiento de características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de planta y ejerción de panículas.

#### 6.4.2.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El tipo de diseño experimental que se utilizó para la evaluación de las variable rendimiento fue el de Bloques al Azar.

El número de diseños que se utilizaron para la evaluación fue de dos (2).

El número de bloques o repeticiones con que contó cada diseño fue de tres (3)

El número de tratamientos con que contó cada bloque fue de dieciseis (16).

El número de variedades evaluadas fue de dos (2).

El número de mutantes de cada variedad fue de quince (15) más un testigo (Apéndice 1).

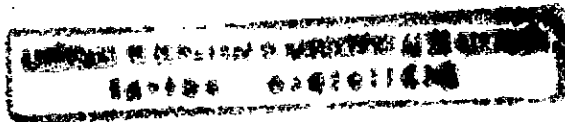
(observar todo lo descrito en el apéndice 4)

##### 6.4.2.8.1 Características de cada Tratamiento

- \* Tamaño de la parcela bruta: 9 metros cuadrados.
- \* Número de surcos de la parcela bruta: 6 surcos.
- \* Tamaño de la parcela neta: 5.3 metros cuadrados.
- \* Número de surcos de la parcela neta (cosechados): 4 surcos.

Se dejó un surco de cada lado de la parcela para contrarrestar el efecto de borde, así como una distancia de 0.3 metros de cabecera superior e inferior.

(Apendice 4)



- \* El largo de cada surco fue de 5 metros.
- \* La cantidad de semilla por surco de 5 metros fue de 5 gramos
- \* El total de semilla por tratamiento fue de 30 gramos.
- \* El total de semilla por cada mutante fue de 90 gramos.

La semilla de los mutantes fue proporcionada por la Sección Agropecuaria, de la Dirección General de Energía Nuclear (D.G.E.N.), Ministerio de Energía y Minas.

Modelo Estadístico : $Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$
--

- $Y_{ij}$  = Observación en la unidad experimental del bloque j con el tratamiento i.
- $M$  = Media Global.
- $T_i$  = Efecto del tratamiento iésimo.
- $B_j$  = Efecto del bloque jésimo.
- $E_{ij}$  = Error experimental en la unidad experimental del bloque i con el tratamiento j.

#### 6.4.3 Etapa de Gabinete

En esta etapa se realizó un análisis de toda la información recopilada en el estudio.

Los resultados de la investigación se evaluaron estadísticamente de acuerdo al diseño utilizado en el campo. Para este trabajo se recurrió a la colaboración del Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

La información obtenida se sometió a:

- a. Análisis de varianza para evaluar la información obtenida de rendimiento, con el fin de determinar diferencia entre tratamientos, para cada variedad.  
(Cuadro 7, 11)
- b. Prueba de medias, para determinar diferencias de efectividad entre medias de tratamientos de cada variedad, detectando así los mutantes más rendidores.  
(Apéndice 5, 6)
- c. Coeficiente de correlación de PEARSON para conocer el comportamiento entre las características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de planta y exerción de panículas con el rendimiento en los 30 mutantes, a través del Statistic Analysis Sistem (SAS).  
(Cuadros 10 y 14)

Después del análisis realizado a los datos de campo (Cuadro 6, 9 y 13), se hizo la interpretación y discusión de los resultados para la formulación de las conclusiones y recomendaciones.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se exponen y discuten los resultados obtenidos a través de la evaluación realizada a los mutantes de arroz en el parcelamiento Cuyuta, Mesagua, Escuintla.

Inicialmente los datos obtenidos en el campo fueron estandarizados al 14% de humedad y presentados en el cuadro 6 que a continuación se observa :

**Cuadro 6:** Datos estandarizados al 14% de humedad, para el Rendimiento de los mutantes de las 2 variedades. (KG/Ha).

	<u>Precozicta</u>			<u>ICTA virginia</u>		
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
1.	3403.9	4409.8	4524.4	6670.6	5916.7	3950.1
2.	2717.4	1976.1	2707.4	4322.8	2561	3272.8
3.	3608.4	2644.3	3855.3	4504.2	2567.6	4524.4
4.	3734.3	3068.5	3555.1	7219.3	5011.2	6152.4
5.	2282	1826.4	2729.9	5508	6371.8	6707.8
6.	4909.3	4860.6	5727.6	Testigo 3264.5	4993.8	5883
7.	2331.8	1836.3	2856.4	3327.6	2582.6	3432.3
8.	1659.7	2921	4028.6 Testigo	5530.2	2567.6	3565.6
9.	5212	2814.7	4872	3581.2	3552.2	2765.7
10.	5055.8	4946.2	6104.5	3392.1	4313.4	4244.3
11.	3383.8	3705.4	3972.3	2610.1	2600.2	2530.3
12.	4213.2	4537.8	4038.7	3468.6	2530.3	4244.3
13.	2428.7	2104.2	4566.6	4164.4	5003	5635
14.	3296.8	3618.3	4359.5	3533.2	3310.2	4294
15.	1908.1	1589.2	2262.6	838.11	835.6	812
16.	3921.3	3330.1	4085.9	3498.2	4373.3	4322

**Fuente :** Datos de campo originales. (Kg/Ha).

Posteriormente a la estandarización de los datos, se realizó el análisis estadístico que a continuación se presenta:

## 7.1 RENDIMIENTO EN PRECOZICTA

La estimación del rendimiento se realizó con base al peso de la semilla por parcela neta con la humedad de campo, para posteriormente estandarizar los pesos a un 14% de humedad, utilizando la fórmula descrita en la metodología. En el cuadro 7, se puede observar el resultado específico del Análisis Estadístico de Varianza (ANDEVA), presentado por los 15 mutantes y un testigo de la variedad precozicta.

**Cuadro 7:** ANDEVA realizado a los datos de rendimiento (Kg/Ha) de los 15 mutantes y un testigo de la variedad de arroz Precozicta evaluados en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla; en el año 1,990.

Análisis de varianza Para rendimiento (Kg/Ha), Var. Precozicta					
F.L.	G.L.	Cuadrado Medio	Fcal.	Ft	Significancia(0.01)
Bloque	2	3,294,816	10.97921	5.27	**
Trat.	15	3,014,528	10.04521	5.27	**
Error	30	300,096			
<b>Coefficiente de Variación:</b>		<b>15.60507%</b>			

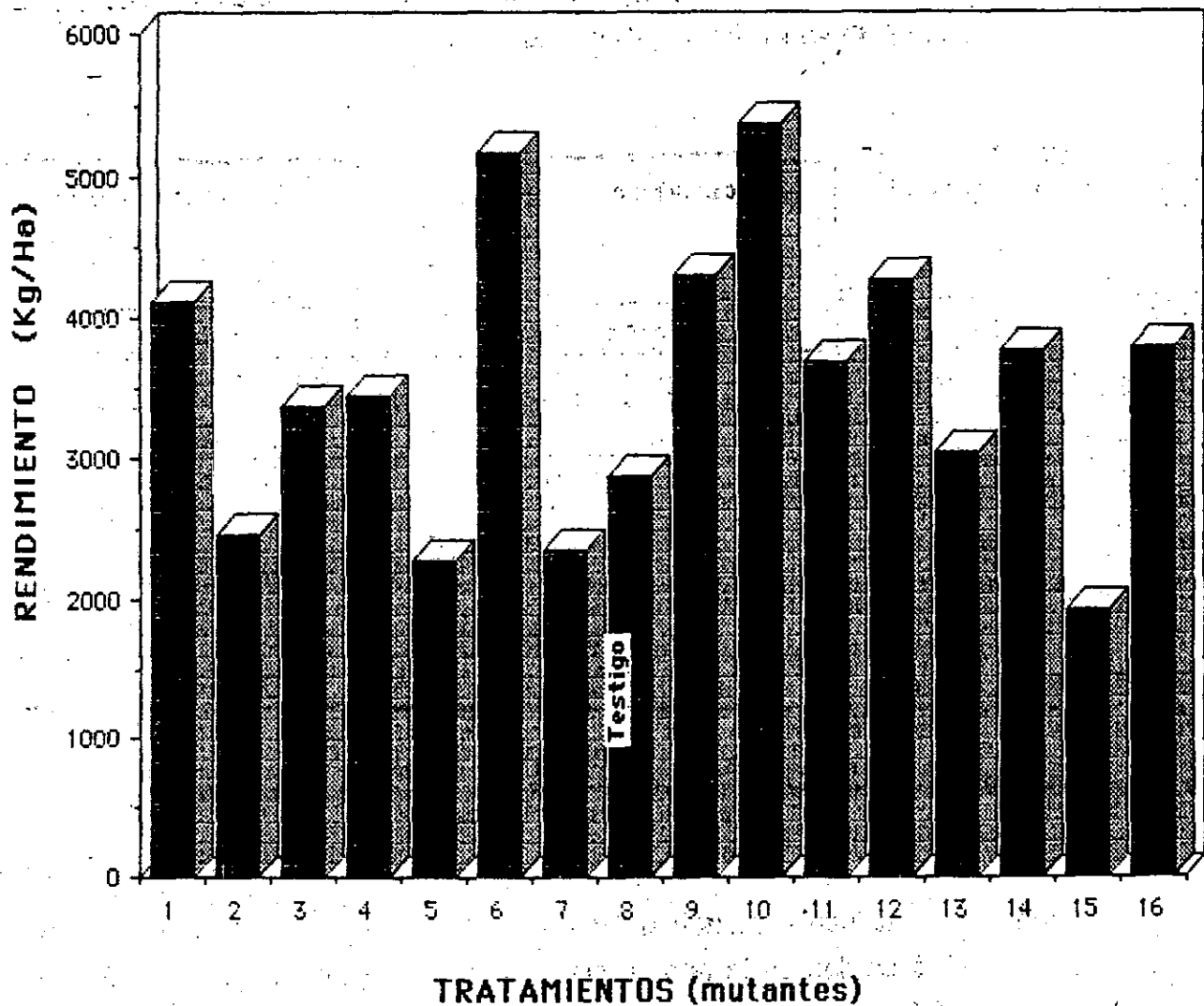
**Fuente:** Datos estandarizados de rendimiento. (Cuadro 6).

Con los resultados obtenidos se puede definir estadísticamente que existen diferencias significativas entre los bloques, y entre los tratamientos, debido a que el valor obtenido de F tabulada (Ft) de alpha (0.01) es menor que el valor de F calculada (Fc) presentado en el análisis, por lo que se realizó una prueba de medias, aplicando Tukey por ser la más rígida.

En la **figura 1** puede observarse la distribución de los promedios de rendimientos en Kg/Ha de cada mutante de arroz y compararse con el testigo, para la variedad Precozicta.

Algo importante de mencionar en relación a los rendimientos de los mutantes en la presente investigación es, que la densidad de siembra utilizada fue de 5 gramos/surco, lo cual bajó la densidad de plantas/parcela y por consiguiente bajó la cantidad de semilla obtenida. Sin embargo, en comparación con rendimientos reportados en la literatura, se





**Figura 1: Rendimiento Promedio de los Mutantes de arroz variedad Precozicta, evaluados en Cuyuta Masagua, Escuintla; en 1,990.**

FUENTE: Promedios de Tukey, apendice 8

determinó que los rendimientos son aceptables, sobresaliendo para este estudio los siguientes mutantes:

**Cuadro 8:** Rendimiento promedio de los mutantes de arroz Oryza sativa L., variedad Precozicta, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla; que se manifestaron superiores al testigo.

Nomenclatura del Ensayo	Nomenclatura de la D.G.E.N.	Rendimiento Kg/Ha
Mutante 10 del ensayo	MP 2,094 de la D. G. E. N.	5,368.834
Mutante 6 del ensayo	MP 1,189 de la D. G. E. N.	5,165.834
Mutante 9 del ensayo	MP 1,346 de la D. G. E. N.	4,299.567
Mutante 12 del ensayo	MP 1,241 de la D. G. E. N.	4,263.234
Mutante 1 del ensayo	MP 1,184 de la D. G. E. N.	4,112.700
Mutante 16 del ensayo	MP 1,307 de la D. G. E. N.	3,779.100
Mutante 14 del ensayo	MP 1,036 de la D. G. E. N.	3,758.200
Testigo (8) del ensayo	Testigo PRECOZICTA	2,869.767

**Fuente:** Datos de Campo, promedios de tukey, apéndice 5.

Los mutantes anteriormente mencionados, estadísticamente pertenecen al primer grupo, de los seis establecidos en la prueba de Tukey correspondiente a rendimientos en Kg/Ha para la variedad Precozicta (Apendice 5). El mutante 10 presenta la mejor media en rendimiento, siendo este de 5,368.834 Kg/Ha. Es importante indicar que el rendimiento promedio del testigo fue de 2,869.767 Kg/Ha y catalogado en la prueba de Tukey en el tercer grupo.

**Cuadro 9:** Características agronómicas para la descripción de los 15 mutantes y un testigo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad Precozicta, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en el año de 1,990.

No. de MUT.	ACAME		YIGOR		HAB. MACOLL.		ALTURA DE PLANTA			EXERCION DE PANICULA	
	Lect.	%	Lect.	%	Lect.	%	Lect.	cms.	%	Lectura	%
1	1	1	3	95	3	95	1	93	90	2	90
2	1	1	4	85	4	85	1	93	95	2	90
3	1	1	3	95	3	95	1	93	95	2	90
4	1	1	3	95	3	95	3	98	80	2	90
5	1	1	3	95	3	95	3	100	90	1	100
6	1	1	2	100	2	100	3	100	95	1	100
7	1	1	4	85	4	85	1	91	85	2	90
8	1	1	4	85	3	95	3	93	100	3	80
9	1	1	4	85	3	95	1	95	90	2	90
10	1	1	2	100	2	100	1	95	95	1	100
11	1	1	3	95	3	95	1	95	90	2	90
12	1	1	3	95	3	95	1	95	80	1	100
13	1	1	4	85	3	95	1	90	85	2	90
14	1	1	3	95	3	95	3	100	100	1	100
15	1	1	5	70	4	85	1	72	70	2	90
16	1	1	3	95	3	95	1	93	90	1	100

**Fuente:** Datos de campo y calificación a través de las escalas del Sistema de Evaluación Estándar para arroz, CIAT.

En el cuadro anterior pueden observarse los resultados de campo obtenidos a través de la calificación de las características agronómicas de los quince mutantes con la escala del Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. Puede observarse que la mayoría de los mutantes de la variedad Precozicta presentaron un adecuado grado de vigor y de habilidad de macollamiento, ya que los mismos mostraron un promedio de 20 - 25 macollas por planta. De igual manera, la mayoría de mutantes presentaron una altura de planta menor de un metro (72 - 98 cms) y panículas con buena ejerción. Es importante mencionar que entre las mutantes que presentaron características agronómicas adecuadas, se encuentran incluidos los 7 mutantes seleccionados por la prueba de Tukey con rendimientos promedios superiores

al testigo, lo cual los convierte en mutantes adecuados y con características prometedoras, que dan pauta para continuar con ensayos de generaciones para asegurar su estabilidad y conocer en un mayor grado su comportamiento en condiciones de campo de otras regiones o de la misma, pero en años subsecuentes.

**Cuadro 10** Correlaciones entre rendimiento y las características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de planta y ejerción de panícula de los quince mutantes y un testigo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad precozicta evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en el año de 1990.

VARIABLE	N	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	SUMATORIA	
RENDIMIENTO	16	3510	1002	56167	
ACAME	16	1.00000	0	16.00000	
VIGOR	16	90.93750	7.79289	1455	
HAB. MACOLL.	16	93.75000	4.65475	1500	
ALTURA	16	89.37500	7.93200	1430	
EXER. PANIC.	16	93.12500	6.02080	1490	
<b>COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON</b>					
	ACAME	VIGOR	HABILIDAD DE MACOLLAMIENTO	ALTURA PLANTA	EXER. PANICULA
RENDIMIENTO	-----	0.70616	0.79437	0.34215	0.46311
	-----	0.0022	0.0002	0.1946	0.0708

**Fuente:** Promedios de los datos de campo obtenidos a través de la calificación con la escala de evaluación estándar para arroz de CIAT.

Genéticamente se sabe que los caracteres cualitativos y cuantitativos están ligados en relación a la manifestación de características fisiológicas o morfológicas de las plantas. Angladette, A., 1969, reporta que la longitud de la paja es plurifactorial y mantiene estrecha correlación con la ejerción y longitud de panícula y además con el rendimiento. También el macollamiento depende de algunos genes que están en correlación positiva con el rendimiento. Los resultados apreciados en el cuadro 10 nos determina que el rendimiento está correlacionado significativamente con las características agronómicas de vigor y habilidad de macollamiento, ya que estadísticamente se acepta como altamente

significativo un coeficiente de correlación comprendido en el rango de 0.8 a 1.0. Orozco C., M., González F., Joaquín, en 1983, reportan que características agronómicas como vigor y habilidad de macollamiento en arroz mantienen una estrecha correlación con el rendimiento.

Finalmente podemos apreciar que el rendimiento está correlacionado inversamente con las características de acame y altura de plantas, lo cual ha sido comprobado en investigaciones realizadas en el Centro de Investigaciones de Agricultura Tropical (CIAT).

Algo importante de mencionar es que se establecen períodos críticos de factores ambientales en diferentes estados de crecimiento en arroz, los cuales pueden influir en la manifestación de características agronómicas, aunque genéticamente estén correlacionados con el rendimiento.

## 7.2 RENDIMIENTO EN ICTA VIRGINIA

La estimación de rendimiento se realizó con base al peso de la semilla por parcela neta, estandarizado a un 14 por ciento de humedad. En el cuadro 11 se puede observar el resultado específico del ANDEVA, presentado por los 15 mutantes y un testigo de la variedad.

**Cuadro 11:** Análisis de varianza realizado al rendimiento de los 15 mutantes y un testigo de la variedad de arroz ICTA virginia evaluados en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla; en 1,990.

Análisis de varianza para rendimiento en KG/HA, ICTA virginia					
F.V.	G.L.	Cuadrado Medio	Fcal.	Ft	Significancia(0.01)
Bloque	2	974,368	1.307636	5.27	NS
Trata.	15	5,439,386	7.299846	5.27	*
Error	30	745,137			
<b>Coefficiente de Variación = 21.7093%</b>					

**Fuente:** Datos estandarizados de rendimiento (Cuadro 6).

Con los resultados obtenidos podemos definir estadísticamente que no hay diferencia significativa entre los bloques, mientras que para los tratamientos (mutantes y testigo), se presenta significancia, debido a que el valor obtenido de F calculada ( $F_c$ ) es menor que el valor de E tabulada ( $F_t$ ) de alpha (0.01), por lo que se realizó una prueba de medias, aplicando Tukey. (Apéndice 7)

En la **figura 2** puede observarse la distribución de los promedios de rendimiento en Kg/Ha de cada mutante de arroz y compararse con el testigo, para esta variedad.

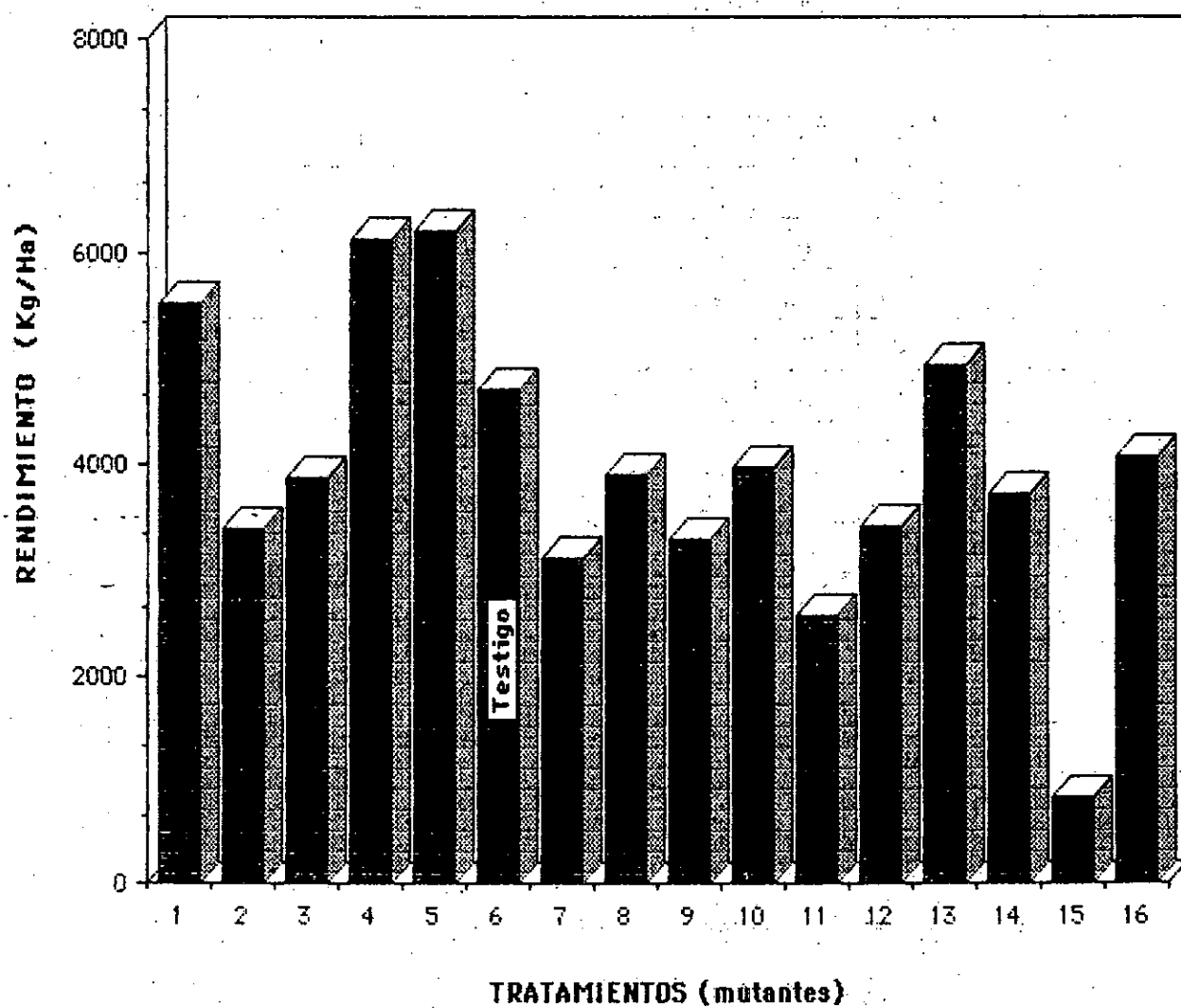
También es importante mencionar en relación a los rendimientos obtenidos por los mutantes en la presente investigación, que la densidad de siembra fue de 5 gramos por surco de 5 metros, lo cual disminuyó la densidad de plantas por parcela y por consiguiente bajo la cantidad de semilla obtenida. Sin embargo, se compararon con datos de estudios realizados en el I.C.T.A. y son aceptables, sobresaliendo:

**Cuadro 12:** Rendimiento promedio de los mutantes de arroz *Oryza sativa* L., variedad Icta virginia, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla; que se manifestaron superiores al testigo.

Nomenclatura del Ensayo	Nomenclatura de la D.G.E.N.	Rendimiento Kg/Ha
Mutante 5 del ensayo	MV 280 de la D. G. E. N.	6,195.867
Mutante 4 del ensayo	MV 10 de la D. G. E. N.	6,127.634
Mutante 1 del ensayo	MV 12 de la D. G. E. N.	5,512.467
Mutante 13 del ensayo	MV 973 de la D. G. E. N.	4,934.134
Testigo (6) del ensayo	Testigo ICTA VIRGINIA	4,713.767

**Fuente:** Datos de Campo, promedios de tukey, apéndice 6.

Estos mutantes pertenecen al primer grupo catalogado en el análisis de la prueba de Tukey, correspondiente a rendimiento en Kg/Ha para la variedad ICTA virginia (Apendice 6), en el cual los mutantes 5 y 4 presentaron los mejores promedios en rendimiento, siendo éstos de 6,195.867 Kg/Ha y de 6,127.634 respectivamente. Es importante mencionar que el rendimiento del testigo fue catalogado también por esta prueba, en el primer grupo, presentando un rendimiento de 4,713.767 Kg/Ha. En el apéndice 6 se puede observar más detalladamente, que la mayoría de mutantes son estadísticamente iguales, ya que pertenecen al mismo grupo, existiendo por lo menos cuatro mutantes estadísticamente superiores al testigo.



**Figura 2: Rendimiento Promedio de los Mutantes de arroz**  
variedad ICTA virginia, evaluados en  
Cuyuta, Masagua, Escuintla; en 1,990

FUENTE: Promedios de Tukey, apendice 9

**Cuadro 13:** Características agronómicas para la descripción de los 15 mutantes y un testigo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad Icta virginia, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en el año de 1,990.

No. de MUT.	ACAME		VIGOR		HAB. MACOLL.		ALTURA DE PLANTA			EXERCION DE PANICULA	
	Lect.	%	Lect.	%	Lect.	%	Lect.	cms.	%	Lectura	%
1	1	1	3	95	3	95	1	88	90	1	100
2	1	1	3	95	3	95	1	81	90	1	100
3	2	3	3	95	4	85	3	100	70	1	100
4	1	1	2	100	3	95	1	91	95	1	100
5	7	50	3	95	3	95	1	92	90	1	100
6	2	3	3	95	4	85	1	95	75	1	100
7	1	1	3	95	4	85	1	87	75	2	90
8	1	1	3	95	3	95	1	90	70	1	100
9	2	3	3	95	4	85	1	88	80	1	100
10	1	1	3	95	3	95	1	83	75	1	100
11	1	1	3	95	3	95	1	76	70	2	90
12	1	1	3	95	3	95	1	82	70	1	100
13	1	1	3	95	3	95	1	94	90	2	90
14	1	1	3	95	3	95	1	94	90	2	90
15	1	1	5	70	5	70	1	75	85	1	100
16	1	1	3	95	4	85	3	101	90	2	90

**Fuente:** Datos de campo y calificación a través de las escalas del Sistema de Evaluación Estándar para arroz, CIAT.

En el cuadro anterior pueden observarse los resultados de campo obtenidos a través de la calificación de las características agronómicas de los quince mutantes con la escala del sistema de evaluación estándar para arroz. Estos resultados presentan un pequeño cambio en lo referente a la característica de acame, el cual fue manifestado en un 50% por el mutante 5 de dicha variedad, convirtiéndolo en un mutante con problemas al momento de una cosecha mecanizada. Es importante mencionar que este mutante presenta el mayor rendimiento promedio de todos los mutantes, superando al testigo en 1,482.10 Kg/Ha; además presentó un vigor y habilidad de macollamiento de 95% (20 - 25 macollas/planta), altura total de 92 cms



en promedio y una completa ejerción de panículas en las plantas. Utilizando técnicas convencionales de mejoramiento como el retrocruzamiento, podría disminuirse el porcentaje de acame y lanzar este mutante en ensayos genéticos de campo con el fin de incrementar la información y asegurar su estabilidad, ya sea en otras regiones o en la misma, pero en años posteriores. Puede adjudicarse ese acame al peso de la semilla, ya que este mutante presenta rendimiento promedio superior (6,195.867) a los reportados en la literatura para el año 1,990 (2,537.81 Kg/Ha).

De igual manera, la mayoría de mutantes presentaron comportamientos adecuados en sus características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de planta menor de un metro y ejerción de panículas; incluyendo el testigo, el cual estadísticamente la prueba de Tukey lo catalogó igual en rendimiento promedio que los mutantes 5,4 y1, siendo estos superiores en sus rendimientos reales.

**Cuadro 14:** Correlaciones entre rendimiento y las características agronómicas de acame, vigor, habilidad de macollamiento, altura de planta y ejerción de panícula de los quince mutantes y un testigo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad Icta virginia, evaluados bajo las condiciones de Cuyuta, Masagua, Escuintla, en el año de 1990.

VARIABLE	N	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	SUMATORIA	
RENDIMIENTO	16	3976	1347	63620	
ACAME	16	4.43750	12.17631	71.000	
YIGOR	16	93.75000	6.45497	1500	
HAB. MACOLL.	16	90.31250	7.18070	1445	
ALTURA	16	81.56250	9.25900	1305	
EXER. PANIC.	16	96.87500	4.78714	1550	
<b>COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON</b>					
	ACAME	YIGOR	HABILIDAD DE MACOLLAMIENTO	ALTURA PLANTA	EXER. PANICULA
RENDIMIENTO	0.44183	0.68609	0.59937	0.41798	0.15262
	0.0866	0.0033	0.0141	0.1072	0.5726

**Fuente:** Promedios de los datos de campo obtenidos a través de la calificación con la escala de evaluación estándar para arroz de CIAT.

Los resultados presentados en cuadro anterior nos indican que la correlación entre las características agronómicas de rendimiento, vigor y habilidad de macollamiento se mantiene directa, pero no tan significativamente como se presentó en los 15 mutantes de la variedad precozista. El grado de correlación depende básicamente de la variedad, para que este se manifieste altamente significativo o no. Chandraratna, citado por Angladette, A., en 1969, manifiesta que algunas variedades fotosensitivas poseen un gen simple dominante ligado a la coloración del ápice, el cual actúa en el macollamiento de las plantas.

Finalmente se puede determinar que la mayor correlación existente entre las dos variedades es la manifestada entre las características agronómicas de rendimiento, vigor, y habilidad de macollamiento, las cuales están en diferente grado para cada una de las variedades evaluadas, ya que como se mencionó anteriormente, la manifestación de las características agronómicas varía de tipo genético en cada variedad.

**CUADRO 15 :** Características agrónomicas para la descripción de los seis (6) mutantes seleccionados en la evaluación, bajo las condiciones del parcelamiento Cuyuta, municipio de Masagua, departamento de Escuintla; en el año de 1,990.

Caracter. Agronómica Nomenclatura	Rendimiento (Kg/Ha)	Vigor (%)	Habilidad de Maco- llamiento (%)	Madurez (días)	Altura (mts)	Acame (%)	Observaciones
Mutante 10 (PRECOZICTA)	5368.834	100	100	130	0.95	1	**
Mutante 6 (PRECOZICTA)	5165.834	100	100	130	1.00	1	
Mutante 9 (PRECOZICTA)	4299.567	85	95	130	0.98	1	
Mutante 5 (ICTA VIRGINIA)	6195.867	95	95	134	0.94	50	
Mutante 4 (ICTA VIRGINIA)	6127.634	100	95	136	0.91	1	**
Mutante 1 (ICTA VIRGINIA)	5512.467	95	95	134	0.88	1	

( \*\* ) Mejor rendidor.

**FUENTE :** Datos de campo.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 Con respecto a las diferencias encontradas en las variedades estudiadas, se puede decir que existen efectos significativos entre los mutantes evaluados en relación a rendimiento en grano, concluyéndose en la presente investigación, que las mutantes 10, 6, 9, 12, 1 y 14 presentan mayor rendimiento que la variedad original (Precozicta), encontrándose éste en el tercer grupo de los seis catalogados en la prueba de tukey. Además puede concluirse que éstos mutantes mencionados presentan características agronómicas de vigor, habilidad de macollamiento, ejercer de panículas correlacionadas directamente en alto grado con el rendimiento.
- 8.2 Se establece que en la variedad ICTA virginia, se obtuvo mutantes que presentaron estadísticamente iguales rendimientos que el testigo. Estas mutantes son: 4, 5, 1 y 13. Los mutantes antes mencionados presentan rendimientos reales mayores que el testigo, pero están catalogados en la prueba de tukey en el grupo uno juntamente con el testigo. Estos mutantes mencionados también presentaron correlación directa en grado menor entre las características agronómicas de vigorosidad, habilidad de macollamiento, altura total de planta y ejercer completa de panículas con el rendimiento.
- 8.3 Se concluye que la mutante 5 (MV 280 de la D.G.E.N.) fue la que presentó mejor rendimiento del total de mutantes de la variedad Icta virginia, presentado además un factor limitante, el cual es la manifestación de acame en un 50%. Las características agronómicas de vigor, habilidad de macollamiento, altura de planta y ejercer de panículas se manifestaron en porcentajes aceptables en la evaluación.

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Por las características agronómicas prometedoras presentes en la mutante 4 (MV 10 de la D.G.E.N.) de la variedad ICTA virginia, se recomienda evaluarla en época de lluvia y en diferentes regiones arroceras del país, con el objetivo de incrementar la información, conocer el comportamiento y la estabilidad genética de la misma a nivel nacional.
- 9.2 Para el mutante 5 (MV 280 de la D.G.E.N.) de la variedad ICTA virginia, se recomienda aplicar otras técnicas de mejoramiento, con el fin de eliminar en el mismo, la característica indeseable de acame, el cual fue presentado por dicha mutante, siendo el único factor inadecuado al momento de implementar cosecha en forma mecanizada; ya que por otro lado, presentó un rendimiento superior al testigo, altura promedio de 0.91 metros, un vigor y habilidad de macollamiento de 95% y ejerción de panículas muy buena (100%), que lo presentan como un mutante ventajoso y adecuado.
- 9.3 Para la mutante 10 (2094 de la D.G.E.N.) de la variedad Precozicta, se recomienda evaluarla en época de lluvia y en diferentes regiones arroceras del país con el objetivo de incrementar la información, conocer el comportamiento y la estabilidad genética de la misma a nivel nacional.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R. W. 1978. Principio de la mejora genética de las plantas. Traducción J. Montoya. 3 ed. Barcelona, Omega. p. 100 - 147.
2. ANGLADETTE, A. 1969. El arroz. Traducción de Vicente Ripoll y Fermín Palomeque. Barcelona, Blume. Colección Agricultura Tropical. 867 p.
3. ARROZ: INVESTIGACION y producción; Referencia de investigaciones en el Centro de Investigación de Agricultura Tropical - CIAT -. 1985. Cali, Colombia, CIAT. 696 P.
4. BROCK, R. O. 1979. Mutation plant breeding for seed protein improvement, seed protein improvement. Viena, International Atomic Energy Agency. 242 p.
5. BUYER GUIDE application equipment fertilizer trade names, fertilizer dictionary, pesticide dictionary. 1988. Editado por Hall, Franklin R., Knake, Ellery L., Mc Carty, Robert H. 74 th ed. North Chicago, Illinois. Meister publishing. Farm Chemicals Handbook. p. 87.
6. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz. 2 ed. Cali, Colombia. 65 p.
7. CHANDLER, R. F. 1984. Arroz en los trópicos; guía para el desarrollo de los programas nacionales. Traducido del inglés por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA. 20 p.
8. CHEANEY, R. L., JENNINGS, P. R. 1975. Problemas en cultivos de arroz en América Latina. Cali, Colombia. CIAT. Serie GS-15. p. 12 - 17.
9. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE COMERCIALIZACION AGRICOLA. 1988. Pronóstico de la producción de granos básicos, temporada agrícola 1,988 -1,989 (cifras finales). Guatemala. 6 p.
10. \_\_\_\_\_ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. 1989. Encuesta agrícola de granos básicos 1985 - 1986 - 1987. Guatemala. 5 p.
11. \_\_\_\_\_ INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000

12. FAO, International Atomic Energy Agency. 1985. Mutation breeding newsletter. Viena. IAEA. Issue no.26. 32 p.
13. \_\_\_\_\_ 1986. Mutation breeding newsletter. Viena. IAEA. Issue no. 28. 26 p.
14. \_\_\_\_\_ 1987. Mutation breeding newsletter. Viena. IAEA. Issue no.30. 38 p.
15. \_\_\_\_\_ 1988. Mutation breeding newsletter. Viena. IAEA. Issue no.32. 40 p.
16. \_\_\_\_\_ 1989. Mutation breeding newsletter. Viena. IAEA. Issue no.33. 25 p.
17. GRIST, D. H. 1982. Arroz. México, C.E.C.S.A. 785 p.
18. HERRERA CAMPI, J. A. 1962. Fitopatología ilustrada. Barcelona, UTHEA. 100 p.
19. MIYARES, R. 1986. Paquete de programación basic para pruebas estadísticas no paramétricas usuales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 15 - 80.
20. MONTEPEQUE, R., et al. 1989. Contribución al mejoramiento de arroz (Oryza sativa), a través de inducción artificial de mutaciones con rayos gamma cobalto-60. Guatemala, Dirección General de Energía Nuclear. 13 p.
21. OBIOLS DEL CID, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la República de Guatemala; según el sistema Thornthwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000,000. Color.
22. OROZCO, M. L.; GONZALES F., J. 1983. Comportamiento de seis variedades de arroz (Oryza sativa L.) bajo diferentes sistemas de siembra en suelo salino-sódico. Arroz (COL). 32(326): 7 - 11.
23. PRETZANZIN TOHOM, 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. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 111 p.
24. SALAZAR L., S. 1984. Evaluación de mutaciones inducidas por radiación Gamma (CO-60) en dos variedades de Phaseolus vulgaris L. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 84 p.

25. SIMMONS, C. S.; TARANO, J. M.; PINTO, J. H. 1959. Mapa de clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Servicio Interamericano de Cooperación para la agricultura. Esc. 1:250,000. Color.
26. VARGAS, J. P.; SALIVE, A.; JARAMILLO, C. 1981. Efecto de algunos bioestimulantes sobre el crecimiento y rendimiento del arroz en condiciones de campo e invernadero. arroz (COL). 30(311): 8 - 22
27. WAYNE W., D. 1978. Applied nonparametric statistics. Georgia, E. E. U. U., Georgia State University. p. 235 - 240.
28. \_\_\_\_\_ 1,982. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. México. Limusa. p. 85 - 97.

*Vo. Co.*  
*Patualla*





## II. A P E N D I C E

- 1.) **Apendice 1:** Listado de mutantes provenientes de las variedades utilizadas en la investigación
- 2.) **Apendice 2:** Figura 3a: Mapa de ubicación nacional. (mapa de Guatemala)
- 3.) **Apendice 3:** Figura 4a: Mapa de ubicación local. (mapa del parcelamiento)
- 4.) **Apendice 4:** Figura 5a: Croquis del ensayo donde fue montado el experimento, así como de las dimensiones de la parcela bruta y neta
- 5.) **Apendice 5:** Prueba de Tukey realizada detalladamente para los rendimientos promedios de los 15 mutantes y testigo de la variedad Precozicta
- 6.) **Apendice 6:** Prueba de Tukey realizada detalladamente para los rendimientos promedios de los 15 mutantes y testigo de la variedad ICTA virginia

## A P E N D I C E I

### MUTANTES EVALUADOS EN CUYUTA, MASAGUA, ESCUINTLA; CON SU NOMENCLATURA ORIGINAL, ESTABLECIDA EN LA DIRECCION GENERAL DE ENERGIA NUCLEAR; Y LA NOMENCLATURA PARA LA INVESTIGACION

#### Variedad Precozicta

N. DE ENSAYO	N. DE LA D.G.E.N.
Mutante 1 =	MP 1184
Mutante 2 =	MP 1158
Mutante 3 =	MP 1341
Mutante 4 =	MP 1816
Mutante 5 =	MP 1735
Mutante 6 =	MP 1189
Mutante 7 =	MP 1796
Testigo =	Precozicta
Mutante 9 =	MP 1346
Mutante 10 =	MP 2094
Mutante 11 =	MP 1690
Mutante 12 =	MP 1241
Mutante 13 =	MP 1146
Mutante 14 =	MP 1036
Mutante 15 =	MP 1102
Mutante 16 =	MP 1307

#### Variedad ICTA Virginia

N. DE ENSAYO	N. DE LA D.G.E.N.
Mutante 1 =	MV 12
Mutante 2 =	MV 741
Mutante 3 =	MV 940
Mutante 4 =	MV 10
Mutante 5 =	MV 280
Testigo =	ICTA Virginia
Mutante 7 =	MV 411
Mutante 8 =	MV 222
Mutante 9 =	MV 620
Mutante 10 =	MV 854
Mutante 11 =	MV 100
Mutante 12 =	MV 770
Mutante 13 =	MV 973
Mutante 14 =	MV 881
Mutante 15 =	MV 71
Mutante 16 =	MV 182

**UBICACION NACIONAL**

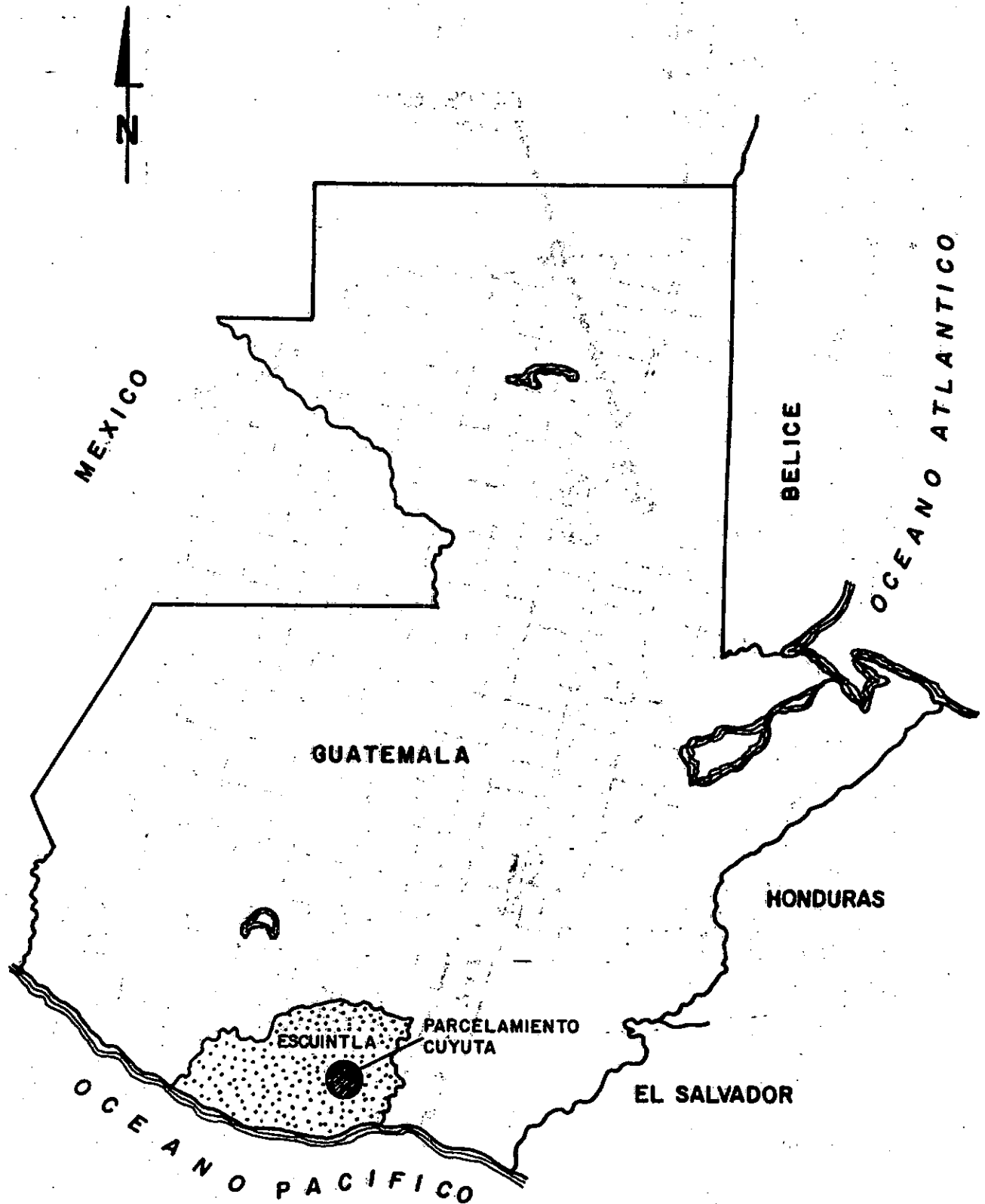


FIG.: 3a.: MAPA DE UBICACION NACIONAL DE LA REGION EN LA CUAL SE DESARROLLO LA INVESTIGACION (PARCELAMIENTO CUYUTA, MASAGUA, ESCUINTLA) EN 1990.

Apéndice 3

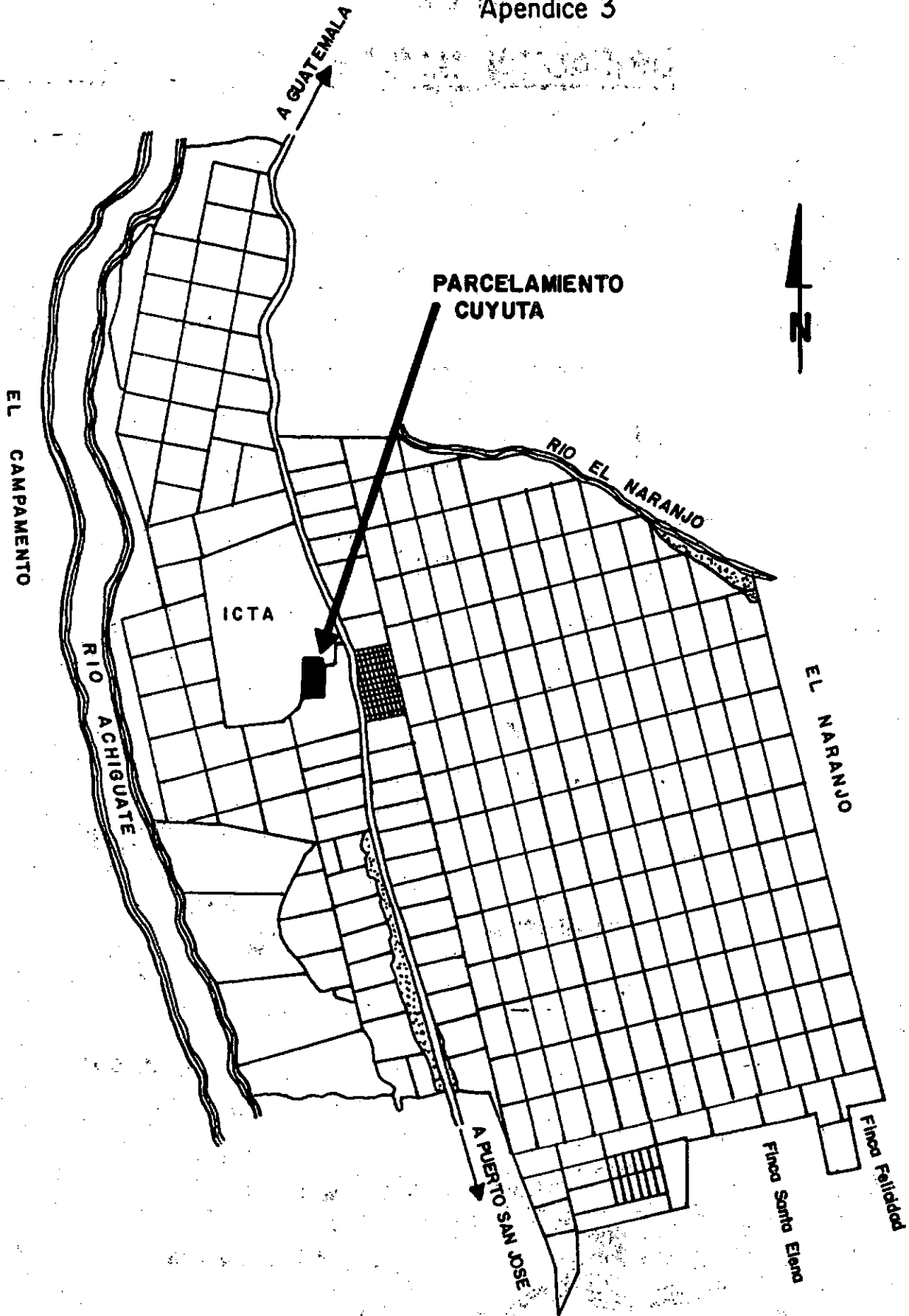


FIG.: 4a: UBICACION DEL ENSAYO EN EL PARCELAMIENTO CUYUTA.

**ICTA VIRGINIA**

R.III	940	Testi-go	182	770	280.5	881	10	741	100	973	222	620	12	71	411	854
R.II	881	182	12	280.5	100	854	940	Testi-go	10	620	973	411	770	222	71	741
R.I	12	741	940	10	280.5	Testi-go	411	222	620	854	100	170	973	881	71	182

30.00 m.

**PRECOZICTA**

R.II	2094	1036	1816	1189	1102	1307	1184	1241	1341	1735	Testi-go	1346	1146	1158	1690.5	1796
R.I	1735	1146	1690.5	1184	1307	Testi-go	1241	1036	2094	1189	1796	1158	1341	1816	1102	1346
R.III	1184	1158	1341	1816	1735	1189	1796	Testi-go	1346	2094	1690.5	1241	1146	1036	1102	1307

Fuente de inóculo

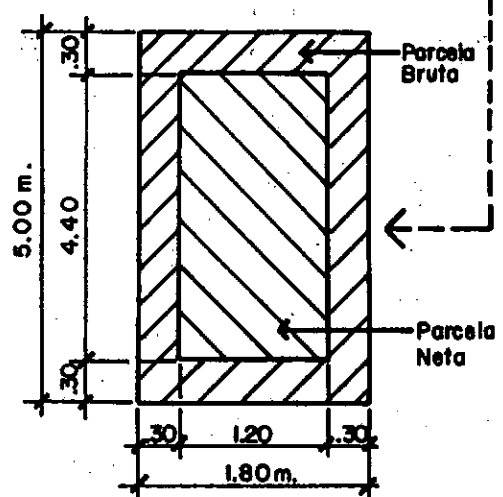


FIG.: 5a: LOCALIZACION Y UBICACION EN EL CAMPO DE LOS TRATAMIENTOS EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR PARA CADA UNA DE LAS VARIEDADES, CUYUTA, MASAGUA, ESCUINTLA; 1990.

## APENDICE 5

### PRUEBA DE TUKEY PARA LOS DATOS PROMEDIOS DE RENDIMIENTO EN KG/HA PARA LOS 15 MUTANTES Y UN TESTIGO, PARA LA VARIEDAD PRECOZICTA

Mutante 10 =	5368.834	A
Mutante 6 =	5165.834	AB
Mutante 9 =	4299.567	ABC
Mutante 12 =	4263.234	ABCD
Mutante 1 =	4112.700	ABCDE
Mutante 16 =	3779.100	ABCDEF
Mutante 14 =	3758.200	ABCDEFG
Mutante 11 =	3687.167	BCDEFGH
Mutante 4 =	3452.634	CDEFGHI
Mutante 3 =	3369.333	CDEFGHIJ
Mutante 13 =	3033.167	CDEFGHIJK
Testigo (8) =	2869.767	CDEFGHIJKL
Mutante 2 =	2466.967	EFGHIJKLM
Mutante 7 =	2341.500	FGHIJKLMN
Mutante 5 =	2279.433	FGHIJKLMNO
Mutante 15 =	1919.967	IJKLMNOP

## A P E N D I C E 6

### PRUEBA DE TUKEY PARA LOS DATOS PROMEDIO DE RENDIMIENTO EN KG/HA PARA LOS 15 MUTANTES Y UN TESTIGO, PARA LA VARIEDAD ICTA VIRGINIA

Mutante 5 = 6195.867	A
Mutante 4 = 6127.634	AB
Mutante 1 = 5512.467	ABC
Mutante 13 = 4934.134	ABCD
Testigo (6) = 4713.767	ABCDE
Mutante 16 = 4064.500	ABCDEF
Mutante 10 = 3983.267	ABCDEFG
Mutante 8 = 3887.800	ABCDEFGH
Mutante 3 = 3865.400	ABCDEFGHI
Mutante 14 = 3712.467	ABCDEFGHIJ
Mutante 12 = 3414.400	CDEFGHIJK
Mutante 2 = 3385.533	CDEFGHIJKL
Mutante 9 = 3299.700	CDEFGHIJKLM
Mutante 7 = 3114.167	CDEFGHIJKLMN
Mutante 11 = 2580.200	DEFGHIJKLMNO
Mutante 15 = 828.500	KLMNOP



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

Ref No: Sem.025-92

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE MUTANTES DE ARROZ, Oryzasativa L. PRODUCIDAS CON RAYOS GAMMA Co-60 BAJO LAS CONDICIONES DE CUYUTA, MASA-GUA, ESCUINTLA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: FRANCISCO LEONEL LOPEZ BENITEZ


CARNET NO: 8510308


Ha sido evaluada por los profesionales: Ing. Agr. Víctor Cajas  
 Ing. Agr. Edil Rodríguez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

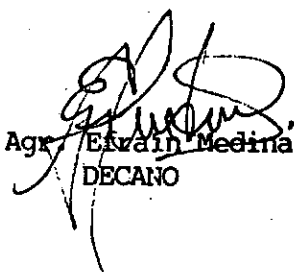
  
 Ing. Agr. Gustavo Elías  
 ASESOR

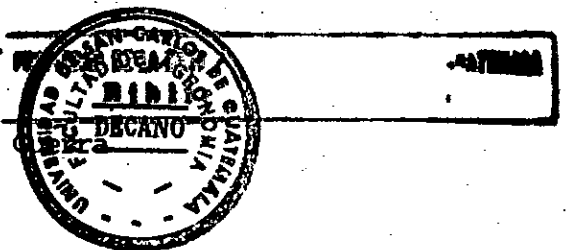
  
 Ing. Agr. Domingo Amador  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. Romeo Montepeque  
 ASESOR

  
 DIRECCION Dr. Luis Mejía de León  
 DIRECTOR DEL IIA

IMPRIMASE:

  
 Ing. Agr. Edwin Medina  
 DECANO

  
 DECANO

c.c. Exp. Estudiante  
 Control Académico  
 Archivo