

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
**CATIE**

PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO

**“EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE LÍNEAS AVANZADAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ (*Oryza sativa*) DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ, (IDIAP).”**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de:

***Magíster Scientiae***

**Por:**

**EVELYN ITZEL QUIRÓS McINTIRE**

**Turrialba, Costa Rica  
2003**

Esta tesis fue aceptada en su presente forma por la Escuela de Posgraduados, el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante, como requisito parcial para optar al grado de:

***MAGISTER SCIENTIAE .***

FIRMANTES:

---

Carlos Astorga Domian, MSc  
Consejero Principal

---

Andreas W. Ebert, Ph. D  
Miembro Comité Consejero

---

Ismael Camargo B., Ph. D  
Miembro Comité Consejero

---

Nelly Vásquez Morera, MSc  
Miembro Comité Consejero

---

Glenn Galloway, Ph. D  
Decano de la Escuela de Posgraduados

---

Director del Programa de Investigación.

---

Evelyn Itzel Quirós McIntire  
Candidato

# DEDICATORIA

Con gran amor a mi hijo, **Kennet David**  
que es la inspiración de mis días

Con cariño a mi hermana, **Charollette**  
por su compañía y apoyo incondicional en todo momento

Con amor a mi madre, **Evelyn McIntire**  
el mejor ejemplo de superación

**“A todo ser humano que se supera a base de sacrificios....”**

# AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a las siguientes personas:

En primer lugar a Dios Todopoderoso, por darme la fortaleza y guía.

Al Magister Scientiae Carlos Astorga, mi profesor consejero en CATIE, por su guía, por su amistad y colaboración . Muchas gracias.

Al Doctor Andreas W. Ebert, por sus valiosas sugerencias, observaciones y su confianza.

Al Doctor Ismael Camargo B., por su confianza, su apoyo en el seguimiento de campo y laboratorio en Panamá y amistad.

Al Magister Scientiae Nelly Vásquez Morera, por su apoyo incondicional, por su confianza y amistad.

Al Magister Scientiae Carmen Yvonne Bieberach, por su colaboración, sus palabras alentadoras y observaciones.

Al Ing. Olman Quiróz, por el apoyo brindado en el Laboratorio de Biología Molecular del CATIE.

Al Técnico Gabriel Montero, por su colaboración brindada en el Laboratorio de Semillas del CIARG, IDIAP , Panamá.

A mis colegas del Sub-centro del IDIAP en Penonomé, Panamá, Manuel Rojas, Fernando Fernández, Yariela Cedeño.

Agradezco a mi hermana, Charollette Quirós , cuya colaboración fue de asistirme durante el trabajo de campo y laboratorio en Panamá.

A mis compañeros en CATIE, Alexis Quiróz, Esteban Ruíz, Anabella Meneses, María del Pilar, Paola Solera, Sara Yalle, Manuel Mollinedo y esposa, Octavio Galván , Walter Robledo y esposa, por su amistad, colaboración y porque no, a sus chistes.

## **BIOGRAFIA**

La autora nació en Penonomé, Provincia de Coclé, Panamá; realizó estudios primarios en la Escuela Simeón Conte y secundarios en la Escuela Secundaria Ángel María Herrera de su ciudad natal. En 1993 se recibió como Ingeniero en Desarrollo Agropecuario, título otorgado por la Universidad de Panamá, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, David, Chiriquí. En 1997, curso estudios de Profesorado en Educación Media, en el Centro Regional Universitario de Coclé.

Entre 1996 y 2002 se desempeñó como investigador agrícola y productor de semillas de arroz y hortalizas, en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), con sede en el Centro de Investigación Agropecuaria y de Recursos Genéticos (CIARG).

En enero de 2002, ingreso al Programa de maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica y egresa en diciembre de 2003 como Magister Scientiae en el área de Agricultura Ecológica con énfasis en Recursos Fitogenéticos.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	vi
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>SUMMARY</b> .....	xv
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Definición del problema.....	2
1.2. Importancia de la investigación.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1. Origen y distribución geográfica del género <i>Oryza</i> .....	5
2.2. Descripción morfológica y fisiológica.....	5
2.3. Etapas del cultivo.....	7
2.4. Germoplasma de arroz.....	8
2.5. Mejoramiento genético del arroz en Centroamérica.....	8
2.6. Importancia del mejoramiento genético en Panamá.....	9
2.7. Descripción varietal.....	11
2.8. Caracterización morfológica.....	13
2.8.1. Marcadores morfológicos.....	13
2.8.2. Componentes de rendimiento.....	14
2.9. Caracterización molecular.....	15
2.9.1. Marcadores moleculares.....	16
2.9.2. Descripción de la técnica de AFLPs.....	18
2.10. Métodos estadísticos multivariados aplicados a la biología molecular.....	21

<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1.	Etapa de campo.....	22
3.1.1.	Ubicación.....	22
3.1.2.	Material experimental.....	22
3.1.3.	Semillero, trasplante y manejo agronómico.....	22
3.1.4.	Evaluación de las características morfológicas y rendimiento.....	24
3.1.5.	Análisis estadísticos.....	26
3.1.5.1.	Análisis de los datos cuantitativos y cualitativos.....	27
3.2.	Etapa de laboratorio.....	27
3.2.1.	Ubicación.....	27
3.2.2.	Material experimental y métodos.....	28
3.2.3.	Extracción de ADN.....	28
3.2.4.	Determinación de la concentración de ADN.....	28
3.2.5.	Amplificación de los fragmentos de ADN.....	28
3.2.6.	Análisis estadísticos.....	30
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
4.1	Caracterización morfológica.....	32
4.1.1.	Distribución porcentajes por línea de las características cualitativas.....	32
4.1.2.	Análisis de las características morfológicas cuantitativas.....	38
4.1.2.1.	Análisis de varianzas de los rendimientos.....	40
4.1.2.1.1	Comparaciones de medias.....	41
4.1.2.2	Calidad molinera y temperatura de gelatinización.....	42
4.2.	Estructuras de los agrupamientos.....	43
4.3.	Caracterización molecular con marcadores AFLP.....	48
4.3.1.	Resultados de aislamientos y concentración de ADN.....	49
4.3.1.1.	Descripción del polimorfismo revelado.....	49
4.3.2.	Matríz de distancia y dendogramas.....	51
4.3.3.	Componentes principales.....	52
4.4.	Comparación de la variabilidad detectada a partir de características morfológicas y marcadores moleculares.....	54
4.5.	Descripción morfológica y molecular de líneas promisorias y progenitores.....	57

<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>61</b>
5.1.	Variabilidad en características cualitativas.....	61
5.2.	Variabilidad en características cuantitativas.....	65
5.3.	Variabilidad genética molecular.....	75
5.4.	Comparación entre los marcadores morfológicos y moleculares.....	76
5.5.	Variabilidad genética entre líneas promisorias y progenitores.....	77
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>82</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>



LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Análisis de varianza para la característica de rendimiento en kg/ha de 48 líneas, 5 progenitores y 4 variedades testigos de arroz.....	41
2	Promedio del rendimiento en kg/ha de 57 líneas de arroz del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP, Panamá.....	42
3	Matriz de valores y vectores propios, proporción absoluta y acumulada que explican el análisis de los componentes principales.....	44
4	Contribución de las variables en los componentes principales (C1, C2, C3, C4 y C5).....	45
5	Distribución de la frecuencia y porcentajes de los grupos de acuerdo al análisis de varianza mínima de Ward (1967).....	45
6	Combinaciones “enzima-primer” utilizadas, promedio de bandas amplificadas, número de bandas polimórficas, porcentaje de polimorfismo y rango de amplificación.....	50
7	Matriz de similaridad de 5 líneas avanzadas de mejoramiento de arroz, 5 progenitores y 2 variedades testigos, generada a partir de datos moleculares por el índice de Jaccard.....	51
8	Matriz de valores y vectores propios, proporción absoluta y acumulada que explican el análisis de los componentes principales , de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos, según datos moleculares.....	53
9	Matriz de valores y vectores propios, proporción absoluta y la acumulada que explican el análisis de los componentes principales , de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos, según datos morfológicos.....	55
10	Distribución de la frecuencia y porcentajes de los grupos de acuerdo al análisis de varianza mínima de Ward (1967), de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos de arroz.....	55
11	Matriz de similaridad de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos arroz, generada a partir de datos morfológicos por el coeficiente de Gower.....	56
12	Matriz generada de los datos morfológicos y datos moleculares sobrepuestas..	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Pag.
1	Etapas de crecimiento de la planta de arroz.....	7
2	<b>A.</b> Tratamiento de semillas, <b>B.</b> Semillero en bandejas, <b>C.</b> Trasplante manual, una planta por sitio, <b>D.</b> Parcela con lámina de agua durante todo el ciclo de las plantas.....	23
3	<b>A.</b> Etiquetado de plantas, <b>B.</b> Registro de altura de planta, <b>C.</b> Medidas en hoja bandera y panícula, <b>D.</b> Secado al sol de grano cosechado, para estimar rendimiento en kg/ha.....	24
4	<b>A.</b> Rendimiento de molinería: (1) muestra descascarada, (2) muestra de granos pulidos, <b>B.</b> Escala visual de clasificación para centro blanco del grano.....	25
5	<b>A.</b> Prueba alcalina con 10 cc de la solución de KOH al 1.7%, <b>B.</b> Grados de dispersión alcalina (1) temperatura de gelatinización baja, (2) temperatura de gelatinización alta, (3) temperatura de gelatinización intermedia.....	26
6	Diseño de la parcela experimental en la etapa de campo.....	27
7	Escala de graduación para clasificar el hábito de crecimiento de la planta de arroz.....	32
8	Escala de graduación para registrar la característica, posición de la hoja bandera.....	33
9	Escala de graduación para clasificar la forma de la lígula en la hoja de arroz...	34
10	Esquema de la posición de la aurícula y lígula en la planta de arroz.....	35
11	Escala de graduación para clasificar la característica, densidad de la panícula	36
12	Escala de graduación para clasificar la característica, exorción de la panícula de la planta de arroz.....	37
13	Escala de graduación para registrar la característica, ángulo del ápice que forman la lema y la pálea en la espiguilla.....	38
14	Esquema de la semilla de arroz: a) vista frontal; b) vista lateral, para registrar las características de longitud y ancho de la semilla.....	40
15	Dendograma de clasificación de 48 líneas, 5 progenitores y 4 variedades testigos por método de varianza mínima de Ward de las variables cualitativas y cuantitativas.....	47
16	Amplificación de las combinaciones “enzima-primers” EACT/MCAC, EACG/MCAC, EACC/MCAA, EACA/MCAT, en gel de poliacrilamida al 6% con tinción de Nitrato de Plata (AgNO <sub>3</sub> ).....	50

Figura		Pag.
<b>17</b>	WPGMA dendograma del agrupamiento de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos del proyecto de mejoramiento genético de arroz de Panamá, según la matriz de distancia y similitud de Jaccard.....	52
<b>18</b>	Proyección de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP, por el análisis de componentes principales.....	53
<b>19</b>	Dendograma de agrupamiento de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP por características morfológicas.....	57

## LISTAS DE ANEXOS

Anexo		Pág.
1	Líneas avanzadas de mejoramiento genético de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), generación y cruces utilizados para la caracterización morfológica.....	91
2	Progenitores del programa de mejoramiento genético de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) del IDIAP, Panamá.....	92
3	Descriptores cualitativos utilizados en el ensayo de caracterización morfológica..	93
4	Descriptores cuantitativos utilizados en el ensayo de caracterización morfológica.....	96
5	Clasificación de granos en calidad molinera.....	97
6	Escala de clasificación utilizada para evaluar centro blanco.....	97
7	Escala de clasificación para la dispersión alcalina y su relación con la estimación de la temperatura de gelatinización.....	98
8	Protocolo de extracción de ADN para arroz.....	99
9	Preparación de gel de Agarosa.....	100
10	Preparación de gel de Polyacrilamida.....	100
11	Limpieza y preparación de vidrios.....	101
12	Preparación de la cámara de electroforesis, desnaturalización y revelado del gel de polyacrilamida.....	103
13	Distribución de los porcentajes por línea de arroz de las características cualitativas.....	106
14	Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est) y coeficiente de variación (C.V.) de los días a floración de las 57 líneas de arroz.....	122
15	Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est) y coeficiente de variación (C.V.) de la longitud de la lámina de la hoja bandera de las 57 líneas de arroz.....	123
16	Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) del ancho de la lámina de la hoja bandera de las 57 líneas de arroz.....	124
17	Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de la longitud de la lámina foliar de las 57 líneas de arroz.....	125
18	Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) del ancho de la lámina foliar de las 57 líneas de arroz.....	126

QUIROS McINTIRE, E.I. 2003. Evaluación morfológica y molecular de líneas avanzadas de mejoramiento genético de arroz (*Oryza sativa*) del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, (IDIAP).

**Palabras claves:** *Oryza sativa*, líneas avanzadas, características cualitativas y cuantitativas, rendimiento, centro blanco, temperatura de gelatinización, marcadores moleculares, AFLP's, variabilidad genética, mejoramiento genético.

#### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la variabilidad genética presente en líneas avanzadas de arroz, progenitores y variedades comerciales del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP, a través de la caracterización morfológica, utilizando descriptores fenotípicos, y molecular mediante el uso de marcadores moleculares.

La investigación, consistió de dos etapas, una de campo realizada en el IDIAP, Penonomé, Coclé, Panamá y la otra de laboratorio que se realizó en el CATIE, Turrialba, Cartago, Costa Rica. En el IDIAP se evaluaron 48 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa*), 5 progenitores y 4 variedades comerciales del programa de mejoramiento genético. Las evaluaciones morfológicas se basaron en 28 características cualitativas, 10 cuantitativas, rendimiento en kg/ha, y otras como rendimiento de molinería, evaluación del centro blanco y temperatura de gelatinización del grano. Para el análisis de laboratorio se utilizaron 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos analizados a través de la técnica molecular AFLP's, con 8 combinaciones "enzima-primer" con reactivos de "Starter Primer Kit" (INVITROGEN). La extracción de ADN se realizó a partir de hojas liofilizadas utilizando el protocolo de extracción CTAB minipreparaciones, seguido de la digestión, ligación, preamplificación, amplificación selectiva y revelado en gel de poliacrilamida con tinción de nitrato de plata.

Las evaluaciones realizadas permitieron demostrar que ciertas características como el ciclo fenológico de la planta, la arquitectura como, la altura de la planta, el ancho de la lámina foliar y la fertilidad de la panícula explican el 31.08% de la variabilidad observada en las líneas de arroz estudiadas.

Las características morfológicas permitieron clasificar a las líneas de arroz en 4 grupos, a través del agrupamiento de Ward, con tendencia a agrupar de acuerdo a su procedencia, a excepción de la línea 6.

Las líneas de arroz que presentaron los mejores rendimientos fueron las líneas más avanzadas del proyecto de mejoramiento, Chi 4523, IDIAP 22 y Chi 3210, superando los rendimientos de sus progenitores y variedades testigos. Las evaluaciones de rendimiento de molinería y calidad de grano reflejaron que las líneas con denominación FLAR y Chi, presentan las mejores características.

En este estudio la técnica AFLP's generó un 44% de polimorfismo y 22.12 bandas polimórficas promedio por combinación, en este estudio.

La variabilidad observada mediante la caracterización molecular permitió establecer diferencias entre los 12 genotipos estudiados. Los progenitores Anayansi L2 y Surinam 70, presentaron la mayor semejanza genética de 0.838. La prueba de Mantel permitió determinar la baja correlación entre los datos morfológicos y moleculares.

Las comparaciones realizadas entre los cultivares próximos a registro y sus progenitores, indican que existen características propias de cada línea que establecen diferencias con respecto a sus progenitores. Las distancias genéticas a nivel molecular presentaron valores bajos.

El uso de descriptores morfológicos y marcadores moleculares AFLP's, permitió determinar la variabilidad genética presente en 48 líneas avanzadas de arroz, 5 progenitores y 4 variedades comerciales del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP.

QUIROS McINTIRE, E.I. 2003. Morphological and molecular evaluation of advanced breeding lines of rice (*Oryza sativa*) of the Institute of Agricultural Research of Panama, (IDIAP).

**Key words:** *Oryza sativa*, advanced breeding lines, qualitative and quantitative characteristics, yield, grain translucency, gelatinisation temperature, molecular markers, AFLPs, genetic variability, genetic breeding.

#### SUMMARY

The objective of this investigation was to determine the existing genetic variability in advanced rice breeding lines, progenies and commercial varieties of the rice breeding project of IDIAP through morphological and molecular characterization using phenotypic descriptors and molecular markers, respectively.

The investigation consisted of two stages: one carried out in the field at the IDIAP Research Station in Penenome, Cocle, Panama, the other one in the Molecular Biology Lab of CATIE in Turrialba, Cartago, Costa Rica. The field work focused on the evaluation of 48 advanced breeding lines, five progenies and four commercial varieties obtained through the rice breeding program of IDIAP. The morphological evaluations were based on 28 qualitative characteristics and 10 quantitative ones, among those: yield in kg/ha, milling quality, grain translucency and gelatinisation temperature of the grain.

The laboratory work was undertaken with five advanced breeding lines, five progenies and two varieties, which serves as control. The analyses were carried out with the molecular technique AFLPs using 8 enzyme-primer combinations with reagents of the "Starter Primer Kit" (INVITROGEN). DNA was extracted from lyophilised leaves using the extraction protocol CTAB mini-preparations, followed by digestion, ligation, selective pre-amplification, and development in polyacrylamid gel stained with silver nitrate.

The evaluations allowed to conclude that certain characteristics, such as phenological cycle of the plant, plant architecture, plant height, width of the leaf lamina and the fertility of the inflorescence explain 31,08% of the variability observed in the studied rice lines. The morphological characteristics allowed to classify the lines into four groups, using the grouping method of Ward. With the exception of line 6, the grouping coincided with the origin of the lines.

The rice lines, which presented the highest yield, were the most advanced lines of IDIAP's breeding project: Chi 4523, IDIAP 22 and Chi 3210, surpassing the yield of their progenies and the control varieties. The evaluations of the milling quality of the grain revealed that the lines with denomination Flar and Chi presented the best results.

In this study, the AFLP technique generated 44% polymorphism and 22,12 polymorphic bands on average per combination. The variability observed by means of the molecular characterization allowed to establish differences between the 12 studied genotypes. The progenies Anayansi L2 and Surinam 70 presented the greatest genetic similarity of 0.838. The Mantel test indicated a low correlation between the morphological and molecular data.

The comparisons made between the new cultivars, which are close to registration and their progenies indicated that each line has characteristics of its own, which establish differences with its progenies. The genetic distances at the molecular level, however, are low. The use of morphological descriptors and AFLP markers allowed to determine the existing genetic variability in 48 advanced lines of rice of IDIAP's breeding project, five progenies and four commercial varieties, which served as control.

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE LÍNEAS AVANZADAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ (*Oryza sativa*) DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ, (IDIAP).**

**Por:**

**EVELYN ITZEL QUIRÓS McINTIRE**

**CATIE**

**Turrialba, Costa Rica  
2003**

## INTRODUCCIÓN

Los cereales constituyen el renglón alimenticio más importante del mundo. El 50% de la base alimentaria de la población mundial está compuesta por siete cultivos, como papa, maíz, trigo, yuca, plátano, frijol y arroz. En conjunto, el arroz, maíz y el trigo suministran el 50% de las calorías consumidas por la misma población (Martínez y Weeraratne, 1982). Solo en los cultivos de papa, maíz, trigo y arroz, se han hecho grandes inversiones en programas de mejoramiento genético por sectores nacionales e internacionales (Alarcón *et al.*, 1998). El objetivo principal de estos programas es incrementar el área de cultivo para abastecer la demanda de la población (Rosero, 1977).

El arroz constituye uno de los principales renglones alimenticios en América Latina; la tercera parte de las calorías consumidas provienen del arroz (Martínez y Weeraratne, 1982). El cultivo del arroz en América Latina, está influenciado por los programas de mejoramiento genético que buscan el desarrollo de variedades más productivas para utilizarlas a nivel de explotaciones (Jennings *et al.*, 1985). Lo anterior, debido a la gran diversidad de problemas como la uniformidad genética que ha sido responsable de grandes reducciones en la producción del cultivo como resultado de la aparición de plagas y enfermedades que atacan el cultivo de arroz en los trópicos (González *et al.*, 1991).

Ésto hace necesario que cada país tenga programas nacionales de evaluación de nuevas variedades, para la difusión de los materiales o variedades que presenten mejores características a los productores. Pero muchos de los países cuentan con un pequeño capital humano y solo estarían en capacidad de adaptar materiales en estados avanzados de selección, mientras que otros países con programas fuertes de investigación pueden trabajar con materiales de generaciones de mejoramiento genético tempranas (Posada, 1985).

La capacidad de evaluación del germoplasma mejorado conlleva a utilizar quizás una pequeña porción del germoplasma existente del arroz, como son los casos conocidos que muchas variedades liberadas sean utilizadas en más de dos países representando el área de mayor producción y que líneas avanzadas, provenientes de los mismos progenitores sean lanzadas como nuevas variedades en un mismo periodo de años, solo con la única diferencia del nombre comercial.

A pesar que existen más de 80,000 entradas de arroz (*Oryza sativa*) que se conservan en bancos de genes, los mejoradores están interesados en usar solamente una fracción pequeña del



germoplasma total, ya que existen programas de mejoramiento genético de los países para resolver problemas específicos de la producción de arroz comercial (Guevara *et al.*, 2001).

### **1.1. Definición del problema**

El arroz representa uno de los componentes más importantes de la canasta básica de la población panameña (Espinoza, 1977), presentando un consumo per cápita de 72 kilogramos para el año 2001 (FEDACPA, 2001). En Panamá se siembran aproximadamente 89,000 hectáreas por año de arroz mecanizado, con una producción de 224,300 tm. Esta actividad genera 60 millones de balboas, representando un aproximado de 2.3% del PIB agropecuario (MIDA, 2000).

La globalización representa un desafío para los sistemas agropecuarios del país, sin dejar de lado que puede representar una buena oportunidad para mejorar los niveles de competitividad del cultivo, en base principalmente a incrementos de la productividad y disminución en los costos de producción (IDIAP, 1998).

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) mediante la formulación del Proyecto de investigación y desarrollo para mejorar la competitividad del arroz en Panamá, trata de elevar la productividad en el cultivo del arroz. Participa activamente en el intercambio de germoplasma a nivel nacional e internacional, con el fin de adquirir germoplasma que se usa en el desarrollo de nuevas variedades o para seleccionar líneas adaptadas a una determinada zona ecológica (Bieberach y de González, 1997). El programa de mejoramiento genético de arroz hace énfasis en el desarrollo y liberación de cultivares de arroz con resistencia a las principales plagas como *Piricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, con alto potencial de rendimiento y excelente calidad molinera y culinaria; además, de buena adaptabilidad específica para los sistemas de siembra de secano y riego (Camargo Buitrago, 2001).

Como señala Shastry (1978), América posee lugares o regiones agroecológicas variables para el cultivo del arroz, pero la variabilidad genética es baja. Con lo antes mencionado, existe la probabilidad que las líneas avanzadas y las variedades liberadas por el proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP en Panamá, provenientes del programa de cruces nacionales que buscan nuevas recombinaciones de genes, estén fundamentadas en una base genética muy estrecha por el número limitado de progenitores que son utilizados.

## **1.2. Importancia de la investigación**

El IDIAP tiene como misión fortalecer la base agrotecnológica nacional para contribuir a la seguridad alimentaria, la competitividad del agronegocio y la sostenibilidad de la agricultura, en beneficio de la Sociedad Panameña (IDIAP, 1998).

Basados en esta misión institucional y en la importancia del cultivo del arroz, se ha establecido como uno de los productos finales esperados del Proyecto de investigación y desarrollo, mejorar la competitividad del arroz en Panamá, identificar y liberar los genotipos superiores, una vez demostrado que son diferentes, homogéneos y estables (DHE) a través de la definición de descriptores fenotípicos y/o moleculares que permitan caracterizar e identificar con precisión cada nuevo cultivar liberado. Estas actividades de descripción varietal de cultivares en proceso de registro, y de materiales sobresalientes con características deseables en evaluaciones previas (Martínez, 1997a), permitirá multiplicarlos en categoría genética para utilizarla después como progenie de la categoría básica. El proceso se lleva a cabo bajo la supervisión de un programa de mejoramiento y bajo la vigilancia del Comité Nacional de Semillas para que la pureza e identidad genética sean preservadas (Quirós Mc, 1997).

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la variabilidad genética presente en 48 líneas avanzadas de arroz, 5 progenitores y 4 variedades comerciales del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP, a través de la caracterización morfológica utilizando descriptores fenotípicos y moleculares mediante el uso de marcadores moleculares Fragmentos Amplificados de Longitud Polimorfica (AFLP's).

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la variabilidad genética de cuarenta y ocho líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético de arroz a través de descriptores morfológicos.
- Conocer el nivel de diversidad genética de cinco líneas avanzadas, cinco progenitores y dos variedades comerciales utilizadas como testigos, a través de marcadores moleculares
- Comparar la variabilidad genética obtenida por los descriptores morfológicos y los marcadores moleculares de ADN.

- Realizar la descripción varietal de tres cultivares en proceso de registro, mediante la caracterización morfológica y molecular, utilizando como comparadores a sus progenitores.

#### **1.4. Hipótesis**

Existe variabilidad genética entre las 48 líneas avanzadas del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP.

Existen diferencias morfológicas y moleculares entre los 3 cultivares próximos a registro y sus progenitores y las variedades comerciales testigos.

Hay relación entre la variabilidad genética obtenida por los descriptores morfológicos y los marcadores moleculares de ADN.

Es posible determinar la variabilidad genética de los 5 progenitores a través de marcadores morfológicos y moleculares.

.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1. Origen y distribución geográfica del género *Oryza***

El arroz (*Oryza sativa* L), pertenece a un grupo de plantas que componen la familia de las gramíneas. Estudios botánicos realizados indican que prácticamente todas las plantas cultivadas del mundo civilizado tuvieron origen de formas primitivas silvestres.

Carrasco García (1951) y Heinrichs (2001), mencionan que la mayoría de los autores de historia antigua indican que el arroz es originario del sudeste de Asia y que la domesticación ocurrió alrededor de hace 10000 años. Center (1976), añade a África; otros afirman que tiene su origen en las cuencas de los ríos Indo y Ganges; algunos aseguran que fue en China porque los especímenes de arroz encontrados datan de 3,000 años antes de la era cristiana, los primeros escritos históricos chinos indican que de las cinco principales plantas alimenticias en el país, el arroz fue la más importante (Heinrichs, 2001).

El género *Oryza* pertenece a la subfamilia *Oryzoideae* de la familia *Poaceae* (tradicionalmente se conoce como gramíneas). Se cultiva en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo y se adapta a un rango amplio de condiciones ambientales (León, 2000).

El arroz es cultivado en un rango de temperaturas medias entre 24° y 28°C, desde los 53° latitud norte hasta 40° latitud sur, en zonas comprendidas entre 0 y 1,250 msnm, elevaciones altas tales como las terrazas arroceras en las montañas en las Filipinas, altiplanicies, los bajíos anegados y elevaciones bajas hasta el nivel del mar (Heinrichs, 2001). La principal formación ecológica donde se cultiva este cereal, corresponde al bosque húmedo sub-tropical según la clasificación de Holdridge (Romero Medina, 1977).

### **2.2. Descripción morfológica y fisiológica**

El arroz es una especie muy variable, se conocen cerca de 100,000 cultivares, por lo que sus caracteres morfológicos generales son difíciles de precisar (León, 2000).

La planta de arroz es una hierba anual con tallos redondos, huecos y con juntas, hojas bastante planas y una panoja terminal. Está adaptada para crecer en suelos inundados; pero se desarrolla muy bien en suelos secos no anegados (UNI, 1975).

Las partes de la planta pueden dividirse en órganos vegetativos como los tallos, las hojas y las raíces; así como en órganos reproductivos, flores, espiguillas. Las raíces son de dos clases, las

seminales o temporales y las adventicias o permanentes, las cuales son fibrosas y que consisten en radículas y vellos radiculares (González *et al.*, 1985) .

Los tallos son de color verde, de forma cónica y son más gruesos que la raíz. Se componen de una serie de nudos e internudos, en cada nudo se forma una hoja y una yema (Arroz, 1971).

Las hojas se encuentran distribuidas alternamente a lo largo del tallo. En la hoja completa se distinguen la vaina, el cuello y la lámina. La vaina es de forma enrollada como de cilindro, envuelve al tallo cuando es joven y después envuelve a los internudos (UNI, 1975; León, 2000).

En el cuello de la hoja se encuentra la lígula que es una estructura triangular apergaminada o membranosa y difiere en tamaño, color y forma según la variedad de arroz; y las aurículas, que son dos apéndices que tienen forma de hoz, con pequeños dientes en la parte convexa. La lámina es de tipo lineal, punta aguda, larga y más o menos angosta, según las variedades. La lámina de la hoja bandera es más corta y ancha que las demás y según la variedad, forma diferentes ángulos con el tallo: erecto, intermedio, horizontal o descendente. Según la presencia de vellos se pueden clasificar como glabras, intermedias o pubescentes, también se reconocen por las combinaciones de colores, verdes o púrpuras (González *et al.*, 1982; 1985).

Los órganos florales, son inflorescencias denominadas panícula (Vergara, 1985), la cual es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo. El tallo de la panícula se llama raquis y se encuentra dividida en nudos y entrenudos. Las ramas que producen granos en la panícula se forman solas o en conjunto de los nudos del raquis y estas ramas pueden ser simples y divididas. El tamaño y la forma de las panículas varían generalmente en las diferentes variedades (Arroz, 1971). Según la variedad puede extenderse más allá de la hoja bandera o quedar encerrado en la vaina de ésta (González y Rosero, 1982).

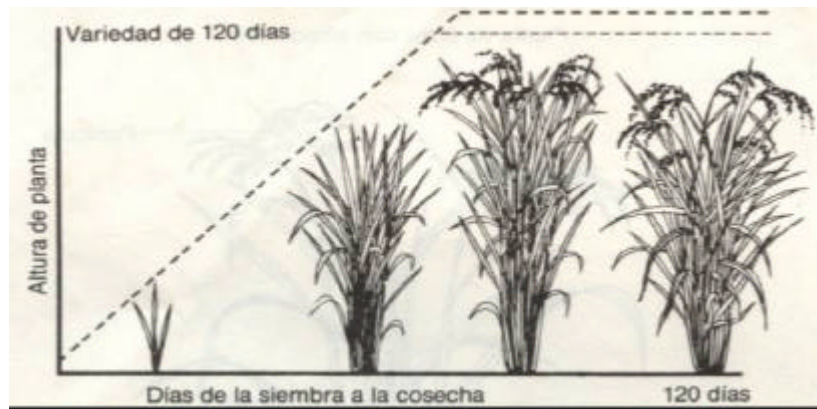
La flor del arroz es hermafrodita. Contiene las partes masculinas y femeninas. Es esencialmente autofertilizada con el pólen de una flor, fertilizando el estigma de la misma flor (Arroz, 1971).

La espiguilla es la unidad de la inflorescencia; está formada por dos glumas externas (lemas estériles), la raquilla y la florecita. El nervio central de la lema se llama quilla y puede ser liso o pubescente. La arista, que es una prolongación de la quilla, puede ser corta o larga, su tamaño está condicionado por factores hereditarios e influenciado por el medio ambiente (González y Rosero, 1982; Vergara, 1985).

El grano de arroz se compone del ovario maduro, consta de una cáscara formada por la lema, pálea, y asociadas a la raquilla, las lemas estériles y las aristas, cuando se encuentran presentes. El embrión se encuentra en el lado ventral de la espiguilla, junto a la lema el cual contiene las hojas embrionarias (plúmula) y la raíz embrionaria (radícula) (León, 2000).

### 2.3. Etapas del cultivo

Las plantas de arroz completan su ciclo de vida pasando por tres etapas distintas, con períodos definidos de crecimiento y desarrollo (Figura 1).



**Figura 1:** Etapas de crecimiento de la planta de arroz.

La etapa vegetativa comprende la germinación, el estado de plántula y el macollamiento. La plántula tiene un desarrollo muy rápido, hasta el estado de 4-5 hojas, seguido del macollamiento caracterizado por un vigoroso crecimiento de raíces y tallos, cuyo número depende principalmente de la densidad de la población, la variedad y las condiciones de manejo de cultivo. Es esta etapa la que determina el ciclo de vida de la planta de arroz (Vargas, 1990; Hernández, 1969).

La etapa reproductiva, se inicia con la formación del primordio de la panícula en la base del tallo, seguida del embuchamiento, estado en el cual ocurre una elongación de los entrenudos en la parte superior del tallo. A partir de este instante, el cultivo pasa aceleradamente a la floración con la elongación rápida de los entrenudos y emergencia de la panícula en pocos días. Tiene una duración de más o menos 35 días (Vargas, 1990).

Finalmente la fase de maduración que comprende desde que la panícula emerge de la vaina de la hoja bandera (floración), consecuentemente se inicia con el estado lechoso hasta el estado de llenado, pasando por el estado pastoso y endurecimiento del grano. Esta etapa dura

aproximadamente 30 días y puede alargarse debido a días lluviosos o de bajas temperaturas, mientras que días soleados y calurosos pueden acortarla (Vergara, 1985; Arévalo, 2001).

#### **2.4. Germoplasma de arroz**

La existencia de diferencias sustanciales en el germoplasma del arroz garantiza la base genética para el desarrollo de los programas de mejoramiento, que incrementan las fuentes diversas de progenitores, con el objetivo de ampliar la variabilidad en los genotipos mejorados, logrando una estabilidad en los rendimientos y un comportamiento agronómico a más largo plazo (Díaz *et al.*, 2000).

La cantidad de germoplasma de arroz conservado es grande. Por ejemplo, el Instituto de Investigación Internacional del Arroz (IRRI), establecido desde 1961, conserva una gran colección de recursos genéticos del arroz. Aproximadamente conserva 120,000 accesiones de *Oryza*; tiene alrededor de 80,000 entradas de *O. sativa*, 2,408 entradas de *O. glaberrima* y 2,214 especies silvestres e híbridos de sus especies que se conservan en bancos de genes. Estas colecciones son duplicaciones de los programas nacionales de más de 110 países de Asia, África, Oceanía, América del Norte y América del Sur. Pero los mejoradores están interesados en usar solamente una fracción pequeña del germoplasma total, ya que existen propósitos u objetivos de los programas de mejoramiento genético de los países en mención, específicos para resolver problemas inmediatos de la producción de arroz comercial (Guevara *et al.*, 2001).

#### **2.5. Mejoramiento genético del arroz en Centroamérica**

La generación de materiales genéticos mejorados tomó un fuerte impulso como consecuencia de la llamada “Revolución verde”, período en el cual los rendimientos promedios del arroz aumentaron sustancialmente en algunas regiones del mundo (Fedearroz 1986; Ronnie *et al.*, 1992).

Los programas de mejoramiento genético, de países productores de arroz y en particular de Centroamérica, tienen una fase en común en la selección de variedades, en donde el proceso de desarrollo de una variedad inicia con el cruce de los progenitores, los cuales han sido previamente evaluados en sus características y seleccionados para tal fin con base en las prioridades regionales y características específicas que puedan brindar al fitomejorador. Luego se obtienen líneas promisorias, las cuales pasan por otra fase que consiste en realizar pruebas

de adaptación con variedades introducidas con la meta final de incrementar la producción por unidad de superficie a un menor costo (Rosero, 1977; Fedearroz, 1986).

Los objetivos están dirigidos a características de alto potencial de rendimiento como lo es la elevada capacidad de macollamiento, tolerancia al vuelco, hojas erectas de color verde oscuro, ciclo intermedio, senescencia tardía, panículas de tamaño adecuado, grano pesado y poca esterilidad. Todas estas características son importantes para los programas de mejoramiento genético pero la resistencia a enfermedades, principalmente piricularia (*Piricularia oryzae*) y el virus de la "Hoja Blanca", así como, la tolerancia a plagas merece especial atención. Otras enfermedades como Rizoctonia (*Rhizoctonia solani*), Helminthosporium (*Helminthosporium oryzae*), Manchado del grano, Sarocladium (*Sarocladium oryzae*) y Escaldado de la Hoja (*Monograpella albescens*), también son tomadas en consideración y por lo general se realiza selección negativa en las poblaciones segregantes; así como, el mejoramiento incluye al insecto Sogata (*Tagosodes orizicola*), el cual es el vector del virus de la hoja blanca. La calidad culinaria está basada en el tamaño del grano que debe ser superior a 6.6 mm, con una relación largo ancho mayor o igual a 3.3 mm y con un contenido de amilosa que debe ser entre 23 y 27%. La calidad de molinería basada en el rendimiento del grano en el molino y la tolerancia a la cosecha retrasada, son los factores en los cuales se hace mayor énfasis al seleccionar las líneas que deben continuar en otros ciclos de pruebas (FLAR, 2002). En publicaciones de CIAT y otros, la tolerancia a la sequía y a la salinidad o alcalinidad son otros de los objetivos del mejoramiento (Jennings *et al.*, 1985; Topolanski, 1975).

## **2.6. Importancia del mejoramiento genético en Panamá.**

El arroz es uno de los cultivos de mayor importancia económica en Panamá. En el país se cultiva arroz bajo condiciones de secano en un 80% y bajo riego en un 20%. La mayor parte de la producción está concentrada en las provincias de Chiriquí, Coclé, Veraguas y Panamá. Los mayores problemas que enfrentan los productores son los típicos de las regiones del mundo, incertidumbre de lluvias para el sistema de secano y la incidencia de enfermedades y plagas. Así como, la necesidad de cambiar las variedades en uso, buscando aquellas que representen mayores ventajas por su capacidad de rendimiento, calidad de grano, tolerancia a plagas, enfermedades y a la sequía para el sistema de secano. Para el sistema de riego, además de lo mencionado, se busca que sean tolerantes o resistentes a la toxicidad de hierro (Espinoza, 1977).

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), mediante el Proyecto de mejoramiento genético de arroz apunta a cumplir con el fortalecimiento del sector arrocero,



mediante la búsqueda de soluciones a los problemas específicos, que en el corto y mediano plazo redundarán en una alta productividad y rentabilidad del sistema. El IDIAP contribuye a una producción sostenible y competitiva a largo plazo (Camargo Buitrago, 2001).

El proyecto se alimenta de muchas introducciones que se realizan por diferentes vías, pero, las principales fuentes de abastecimiento de germoplasma son la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical- Fondo Latinoamericano y del Caribe para Arroz de Riego (CIAT-FLAR). El proyecto también produce líneas mediante un programa de cruzamientos y selección. Las líneas obtenidas de una u otra forma son consecuentemente conducidas a experimentos de observación, rendimiento y validación en numerosos sitios representativos de la producción arroceras del país (Lasso *et al.*, 1997).

El objetivo general del proyecto está basado en desarrollar y liberar cultivares de arroz con resistencia a las principales plagas y con alto potencial de rendimiento, excelente calidad molinera y culinaria. Además, debe presentar buena estabilidad y adaptabilidad en los sistemas de producción tipificados.

Entre las actividades que desarrolla el proyecto de investigación se menciona :

- ✍ Introducción y caracterización de germoplasma de arroz de los Viveros de Observación del Fondo Latinoamericano y del Caribe para Arroz de Riego; y Viveros de Observación de América Latina (VIOFLAR y VIOAL).
- ✍ Evaluación de líneas F8 de arroz del IDIAP en etapa de observación en los Viveros de Observación de América Latina (VIOIDIAP F8).
- ✍ Evaluación de líneas promisorias y variedades comerciales de arroz de ciclo precoz e intermedio, bajo condiciones de riego y seco
- ✍ Prueba de adaptabilidad y estabilidad del comportamiento de cultivares promisorios de arroz.
- ✍ Descripción varietal de cultivares en proceso de registro.
- ✍ Prueba de calidad molinera de líneas experimentales.
- ✍ Prueba de calidad culinaria de líneas experimentales.

Dentro de los productos esperados del Proyecto de mejoramiento genético de arroz, se mencionan:

- ✍ Identificar las mejores líneas F8 nacionales e introducidas con resistencia a factores adversos bióticos y abióticos, calidad de grano y rendimiento.
- ✍ Lograr la definición de descriptores fenotípicos y/o moleculares que permitan identificar con precisión cada nuevo cultivar liberado.
- ✍ Obtener semilla muy homogénea para uso experimental y entregar semilla de alta pureza varietal al programa de semilla básica y registrada.
- ✍ Identificar las progenies con rendimiento de granos enteros superiores a 62.0%, rendimiento total encima de 70,0% y granos tizas inferiores a 2,0%.
- ✍ Identificar las progenies con centro blanco por debajo de 1,2 y digestión alcalina entre 4,0 y 7,0.

## 2.7. Descripción varietal

La descripción varietal se puede deducir de los objetivos del usuario para los estudios genéticos y evolutivos, los cuales se realizan principalmente en los bancos de germoplasma, donde se precisan datos tomados con exactitud de muchas características botánicas.

La descripción varietal empleada por los fitomejoradores con fines de promoción comercial, se basa solo en aquellas características de interés económico y comercial que tienen importancia para el agricultor (Muñoz y Poey, 1993). Por lo que, tan pronto se designa una nueva variedad, el fitomejorador prepara una descripción varietal para registrarla. Estas descripciones son usualmente una enumeración de los rasgos más sobresalientes y de las características de la variedad. La descripción varietal debe ser cuidadosa en dos aspectos: (1) no debe ignorar las desventajas varietales en la misma forma que se destaca las ventajas, (2) se debe describir cualquier característica en la que influya el medio ambiente, por insignificante que sea. Se debe incluir también comparaciones de rendimiento de la nueva variedad con varias variedades comerciales estándar (Jennings *et al.*, 1981).

La descripción varietal debe realizarse con base en el fenotipo observado de las plantas de una variedad. El fenotipo depende del potencial genético (genotipo) de cada planta y de expresión del fenotipo acorde con los efectos ambientales aparentes. Aunque, el arroz es una especie autógama, y por lo tanto supuestamente todas las plantas son de constitución homocigota o pura, los fenotipos variarán por causas ambientales en las características cuantitativas y cualitativas cuya expresión sea afectada por acción de genes modificadores (Muñoz y Poey, 1983).

El lanzamiento de una variedad, somete a un gran esfuerzo la capacidad de investigación de un país y la habilidad de la industria de semilla y de los agricultores para cambiar de

variedades y mantener su pureza (Vargas, 1986). Una vez terminado el proceso de purificación de una línea promisorio, cosa que por lo general ocurre en arroz en la séptima u octava generación donde se tiene una línea homocigota, se inicia la producción de semillas para ser entregada a los agricultores que son a quienes se trata de beneficiar con todo el programa de mejoramiento (Vallejo, 1977).

La inscripción de una variedad es un requisito indispensable para la circulación como semilla comercial. Esta inscripción requiere una descripción varietal donde se registran las características cualitativas y cuantitativas de la variedad en mención con el propósito de garantizar semilla de identidad varietal que significa que la semilla debe producir exactamente en la progenie las características genotípicas y fenotípicas de la planta original; calidad por su pureza física que implica que la semilla debe estar limpia y libre de materias extrañas; sanidad; debe estar libre de plagas y agentes patógenos y debe tener alto poder germinativo (Fara y Agudelo, 1993; González y Johnson, 1983; Higuera *et al.*, 1997).

El uso de semillas comerciales inscritas y previamente descritas busca evitar la llamada degeneración de la semilla de variedades de arroz que se refiere al alto grado de impureza varietal que presenta un material que es usado como semilla y que presenta características, las cuales reducen el rendimiento y desmejoran considerablemente la calidad comercial del grano pilado (Contreras y Castillo, 1966). También, se busca disminuir problemas de tipificación de las variedades. Cuando existe un número demasiado grande de variedades, eso dificulta el mantenimiento de la pureza varietal. Estos problemas se presentan cuando las características fenotípicas son muy similares (color de cáscara, dimensiones del grano, etc). Si hay bastante similitud entre plantas, se pueden presentar mezclas en ocasiones muy difíciles de diferenciar, obligando a un mayor trabajo, tanto para el agricultor en el campo, como para el analista en el laboratorio y el procesador en las plantas de procesamiento (López, 1972).

La descripción varietal que utilice pocos descriptores, adjetivos calificativos sujetos a interpretación subjetiva y que utilice un rango aproximado para la medición de características como una muestra muy pequeña de plantas, trae consecuencias a los inspectores de calidad de campo de semilla. A la hora de analizar un lote, y de acuerdo con la variabilidad existente, hace que tengan que analizar criterios subjetivos para determinar la pureza varietal, a falta de una descripción varietal adecuada a la cual referirse e implica en muchas ocasiones errores involuntarios que pueden representar la pérdida de mucho esfuerzo y dinero (Muñoz y Poey, 1983).

## **2.8. Caracterización morfológica**

La caracterización morfológica de los genotipos permite definir una serie de descriptores útiles por su importancia agronómica, o por su valor para clasificar e identificar grupos genéticos (Tapia *et al.*, 1999). Las características morfológicas han sido usadas para la identificación de especies, familias y géneros de plantas. Las cuales involucran resistencia a enfermedades y plagas y el rendimiento (Falconer, 1981).

Para la obtención de patrones de identificación, caracterización y evaluación de la mayoría de las plantas cultivadas, se han realizado estudios básicos para conocer la variabilidad de las características dentro y entre plantas y seleccionado aquellas características cualitativas o cuantitativas que sean útiles para la descripción. Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente como la flor y el fruto, así como las hojas, troncos, raíces y los tejidos celulares ( Enríquez, 1966; 1991).

Siendo el arroz un cultivo autógamo, sus características varietales deben estar determinados por un mismo genotipo, que se expresa en todas las plantas en una condición homocigota o pura (Iglesias *et al.*, 1994). Sin embargo, los fenotipos observados seguirán demostrando variaciones por causas ambientales, principalmente en aquellas características que dependen de muchos genes (variables cuantitativos) como por ejemplo, la longitud de la panícula y el ancho de la semilla. Aún, las características fijas cualitativas pueden segregarse si al momento de la liberación de la variedad no se estabiliza en forma homocigota dentro de la población inicial de incremento como por ejemplo, el hábito de crecimiento, la pubescencia y el color de la hoja. La segregación puede ocurrir en caracteres que carecen de interés agronómico para el fitomejorador (Muñoz, 1993).

### **2.8.1. Marcadores morfológicos**

Los mejoradores seleccionan plantas valiéndose de indicadores o “marcadores” cuando una característica importante y difícil de comprobar, está ligado estrechamente con otra característica que puede percibirse sin dificultad. Estos marcadores tienen las siguientes desventajas:

- a. Solo se conocen unos pocos.
- b. Tienden a ser específicos de alguna variedad de arroz.
- c. El marcador y la característica deseable deben ser ambos dominantes o recesivos.
- d. Solo funcionan si están controlados por genes principales simples ( Bio...,1994).

Bernal *et al.* (1985), concluyeron en sus trabajos que las características morfológicas de la arquitectura de la planta que más influyeron sobre el rendimiento, son el número de panículas efectivas por metro cuadrado, número de granos por panícula, longitud de panícula, peso de la raíz y altura de la planta .

Según Martínez (1997a), el rendimiento del grano es una función de la capacidad de rendimiento de las plantas, resistencia a enfermedades e insectos, adaptabilidad y prácticas agronómicas.

Se han realizado investigaciones para la detección de posibles marcadores morfológicos para la selección temprana de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad por González (1997), quien encontró que debido a altas concentraciones de salinidad existe estimulación en el crecimiento radicular en algunas variedades y un rápido crecimiento vegetativo por efectos de la dilución de sales por los tejidos. Las características, de altura, longitud de las raíces, emergencias de nuevas raíces, acumulación de materia seca y fresca, así como la supervivencia se afectan por la salinidad y eso puede atribuirse, a la acumulación de iones de Na y Cl en la planta. Estas características morfológicas pueden ser utilizadas como marcadores para la selección temprana de genotipos tolerantes a la salinidad.

Quipe *et al.* (1994), señalan que la tolerancia a la marchitez está relacionada con la capacidad del sistema radical y con el tamaño más compacto de la planta. La intensidad de color verde estaría posiblemente relacionado con la capacidad de mantener el contenido de clorofila, bajo un déficit hídrico. Así mismo, García y González (1997), concluyen que la elongación del sistema radicular fue el marcador morfológico más adecuado para evaluar la tolerancia ante el estrés de la sequía.

### **2.8.2. Componentes de rendimiento**

Como factor importante para el éxito del fitomejoramiento, figuran aquellos recursos genéticos que posean características deseables y que se involucren en el rendimiento. Los tallos cortos y fuertes, más que ninguna otra característica, determinan la resistencia al volcamiento. Una combinación de la habilidad de alto macollamiento y una agrupación compacta de tallos son características deseables para todos los productores de arroz. Las plantas con alto vigor inicial (que llenan rápidamente los espacios entre las plantas y surcos) son deseables si tal vigor no conduce a un crecimiento excesivo y sombrío mutuo. La característica más importante de la hoja es la posición erecta después de la iniciación de la panícula, asociado con la alta

capacidad de rendimiento. La longitud de la hoja es supremamente variable en el arroz, el ancho es menos variable y el grosor de la hoja ha sido relacionado con la alta habilidad de rendimiento por tener una tasa fotosintética mayor por unidad de área foliar. La rigidez de la hoja parece estar asociada directamente con el grosor de la hoja y la lignificación de los tejidos foliares. Las hojas y espiguillas de la mayoría de las variedades del arroz son pubescentes, algunas pocas son glabras o lisas, con poco o ningún tricoma bicelular (Jennings *et al.*, 1981). Las hojas banderas son importantes para la capacidad de rendimiento por cuanto suministran directamente fotosíntatos a las panículas (Martínez y Weeraratne, 1982). Las panículas dispersas son consideradas como indeseables, aunque las variedades de arroz con esta característica no tienen necesariamente menos espiguillas. El peso del grano varía de menos de 10 a más de 50 mg/grano. Esta característica es más comúnmente expresado como peso de 1000 granos al 14% de contenido de humedad (Jennings *et al.*, 1981).

## **2.9. Caracterización molecular**

Los marcadores moleculares son uno de los tantos productos provenientes del desarrollo de la tecnología del ADN recombinante, la cual se inició a comienzos de la década del 70. El descubrimiento de las enzimas de restricción, enzimas que cortan el ADN en secuencias específicas, fueron el punto de partida para el inicio y posterior desarrollo de la tecnología recombinante. Posteriormente el uso de enzimas ligasas y polimerasas permitieron construir moléculas recombinantes *in vitro* (Ángel, 2000).

Las técnicas moleculares son una herramienta poderosa para ayudar a resolver problemas en sistemática. Una de sus principales bondades es la gran cantidad de características que aportan. Ésto permite que se puedan utilizar en grupos de plantas con morfología muy reducida (como parásitas) en los que sería difícil aplicar otra técnica que diera el mismo número de características. Una aplicación importante es la valoración de características consideradas de valor taxonómico en grupos en los que la rápida divergencia morfológica o la selección sobre ciertas características deseables han oscurecido sus relaciones, como por ejemplo en las plantas cultivadas (Martínez, 1997a).

El advenimiento de los marcadores moleculares revolucionó los estudios genéticos, debido a sus múltiples ventajas con respecto a los marcadores morfológicos. Los marcadores moleculares permiten analizar directamente el genotipo sin la influencia de los factores ambientales (Pérez, 2000).

La tendencia reciente en estudios taxonómicos es el uso combinado de datos morfológicos y moleculares, especialmente los que provienen de enzimas de restricción y secuencias de genes particulares. Los continuos desarrollos tecnológicos están haciendo posible el muestreo de un número mayor de genes y taxa a comparar. Paralelamente, el desarrollo de métodos analíticos basados en la teoría cladística ha provisto la formalidad y robustez para interpretar la variación de esos datos (González y García, 1997).

Los marcadores moleculares presentan muchas ventajas en comparación con los marcadores morfológicos, especialmente por su número alto y su independencia de los efectos del ambiente. Permiten revelar las diferencias que han desarrollado los genomas durante su proceso de evolución. Como aplicaciones de estas técnicas, se puede mencionar la definición de grupos genéticos al nivel intraespecíficos y la organización filogenética de las especies (Anthony *et al.*, 1995).

En el marco de un programa de mejoramiento genético, los marcadores moleculares tienen por lo menos tres potenciales aplicaciones:

- a. Elección de progenitores para un cruzamiento: se puede preseleccionar materiales genéticamente similares o diferentes, de acuerdo a los objetivos de la cruce.
- b. En base a estos polimorfismos se pueden construir “mapas genéticos” sobre la base de poblaciones planificadas de acuerdo a la característica de interés y en estos mapas identificar marcadores moleculares asociados a estas características (genes de resistencia a enfermedades, problemas de origen metabólico como el centro blanco del grano, o factores abióticos como tolerancia a frío). A futuro, estos marcadores podrían ser de uso rutinario en el análisis de segregantes, con el consecuente ahorro de tiempo requerido para generar una nueva variedad; y
- c. Estos marcadores serán la herramienta de elección para realizar “fingerprinting” de variedades comerciales, lo que será imprescindible para registrar la propiedad del material genético (Hinrichsen *et al.*, 1996).

### **2.9.1. Marcadores moleculares**

En 1944 surgieron pruebas experimentales directas de que los ácidos nucleicos, en concreto el ADN, eran los que servían de base a la información en el proceso de la herencia. Con el descubrimiento de la estructura del ADN (ácido desoxirribonucleico) por Watson y Crick (1953), los cuales expusieron la naturaleza de doble hélice del ADN, así como la suposición de que las funciones de las moléculas se clarificarían más fácilmente tras determinar su estructura general

(Klug y Cummings, 1999). Se inicia en el campo del conocimiento biológico el desarrollo de la biología molecular. En forma explosiva, la genética molecular emerge como una de las ciencias más apasionantes y el hombre empieza a entender el fenómeno de la vida en términos químicos (Balbás y Zapata, 1989).

Las moléculas de ADN se pueden fragmentar mecánicamente al azar en pequeños trozos. Un fragmento que contenga un gen aislado será uno entre cientos de miles de otros fragmentos, indiferenciables por su tamaño.

Algunas de las etapas principales del desarrollo de la tecnología de ADN, se mencionan a continuación: (Alberts *et al.*, 1996)

- 1869 Miescher aisló por primera vez el ADN.
- 1953 Watson y Crick propusieron el modelo de la doble hélice para la estructura del ADN, basados en los resultados de rayos X de Franklin y Wilkins.
- 1957 Kornberg descubrió la ADN polimerasa, la enzima que ahora se utiliza para producir sondas de ADN marcadas.
- 1961 Marmur y Doty descubrieron la renaturalización del ADN, estableciendo la especificidad y la posibilidad de las reacciones de hibridación de los ácidos nucleicos.
- 1962 Arber proporcionó la primera evidencia de la existencia de las nucleasas de restricción del ADN, que condujo a su posterior purificación y utilización en la caracterización de la secuencia del ADN por parte de Nathans y H. Smith.
- 1967 Gellert descubrió la ADN ligasa, la enzima utilizada para unir fragmentos de ADN.
- 1985 Mullis y colaboradores desarrollaron la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, de Polimerase Chain Reaction).

Los marcadores moleculares pueden clasificarse en marcadores dominantes y codominantes. Un marcador codominante significa que al evaluar un individuo diploide, el marcador permite visualizar tanto el alelo aportado por la madre como el aportado por el padre, lo que implica que son identificables los individuos heterocigotos de los homocigotos. Un marcador dominante por el contrario, produce una sola banda que sólo en ciertos casos puede ser identificada si proviene de la madre o del padre (Phillips, 1998).

Existen dos tipos de marcadores, las proteínas y los moleculares de ADN. La selección del marcador que se vaya a utilizar en un estudio dependerá del uso que se le dará, de la especie



en que se esté trabajando, de la disponibilidad de recursos técnicos y financieros como de otras razones, las cuales deben analizarse antes de tomar una decisión (Phillips *et al.*, 1995).

León, (s/f), los agrupa de la siguiente manera:

1. Post transcripción-traducción (Análisis indirecto del ADN: ej. Isoenzimas)
2. Pre transcripción-traducción (Análisis directo del ADN).
  - a. Basados en hibridación: RFLP, VNTR ( Minisatélites)
  - b. Basados en PCR con cebadores arbitrarios (Multilocal) RAPD, AP-PCR, DAF, SAMPLE, LSSP, SIR, DAMD. En general muestran alto número de bandas/ loci.
  - c. Basados en PCR específico (Unilocal): Secuenciamiento, TGGE, DGGE, CAPS, SSCP, SSR. Regiones específicas: se conoce la secuencia que flanquea ese fragmento de ADN .

De forma general se señala que entre las características más ventajosas que pueden tener un marcador molecular se encuentran:

- Alto polimorfismo (Número de alelos/ loci)
- Gran número (Disponibilidad de marcadores en el genoma)
- Codominancia (Expresión genética)
- Heredables
- Modelo Mendel
- Simples (Pleiotropía y epistasia: nula o mínima)
- Independientes (Recombinación)
- Distribuidos por todo el genoma
- Mínima GxE (Interacción genotipo- ambiente)
- Independiente del estado de desarrollo de la planta
- Selectivamente neutro (con relación a efectos fenotípicos)
- Fácil de obtener y analizar
- Fácil de ser analizados entre diferentes especies y razas
- Rápido
- Barato (León, s/f).

### **2.9.2. Descripción de la técnica de AFLP's**

La técnica de AFLP's (Fragmentos Amplificados de Longitud Polimórfica) se basa en la amplificación selectiva de fragmentos de restricción usando la reacción en cadena de la

polimerasa (PCR) en el ADN genómico. La técnica AFLP's es la más reciente y la más resolutiva de las que se aplican para la identificación varietal. Se basa también en la PCR, pero con una variante. El ADN de la planta que se estudia, inicialmente se realiza una extracción de ADN (Perry *et al.*, 1998), luego es digerido por la acción de dos enzimas de restricción. Ésto produce miles de fragmentos cortos de ADN. Posteriormente, los extremos de estos fragmentos son ligados a unas secuencias de nucleótidos denominadas adaptadores. A continuación, se realiza una PCR en la que se utilizan cebadores que hibridan con los adaptadores y uno o dos nucleótidos extras, que imponen una selección y reducen el número de fragmentos que se van a amplificar a unos cientos. El resultado de la amplificación se somete a electroforesis y detección radioactiva, visualizándose cientos de bandas polimórficas (Vos *et al.*, 1995; Cho *et al.*, 1998).

En las reacciones de AFLP's se podrían presentar posibles problemas como:

- a. Bandas débiles o ausencia de ellas en la autoradiografía, lo que puede estar sujeto a una marcación débil o no marcación del primer, insuficiente ADN molde, ADN contaminado (Sales, Triton X-100, SDS, proteínas), incorrecto ciclo del PCR, evaporación durante la amplificación, baja sensibilidad de la película.
- b. Pocas bandas pesadas, causado por la combinación de primer no óptima.
- c. Pérdida de líneas, debido a la evaporación durante el PCR o error en el pipeteo
- d. Muchas bandas de alto peso molecular ocasionado por una digestión parcial.
- e. Bandas sólo en la parte superior del gel, producto de una baja actividad de la polimerasa (Rodríguez Barreneche, 2000).

En experimentos realizados en vid ha sido posible separar clones dentro de variedades, lo que lo convierte en una herramienta muy útil para la selección clonal. También es muy útil para la elaboración de mapas genéticos, dado que se pueden obtener numerosos marcadores polimórficos en cada experimento. En contra de la técnica está el hecho de que estos marcadores son dominantes como los RAPDs (ADN Polimórfico Amplificado al Azar), no pudiendo identificarse los *loci* a los que pertenecen las bandas (Hinrichsen *et al.*, 2000).

Esta técnica AFLP's tiene la cualidad de reunir ventajas del RFLP (Fragmentos de Restricción de ADN de Longitud Polimórfica) en la reproducibilidad de los ensayos y la PCR en la amplificación con capacidad de diferenciar múltiples marcadores en una sola muestra. De la misma manera, Narváez *et al.* (2000), señalan que los AFLP's serían una buena alternativa para diferenciar clones, dado que tienen alta reproducibilidad y entregan mayor información por

cada reacción que RAPD's. En estudios de diversidad genética del maíz, Marsan Ajmone *et al.* (1998), sugieren que los AFLP's pueden detectar un número más grande de polimorfismo de una manera más eficiente en comparación a RFLP, debido al número más alto de los lugares geométricos probados en una sola reacción de PCR.

Los AFLP's tienen una mayor capacidad de generar bandas y consecuentemente de detectar polimorfismo, por esta razón constituyen la vía más rápida y reproducible para generar mapas genéticos de alta densidad, usados en selección apoyada por marcadores genéticos. Son ideales para determinar la identidad varietal y detectar plantas fuera de tipo. Como desventaja se puede mencionar que es un marcador dominante, aunque puede ser modificado para que actúe como codominante (Phillips, 1998).

Es importante señalar que la técnica no detecta diferencias de longitud, sino presencia o ausencia de fragmentos de restricción amplificados (Melgarejo Muñoz, 2000). Sólo detecta un alelo, o sea, el fragmento que se amplifica. Las demás variaciones alélicas son clasificadas conjuntamente como un alelo nulo. Los marcadores AFLP's son "dominantes" y los datos tienen naturaleza binaria. Los genomas heterocigotos no pueden discriminarse directamente de los homocigotos. El análisis de los marcadores de AFLP's, incluyen mayor número de etapas, al compararlo con RAPD's, también necesitan un mayor número de reactivos y equipo de laboratorio. El ADN a usarse en las reacciones debe ser más puro, donde la calidad del ADN es el elemento crucial para el éxito de esta técnica. Con lo antes mencionado es fácil deducir que es una técnica más laboriosa y que demanda recursos económicos más altos que RAPD's (Ferreira y Grattapaglia, 1998).

Los AFLP's no se han utilizado mucho en identificación varietal, debido a su gran complejidad experimental y al hecho de que se han desarrollado en fechas recientes. Sin embargo, presentan una importante característica y es que su poder resolutivo en la separación de genotipos es el más alto en comparación con el resto de las técnicas.

Las actuales tendencias del uso de marcadores moleculares AFLP's, en el cultivo de arroz, se fundamentan en estudios de la diversidad genética, usados en la generación de fingerprint de las accesiones, (Zhu *et al.*, 1998). Así, como la generación de polimorfismos comparables con otras técnicas moleculares (Mackill *et al.*, 1996). También como método para analizar el germoplasma y su caracterización (Subudhi *et al.*, 1998) y la generación de mapas del genoma del arroz (Maheswaran *et al.*, 1997).

## 2.10. Métodos estadísticos multivariados aplicados a la biología molecular

Los métodos y procedimientos estadísticos de utilidad en ensayos biotecnológicos, Martínez Wilches (1995), los agrupa en categorías como, aquellos que tienen como propósito evaluar la variabilidad, clasificación, estructura y composición genética de las poblaciones. Los desarrollados para construcción de mapas cromosómicos o genómicos y los denominados QTL “Quantitative Trait Loci”, los cuales son loci asociados con características cuantitativas de importancia económica. También señala Martínez Wilches (1995), que los métodos estadísticos más usados son las distancias genéticas, índices de similitud, dendogramas y coordenadas principales.

En dependencia de su naturaleza y objetivos de aplicación se utilizan indicadores sobre la base de los cuales se describe la variabilidad y se clasifican las entidades de cuatro tipos principales:

- a. Índices de similitud,
- b. Índices de diferenciación,
- c. Índices de identidad,
- d. Distancias genéticas (Cornide y Coto, s/f.).

Cornide y Coto (s/f), mencionan que los índices de similitud de características de forma binaria se conocen como coeficientes de asociación y sus matrices, como matrices de asociación. Estos coeficientes expresan la concordancia entre cada par de unidades experimentales, unidades de organización taxonómicas, genotipos e individuos de una población, etc, para una serie de características individuales de 2 ó más estados. Los indicadores de asociación pueden ser de tres tipos; pero los más usados en trabajos con marcadores moleculares son los que resaltan la doble presencia y en especial los de Nei y Li (1979) y Jaccard.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Etapa de campo**

##### **3.1.1. Ubicación**

El ensayo se realizó en el Campo Experimental del Sub- Centro Pacífico Marciaga, ubicado a 7 km al sur de la ciudad de Penonomé, en el corregimiento de El Coco, del distrito de Penonomé, provincia de Coclé, perteneciente al Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG), del IDIAP. Esta área de llanuras corresponde al bosque seco tropical (Mariscal *et al.*, 2000), ubicado dentro del Arco Seco del país, entre 8° 05´ y los 9° 03´ de latitud norte y 80° 02´ y 80° 55´ de longitud oeste, con una precipitación promedio anual de 1400 mm distribuidos en 7 meses de mayo a noviembre. El suelo del área experimental es ácido; con bajo contenido de bases intercambiables, fósforo y materia orgánica, con una densidad aparente de 1.7 y con pobre drenaje superficial (Arosemena *et al.*, 1997). Los análisis de calidad de grano se realizaron en el Laboratorio de Calidad de grano en la Finca de El Bajo, del CIARG, ubicado en el Corregimiento de Río Hato en la provincia de Coclé.

##### **3.1.2. Material experimental**

Se evaluaron 48 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa*), producto del programa de mejoramiento genético (Anexo 1), 5 progenitores y 4 variedades comerciales utilizados como testigos de rendimiento y calidad de grano (Anexo 2).

##### **3.1.3. Semillero, trasplante y manejo agronómico**

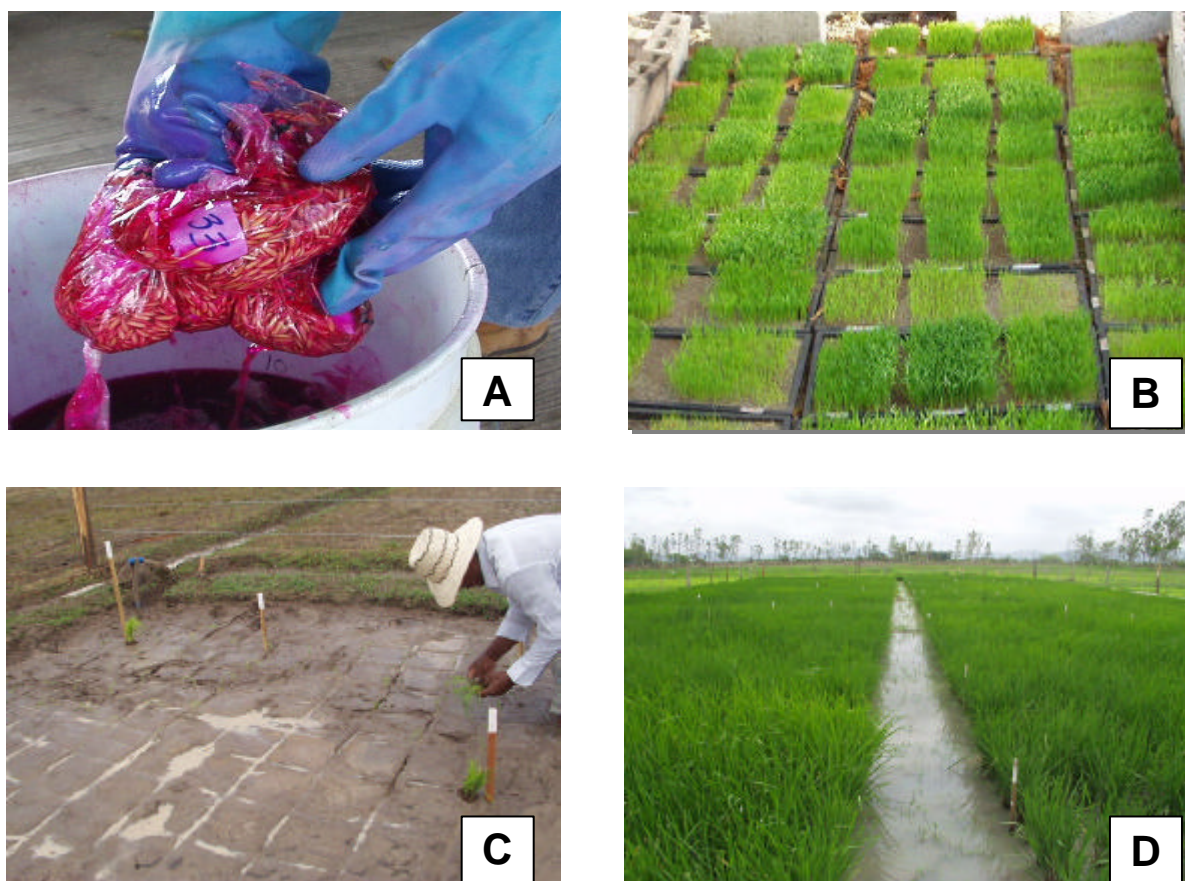
La semilla del material experimental se incrementó en La Finca El Bajo, cosechando este material en el mes de diciembre del año 2002. Se rompió la latencia de las semillas en un horno a 70° C por un periodo de 72 horas, en el laboratorio de semilla del CIARG.

Las semillas fueron tratadas con una solución de Carboxin+thiram a 10cc por galón de agua e hidratadas en agua fresca por 24 horas, luego fueron incubadas por 24 horas, colocándolas en un envase plástico a oscuridad (Figura 2A).

El semillero se realizó en bandejas plásticas de 60 x 30 cm, con suelo de aluvión, permaneciendo por un periodo de 21 días, hasta alcanzar el tamaño adecuado de trasplante (Figura 2B).

A los 21 días después de la siembra se inició el trasplante del material en una parcela de 20 X 50 metros, preparada bajo el sistema de fanguero, trasplantando una planta por sitio en forma manual (Figura 2C). La unidad experimental utilizada fue de 1 metro cuadrado para cada

tratamiento, en cada metro se trasplantaron 25 plantas a una distancia de 0.25 X 0.25 cm. El manejo agronómico del ensayo fue uniforme para cada tratamiento (Figura 3). La fertilización fue fraccionada en 5 aplicaciones, la primera con fertilizante 12-24-12 de NPK a razón de 180 kg/ha, al momento de la nivelación de la parcela. La segunda, tercera y cuarta a los 10, 20 y 30 días después del trasplante con Urea al 46% a razón de 180 kg/ha . La quinta aplicación entre los 55 y 60 días, cuando se observaron los primeros primordios florales, con la misma dosis de urea. Se realizó un único control de malezas utilizando Bispiribac de sodio 40% a razón de 0.15 lts/ha, más coadyuvante AD-3 a razón de 0.3 lts/ha; y otro control manual. Para el control de plagas se realizaron seis aplicaciones con Monocrotopos a razón de 0.35 lts/ha, dos controles en el primer mes de trasplante y cuatro controles entre el llenado y maduración de los granos en la espiga. El manejo del agua, fue mantener la lámina de agua durante el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, eliminándola al momento de cosecha. No se realizó control de enfermedades, ya que no se presentaron (Figura 2D).



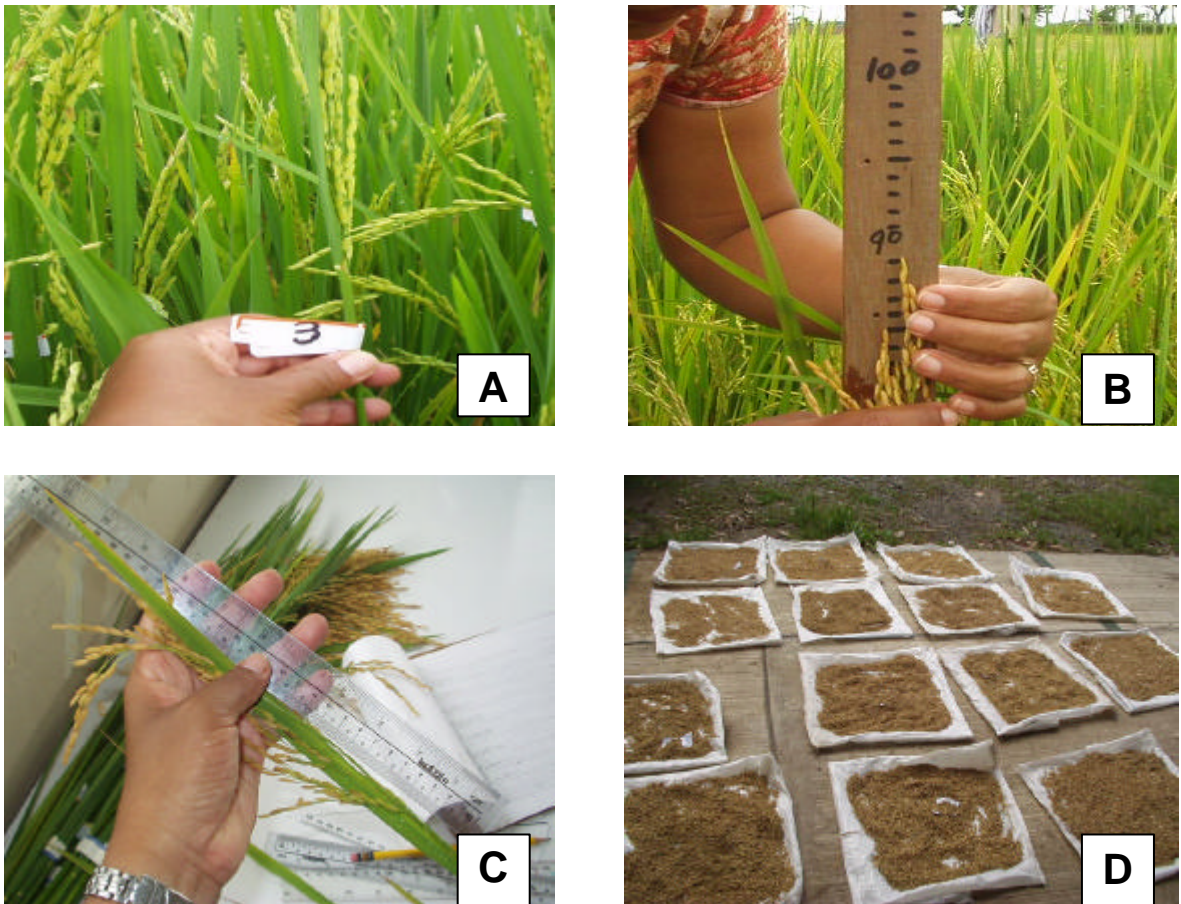
**Figura 2:** **A.** Tratamiento de semillas, **B.** Semillero en bandejas, **C.** Trasplante manual, una planta por sitio, **D.** Parcela con lámina de agua durante todo el ciclo de las plantas.



### 3.1.4. Evaluación de las características morfológicas y rendimiento.

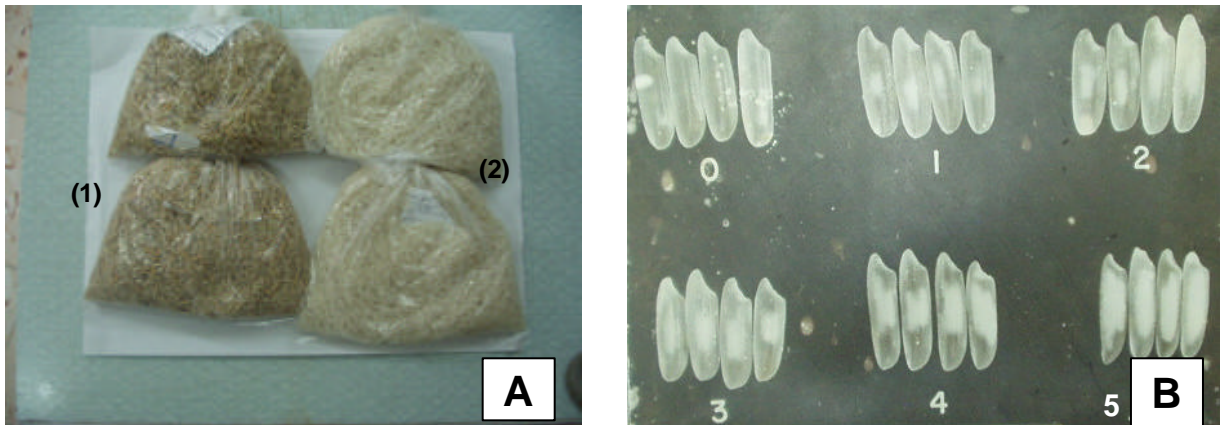
Para la evaluación de las características morfológicas, en el estado de floración se etiquetaron al azar 5 plantas por repetición y tratamiento, y se procedió al registro de 28 descriptores (Anexo 3). Se utilizó escalas y cuadros de colores del libro de Descriptores Varietales (Muñoz *et al.*, 1993). En el estado de maduración, se registraron 10 descriptores en maduración, sobre las mismas plantas (Anexo 3). Se registró la altura de planta (Figura 3B) y se cortó el tallo principal con hojas y panícula, de las plantas etiquetadas (Figura 3A), para registrar las medidas de los descriptores cuantitativos con mayor facilidad (Figura 3C).

El rendimiento se estimó a través de la cosecha manual de cada tratamiento en estado de maduración, La cosecha fue secada al sol y limpiada manualmente al viento, se registró el peso en kilogramos y se tomo la humedad, de cada repetición de los tratamientos (Figura 3D).



**Figura 3:** A. Etiquetado de plantas, B. Registro de altura de planta, C. Medidas en hoja bandera y panícula, D. Secado al sol de grano cosechado, para estimar rendimiento en kg/ha.

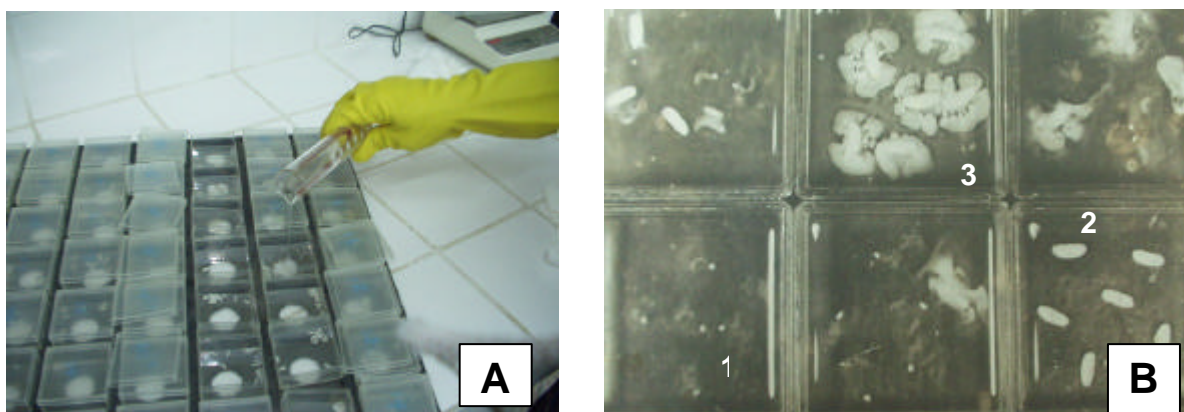
Para la calidad de grano se evaluó el rendimiento de molinería de los granos, tomando una muestra de 250 gramos por tratamiento (Anexo 5). Se determinó la humedad de la muestra, la cual luego fue descascarada, pulida (Figura 4A) y clasificada por zarandas N° 12 y 10 para grano quebrado y N° 15 para arrocillo. En el laboratorio de semilla del CIARG, se determinó el porcentaje de grano entero, grano quebrado y arrocillo por diferencia de peso con respecto a la muestra original. Para estimar el porcentaje de grano tiza, se tomó una muestra de 10 gramos del arrocillo y visualmente se clasificó el grano tiza, luego se pesó el grano tiza obtenido de la muestra y se estimó el porcentaje con referencia al peso inicial. El centro blanco se evaluó en una muestra de 2 gramos del grano entero, utilizando patrones y escala visual de clasificación (Anexo 6), (Figura 4B).



**Figura 4: A.** Rendimiento de molinería: (1) muestra descascarada, (2) muestra de granos pulidos, **B.** Escala visual de clasificación para centro blanco del grano.

La calidad culinaria de los tratamientos se evaluó con la temperatura de gelatinización o prueba alcalina (Anexo 7). Para ello se colocaron 12 granos enteros al azar, en cajas petris cuadradas de tamaño 5.5 x 2.3 cm. Agregando 10 cc de la solución de KOH al 1.7% (Figura 5A). Luego dichas cajas fueron incubadas en un horno a 30° C por 23 horas. Pasadas las 23 horas se realizó el conteo, utilizando la escala del libro “Evaluación de calidad culinaria y molienda del arroz” (CIAT, 1989) y se comparó visualmente con los testigos (Figura 5B).





**Figura 5:** **A.** Prueba alcalina con 10 cc de la solución de KOH al 1.7%, **B.** Grados de dispersión alcalina (1) temperatura de gelatinización baja, (2) temperatura de gelatinización alta, (3) temperatura de gelatinización intermedia.

### 3.1.5. Análisis estadísticos

El diseño experimental utilizado fue de bloques incompletos balanceados con 8 unidades de parcelas para cada sub-bloque (Cochran y Cox ,1980; Montgomery,1991), con 57 tratamientos, donde cada tratamiento correspondió a una línea o selección de arroz, (Anexos 1 y 2). El área de la parcela utilizada fue de 1000 m<sup>2</sup>, el área para cada bloque fue de 9.7 m<sup>2</sup> con distancias entre bloques de 0.50 m. y el área para cada repetición fue de 1 m<sup>2</sup>, con 25 plantas/repetición. Teniendo así un total de 200 plantas por tratamiento. La muestra utilizada fue de 5 plantas por repetición (Figura 6). El modelo matemático formulado para el ensayo fue:

$$Y_{ijq} = \mu + T_{li} + \beta_{ij} + T_q + e_{ijk}$$

Donde;

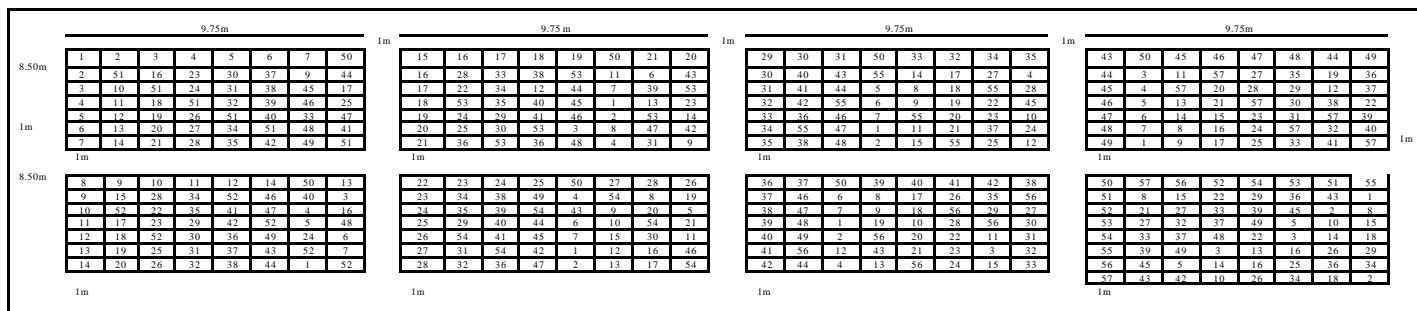
$Y_{ijq}$  = Observación individual

$\mu$  = Media común

$T_{li}$  = Efecto de repeticiones

$\beta_{ij}$  = Efecto de bloques

$T_q$  = Efecto de la i-ésima línea



**Figura 6:** Diseño de parcela experimental en la etapa de campo.

### 3.1.5.1. Análisis de los datos cuantitativos y cualitativos

Las observaciones realizadas durante la etapa de campo fueron introducidas en una base de datos, donde se colocó los tratamientos en filas y las variables en columnas.

El análisis de los datos cuantitativos se realizó por el programa computacional (SAS Institute Inc Cary, NC, USA 1999). Para lo cual se estimó el máximo, mínimo, promedio, coeficiente de variación y desviación estándar. Los datos cualitativos se analizaron por frecuencia y porcentajes, para describir morfológicamente cada tratamiento.

Los datos de rendimiento fueron analizados por el programa SAS, utilizando un análisis de varianzas (ANOVA), mediante el procedimiento GLM y la prueba de rangos múltiples de Tukey.

La evaluación morfológica, se analizó por medio del análisis de correlación de Pearson, análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de conglomerados. Se utilizó la técnica de agrupamiento gerárquico de Ward y se determinó el índice de distancia euclidiana. Para la evaluación se utilizaron 10 características cuantitativas y 9 cualitativas.

## 3.2. Etapa de laboratorio

### 3.2.1. Ubicación

La caracterización molecular de 12 líneas de arroz se realizó en el Laboratorio de Biología Molecular de la Unidad de Biotecnología y Recursos Fitogenéticos, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica.

### **3.2.2. Material experimental y métodos**

Para la caracterización molecular se utilizaron 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 testigos del programa de mejoramiento genético de arroz del IDIAP (Anexo 1 y 2).

El material experimental fue sembrado en los invernaderos de la Unidad de Fitoprotección del CATIE, en macetas plásticas negras, con tres semillas por maceta, y luego se raleó a una planta, por un periodo de 45 días. Luego de ese periodo se cosechó dos hojas, y se liofilizaron por 48 horas a una temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se utilizó un liofilizador MODULYO Thermo Savant.

### **3.2.3. Extracción de ADN**

La extracción de ADN se realizó a partir de hojas liofilizadas utilizando el protocolo de extracción CTAB minipreparaciones, (Murray y Thompson, 1980), modificado en el Laboratorio de Biología Molecular (Phillips *et al.*, 2003).

Para realizar la extracción de ADN se tomó un fragmento de hoja de aproximadamente 1.5 cm de hojas liofilizadas de cada línea de arroz (Anexo 8).

### **3.2.4. Determinación de la concentración de ADN**

Se realizó a través de electroforesis en gel de agarosa al 1.2% (Anexo 9) en una cámara de electroforesis marca KODAK, BioMax. HR2025. Para ello se preparó 220 ml de TBE, Buffer 10X, se agregó 2.4 grs. de agarosa, se calentó por 4 minutos en microondas (Marca SAMSUNG modelo MG6920w), se colocó en la cubeta de electroforesis y se mezcló con dos gotas de bromuro de ethidio. Esta técnica se basa en la cuantificación de la fluorescencia producida por el bromuro de ethidio en el ADN, a través de una cámara de luz ultravioleta, ULTRA? LUM, Electronic V.V. Transilluminator. Se utilizó 2 $\mu\text{l}$  de ADN de cada línea de arroz y 5 $\mu\text{l}$  de bromofenol, los cuales se colocaron en el gel de agarosa, junto a un marcador testigo Fago Lambda/ Hind III (PROMEGA) y se dejaron migrar por espacio de 40 minutos a 70 watts.

### **3.2.5. Amplificación de los fragmentos de ADN**

En esta parte se utilizó la técnica de "Fragmentos Amplificados de Longitud Polimórfica" (AFLP) (Vos *et al.*, 1995), con reactivos de AFLP "Starter Primer Kit" (INVITROGEN). Para la reacción de PCR se utilizó un Termiciclador Amplifier Biosistem, Perkin Elmer, Modelo: GENE-AMP PCR-System-9700. La electroforesis fue llevada a cabo con geles de polyacrilamida (Anexo 9)

con tinción de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) para el revelado. La técnica de AFLP utilizada consistió en los siguientes procedimientos:

#### **Digestión del ADN:**

Se utilizó 250ng/ADN por reacción, 5  $\mu\text{l}$  de Buffer 5X , 2  $\mu\text{l}$  de las enzimas *EcoRI*/*MseI* y 13  $\mu\text{l}$  de agua grado AFLP. La digestión se realizó por 60 minutos a 37°C, y 15 minutos a 70°C.

#### **Ligación:**

A la solución de digestión, se le adicionó para cada muestra, 24  $\mu\text{l}$  de adaptador de ligación más 1  $\mu\text{l}$  de T4 DNA ligasa, la reacción de ligación se realizó por 180 minutos a 37°C y 10 minutos a 60°C. Luego de finalizada la reacción de ligación, se verificó el producto digestión-ligación en gel de agarosa al 1%, utilizando 10  $\mu\text{l}$  de la solución. El producto de digestión-ligación de cada muestra se diluyó en proporción de 1:10 para la etapa de preamplificación.

#### **Preamplificación:**

Consistió en utilizar 5  $\mu\text{l}$  de la solución de digestión-ligación 1:10, 4.8  $\mu\text{l}$  de Buffer 10X, 0.3  $\mu\text{l}$  de Taq polimerasa PROMEGA a 5U, lo que corresponde a 1.5 U/ $\mu\text{l}$  por reacción, 40  $\mu\text{l}$  del mix de preamplificación. La reacción de preamplificación consistió de 20 ciclos cada uno de 30 segundos a 94°C, 1 minuto a 56°C , 1 minuto a 72°C .

Los productos de esta reacción fueron verificados en una gel de agarosa al 2%. El producto de preamplificación se diluyó en proporción de 1:30.

#### **Amplificación:**

Se preparó una mezcla de amplificación con 2  $\mu\text{l}$  de agua ultra pura, 2  $\mu\text{l}$  de Buffer 10X, 1  $\mu\text{l}$  de cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ) a 25mMol, 0.4  $\mu\text{l}$  de DNTP's 0.15 mM, 0.5 de primer *EcoRI* (27,8 ng/ $\mu\text{l}$ ) y 9  $\mu\text{l}$  de primer *MseI* (6,6 ng/ $\mu\text{l}$ ), 1.5  $\mu\text{l}$  de ADN Taq polimerasa PROMEGA (5 U/ $\mu\text{l}$ ) y 5  $\mu\text{l}$  de la dilución 1:30 del ADN preamplificado, para un volumen total de 20  $\mu\text{l}$ . El programa de PCR utilizado realiza un gradiente de 65° C hasta 56° C , bajando 1° C por ciclo (1 ciclo a 94° C 30 segundos), luego 65° C 30 segundos y 72° C 1 minuto, seguido de 33 ciclos 30 segundos a 94° C, 30 segundos a 56° C y 1 minuto de 72° C, y un ciclo final de extensión de 7 minutos a 72° C.

Una vez finalizada la reacción de PCR de amplificación se le agregó 5  $\mu\text{l}$  de formaldehído y se realizó la electroforesis en gel de polyacrilamida (Anexos 10, 11 y 12).

Previo a la electroforesis en el gel de polyacrilamida se procede a desnaturalizar las muestras, colocándolas en el termociclador por 3 minutos a 94° C y 20 minutos a 72° C.

Las muestras colocadas en el gel de polyacrilamida se migran por dos horas a 50 watts y 3.000 voltios, la electroforesis se realizó en una cámara vertical Life Technologies, GIBCO BRL, Sequenci System modelo S2.

#### **Revelado del gel de polyacrilamida:**

El gel de polyacrilamida se colocó en ácido acético al 10%, agitándolo por 20 minutos a 95rpm, en un agitador marca FISHER SCIENTIFIC, Orbital Shaker, modelo 361. Luego se hicieron 4 lavados ligeros con agua destilada y se colocó en una solución de  $\text{AgNO}_3$  al 1% más 1.5 ml de formaldehído en un litro de agua, agitándolos por 60 minutos a 85 rpm (Anexo 12).

El revelado del gel se realizó con un lavado ligero en agua destilada enfriada a 4°C y colocando el gel en una solución de carbonato de sodio fría al 3.0% más 400 µl de tiosulfato de sodio al 1.5% y 3ml de formaldehído. Se utilizaron dos litros de la solución de carbonato de sodio distribuidas en dos recipientes y se colocó el vidrio el cual se agitó suavemente hasta que se observó el marcador utilizado y algunas bandas débiles, luego se pasó al segundo recipiente para acentuar el color de las bandas. Para detener la reacción, se le adicionó el ácido acético al 10% recuperado después de la fijación del gel (Anexo 12).

#### **3.2.6. Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los datos morfológicos, se hizo el registro de los datos. Utilizando el análisis de SAS para las características cualitativas se estimó el porcentaje de las escalas de calificación. Para las características cuantitativas se estimaron los valores mínimos, máximos, promedios, desviación estándar y coeficientes de variación. Se realizó análisis de varianza para la característica de rendimiento al igual que comparación de medias por la prueba de Tukey. Análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, agrupamiento por la varianza mínima de Ward (1967) y generación de un dendograma por el algoritmo de Ward; (1967).

Para el análisis estadístico de los datos moleculares, primeramente se hizo el registro de los mismos, construcción de una matriz binaria, matriz de similitud con el índice de Jaccard, generación del dendograma WPGMA, análisis de componentes principales e interpretación de los resultados.

Para realizar la comparación de los datos morfológicos y moleculares, se utilizó la matriz de similitud de los datos moleculares, se generó una matriz de los datos morfológicos de los doce genotipos analizados molecularmente por el coeficiente de Gower. Los datos morfológicos de

los doce genotipos se analizaron por componentes principales y se generó un dendograma por el algoritmo de Ward. Se utilizó la estadística de Mantel, para obtener la correlación de las matrices de los doce genotipos.

La descripción genética de las tres líneas avanzadas y sus progenitores, y la comparación con los testigos comerciales se realizó utilizando las distancias genéticas generadas por las matrices, los porcentajes de las características cualitativas, los valores generados para las características cuantitativas, las pruebas de molinería y calidad de grano.

## 4. RESULTADOS

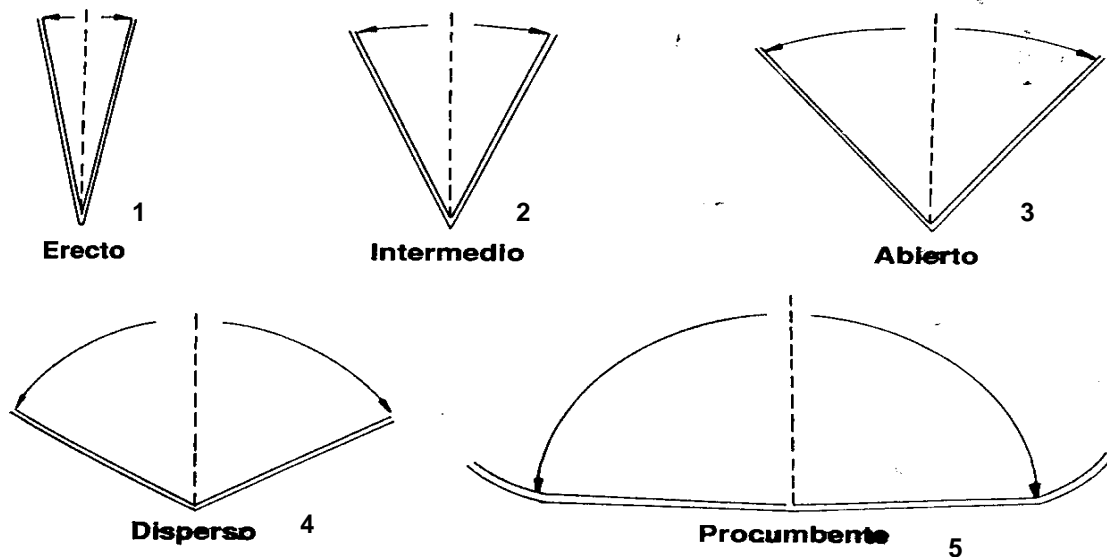
### 4.1. Caracterización morfológica

Basados en los descriptores cualitativos y cuantitativos (Anexos 3 y 4) rendimiento en kg/ha y evaluaciones de calidad molinera y culinaria, se detalla la variabilidad que presentan las líneas en el estudio:

#### 4.1.1. Distribución de porcentajes por línea de las características cualitativas

Las características cualitativas estudiadas se presentan en el anexo 13, con la distribución de los porcentajes de acuerdo a la escala utilizada, para evaluar las líneas de arroz.

Con respecto a la variabilidad en el hábito de crecimiento (X2), se determinó que el 31.80% de las líneas de arroz presentan hábito de crecimiento erecto, el 38.59% hábito de crecimiento intermedio, 24.56% hábito de crecimiento abierto, y 3.50% de líneas comparten porcentajes con mayor tendencia a hábito de crecimiento erecto y 1.7%, con tendencia a hábito de crecimiento intermedio (Figura 7).



**Figura 7:** Escala de graduación para clasificar el hábito de crecimiento de la planta de arroz.

Para la capacidad de macollamiento (X3), la línea 29 fue la que presentó la mayor capacidad de macollamiento con más de 20 hijos por planta, la línea 55 presentó buena capacidad de macollamiento con un promedio de 15 a 19 hijos por plantas. Con macollamiento intermedio, la línea 39, con 11 a 14 hijos por planta. La línea 4 presentó un pobre macollamiento, con 7 a 10

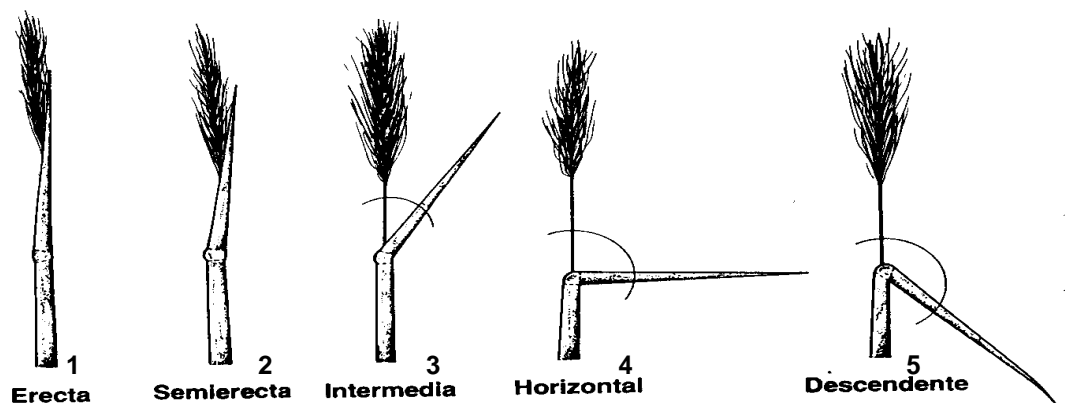
por plantas. Dentro de las líneas se presenta variabilidad, ya que la mayoría presentan diferentes porcentajes en las escalas de 1 a 5, entre 11 a 20 hijos por planta.

La característica de color predominante del ápice que forman la lema y la palea (X4), 26 líneas presentaron color verde, 20 líneas, color rosado y 3 líneas el color púrpura, en forma uniforme. Solo 8 líneas presentan heterogeneidad en los colores, presentando variaciones entre los colores verde y rosado.

En relación a la pubescencia predominante de las glumas (X5), 14 líneas no presentaron pubescencia, 29 líneas presentaron pubescencia hacia el ápice de la lema y la palea; en 9 líneas la pubescencia de las glumas fue totalmente cubierta de vellos cortos y en 2 líneas con vellos largos, en forma uniforme. Solo 3 líneas mostraron heterogeneidad en la pubescencia de las glumas.

Con respecto al color predominante del estigma (X6), 26 líneas presentaron color blanquecino en el estigma, 3 líneas color púrpura claro, y 20 líneas color púrpura uniforme en todas las plantas. Ocho líneas presentaron variabilidad respecto al color predominante del estigma.

En relación con la hoja bandera (X7), es importante mencionar que 36 líneas presentaron posición semierecta para la hoja bandera, 18 líneas una posición erecta de la hoja bandera y solo 2 líneas presentaron una hoja bandera intermedia (Figura 8).



**Figura 8:** Escala de graduación para registrar la característica, posición de la hoja bandera.

Para la posición predominante del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera (X10), 43 líneas presentaron una posición semiabierta en la primera hoja. Con posiciones erectas fueron 9 líneas y 3 líneas con posición abierta. Dos líneas mostraron desuniformidad en sus



datos, para este descriptor, con mayor tendencias a la posición semiabierta y menor tendencia a erecta.

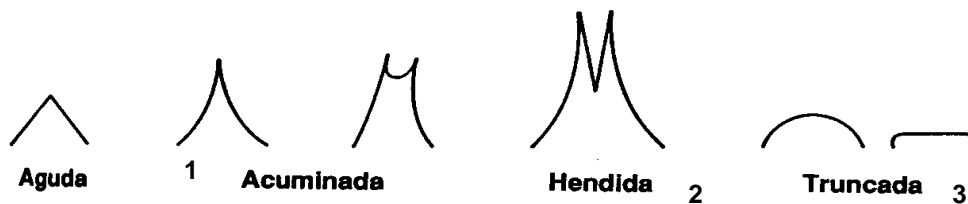
En la vellosidad predominante de la lámina de la hoja (X11), se observó alta variabilidad, 14 líneas presentaron una vellosidad escabrosa o áspera al tacto. Seis líneas no presentaron vellosidad, 5 líneas manifestaron vellosidad aterciopelada, 1 línea presentó vellosidad aterciopelada en tres cuartas partes de la lámina y 1 línea con vellosidad ligeramente pubescente, y 5 líneas mostraron vellosidades diferentes en sus láminas.

Respecto al color de la lámina foliar (X14), 47 líneas presentaron el color verde (códigos 37,38,39 y 43), seis líneas presentaron verde (códigos 40 y 42). En 2 líneas se presentaron hojas con márgenes oscuros (código 3), de acuerdo a la tabla de colores (Muñoz *et al.*, 1993).

Para la característica corrugación y lado corrugado de la lámina foliar (X15 y X16), estuvo ausente en las líneas de arroz en estudio.

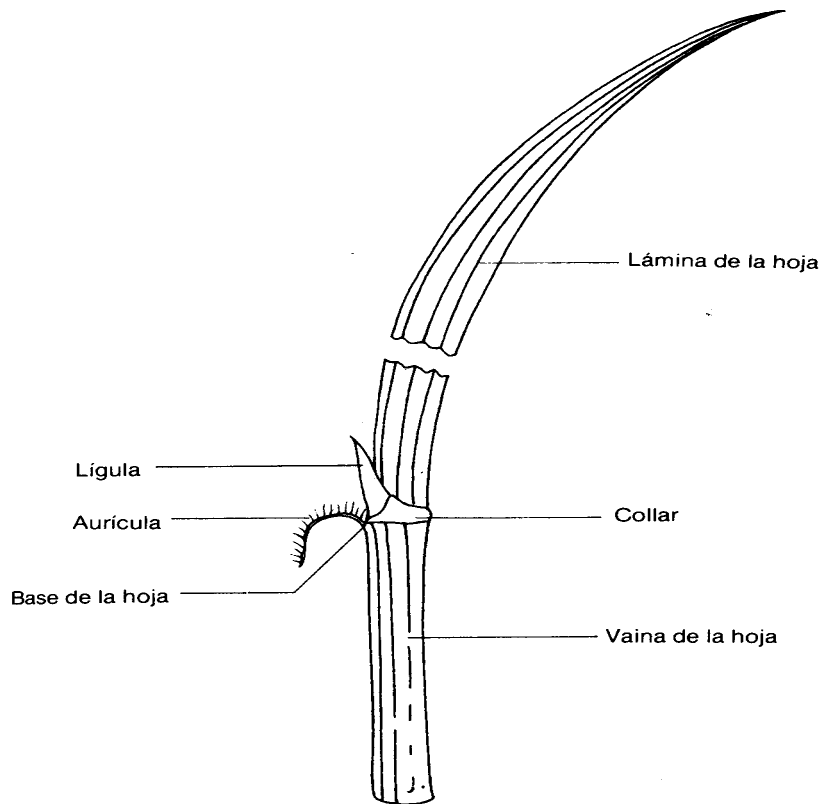
De acuerdo al descriptor color predominante de la lígula (X17), 44 líneas mostraron color blanquecino, 10 líneas presentaron color blanquecino con líneas púrpuras, y 1 línea presentó la coloración púrpura.

Para el descriptor forma predominante de la lígula (X18), todas las líneas presentaron la lígula de forma hendida (Figura 9).



**Figura 9:** Escala de graduación para clasificar la forma de la lígula en la hoja de arroz.

En relación al color de las aurículas (X19), 55 líneas presentaron una coloración crema, y en solo 1 línea se observó color púrpura. Se observó que la línea Surinam 70, (Línea 33), no presentaba aurículas (Figura 10).



**Figura 10:** Esquema de la posición de la aurícula y lígula en la planta de arroz.

Con respecto al color predominante de la vaina de la hoja (X20), el 80.7% de las líneas presentaron coloración verde, el 14% coloración verde con líneas púrpuras y el 1.75% coloración púrpura. El 3.5% de las líneas presentaron coloración verde y púrpura en la vaina de la hoja.

El 89.5% de las líneas mostraron coloración verde para el descriptor color predominante del nudo (X21), el 8.77% de las líneas mostraron coloración verde con líneas púrpuras y el 1.75% mostró coloraciones entre verde y verde con líneas púrpuras en sus nudos.

Para el color predominante del entrenudo (X22), el 98.24% de las líneas presentaron una coloración verde y el 1.75%, una coloración púrpura. Esta misma distribución porcentual se observó en el color predominante del anillo subnodal en todas las líneas, para el color verde y el 1.75% con líneas púrpuras en el anillo.

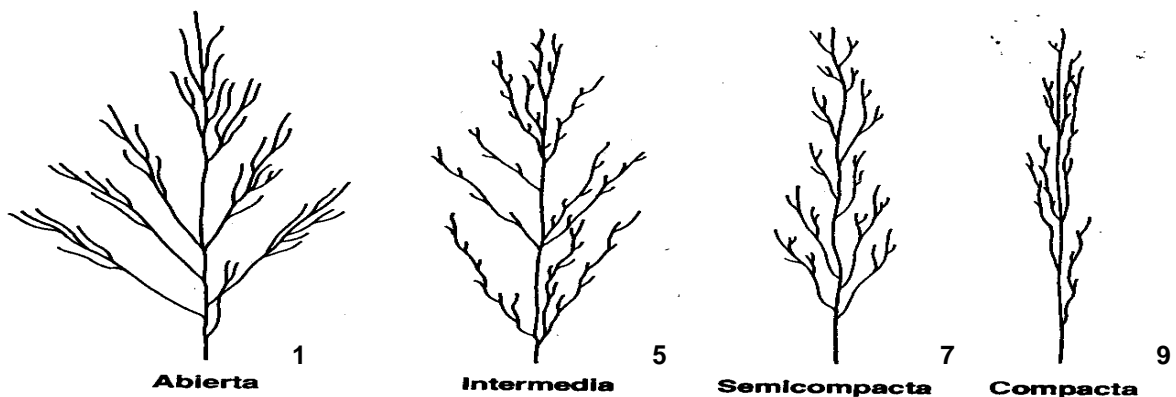
Con respecto al color predominante de la base del tallo (X24), se observó que el 52.63% de las líneas presentaron una coloración verde, el 21.05% coloración verde con líneas púrpuras, el 12.28% color púrpura pálido en la base, y el 3.5% color púrpura. El 10.5% presentaron coloraciones entre verde y púrpura pálido.

En el tamaño de las aristas de los granos (X27), se determinó que en 20 líneas la arista estaba ausente; que corresponde al tipo de aristas (X28) se considera “aristado ausente”, 10 líneas presentaban entre el 5 y 13% de los granos arista corta. Según el tipo de aristado (X28) se considera “ arista corta y presente en menos del 50% de los granos”. En 8 líneas el mayor porcentaje de sus granos presentaban arista corta, para el tipo de aristado es “arista corta y presente en más del 50% de los granos”, y 19 líneas con aristas medianas, “arista larga y presente en menos del 50% de los granos”.

Con respecto al color predominante del ápice del grano apical de la panícula (X29), 26 líneas presentaron un color pajizo en más del 90% de los granos; 11 líneas presentaron el color café claro en más del 80% de los ápices de los granos, 4 líneas el color púrpura en más del 90% de los ápices de los granos y 16 líneas presentaron variabilidad en el color del ápice de los granos.

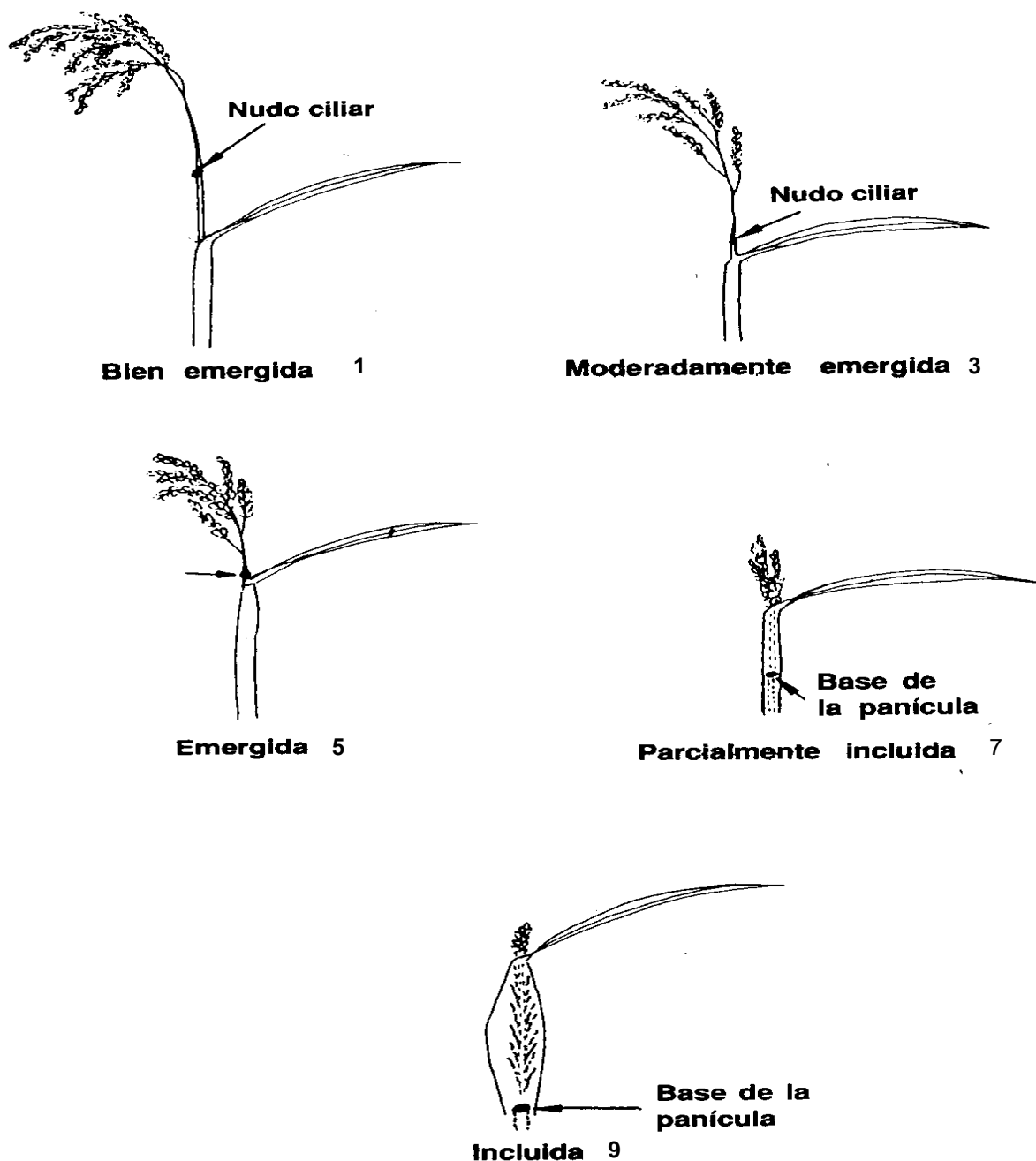
Los resultados para el color predominante de las glumas fértiles del grano apical de la panícula (X30), el 71.9% de las líneas presentaron el color pajizo en todas las glumas fértiles, el 17.54% de las líneas presentaron el color pajizo en más del 80% de las glumas y el 10.5% de las líneas mostraron el color pajizo en menos del 70% de las glumas.

La densidad predominante de la panícula (X33), reflejó una alta distribución porcentual de las categorías en todas las líneas. Las líneas que mayor porcentaje alcanzaron en la categoría de densidad intermedia fueron la línea 50, con un 87.5% en las panículas, las líneas 42 y 47 con un 85% en sus panículas. Para la categoría semicompacta la línea que presentó el mayor porcentaje fue la línea 35, con un 62.5% en las panículas y para la categoría de panículas compactas el mayor porcentaje se observó en la línea 8, con un 64.1% de las panículas (Figura 11).



**Figura 11:** Escala de graduación para clasificar la característica, densidad de la panícula.

Con respecto a la ejerción predominante de la panícula (X34), la línea 41, presentó el mayor valor para la categoría de panículas bien emergidas con un 92.5% de las panículas, en la categoría de panículas moderadamente emergidas la línea 54, con un 85% de las panículas, en panículas coincidentes en la línea IDIAP 22 (Línea 50), mostró en el 87.5% de sus panículas y la línea Surinam 70 (Línea 33) presentó panículas parcialmente incluidas en el 82.8% de sus panículas (Figura 12).

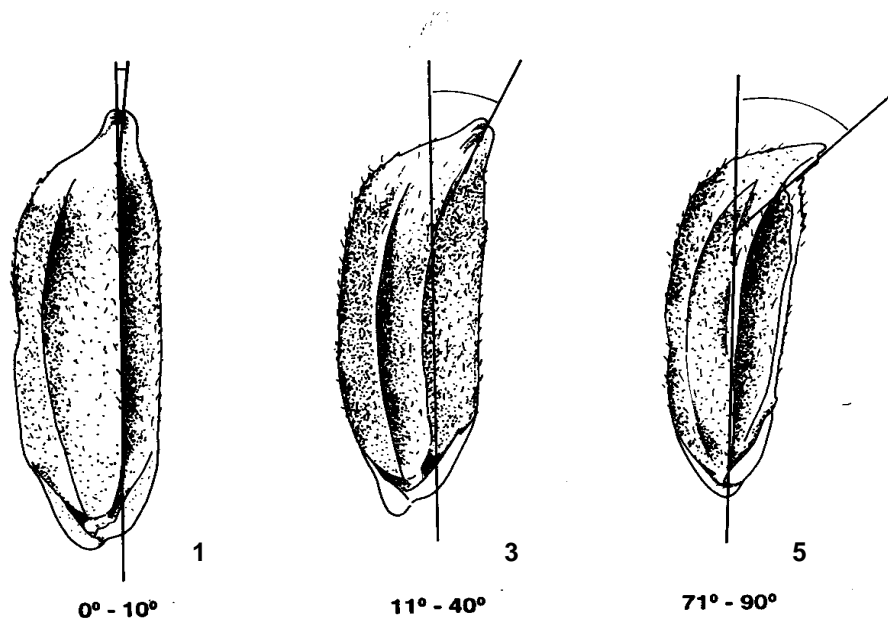


**Figura 12:** Escala de graduación para clasificar la característica, ejerción de la panícula de la planta de arroz.

Para la fertilidad predominante de la panícula (X36), las líneas 36, 37, 44, 42 y 52, presentaron porcentajes mayores al 90% de panículas muy fértiles. En panículas fértiles la línea 15 presentó un 72% de las panículas. Para panículas parcialmente fértiles, la línea 26 representó el porcentaje más alto, 42.8% en las panículas.

El 36.8% de las líneas presentaron un difícil desgranado de la panícula (X37), el 35.08% de las líneas presentaron desgranado moderadamente difícil de la panícula y el 28.07% de las líneas presentaron desgranado intermedio.

Para el ángulo del ápice que forman la lema y la pálea en la espiguilla (X38), 34 líneas mostraron que más del 90% de sus espiguillas presentaban granos con ángulos de 11 a 40°, en 4 líneas se observó que más del 90% de sus espiguillas presentaban ángulos entre 71 y 90°. En las líneas restantes se presentó variabilidad entre los ángulos mencionados anteriormente (Figura 13).



**Figura 13:** Escala de graduación para registrar la característica, ángulo del ápice que forman la lema y la pálea en la espiguilla.

#### 4.1.2. Análisis de las características morfológicas cuantitativas

En cuanto a los días a floración (Anexo 14) en la línea 2, se observó el mayor promedio, siendo de 109.65 días, y el menor promedio se observó en la línea 35, con 65.33 días. El mayor coeficiente de variación lo presentó la línea 51 con un 8.46%, y el menor coeficiente de variación se presentó en la línea 1, con 1.38%.

Con respecto a la longitud de la lámina de la hoja bandera (Anexo 15), el mayor promedio fue de 41.28 cm en la línea 41 y el menor promedio fue de 25.01cm, en la línea 49. El mayor coeficiente de variación fue de 25.08%, lo presentó la línea 20 y el menor coeficiente de variación fue en la línea 56, de 11.61%.

Para el ancho de la lámina de la hoja bandera (Anexo 16) el mayor promedio lo obtuvo la línea 17 con 1.63 cm y el menor promedio la línea 54 con 1.04 cm. Los valores del coeficiente de variación mayor y menor, fueron de 40.66% dado para la línea 49 y 8.94%, para la línea 11.

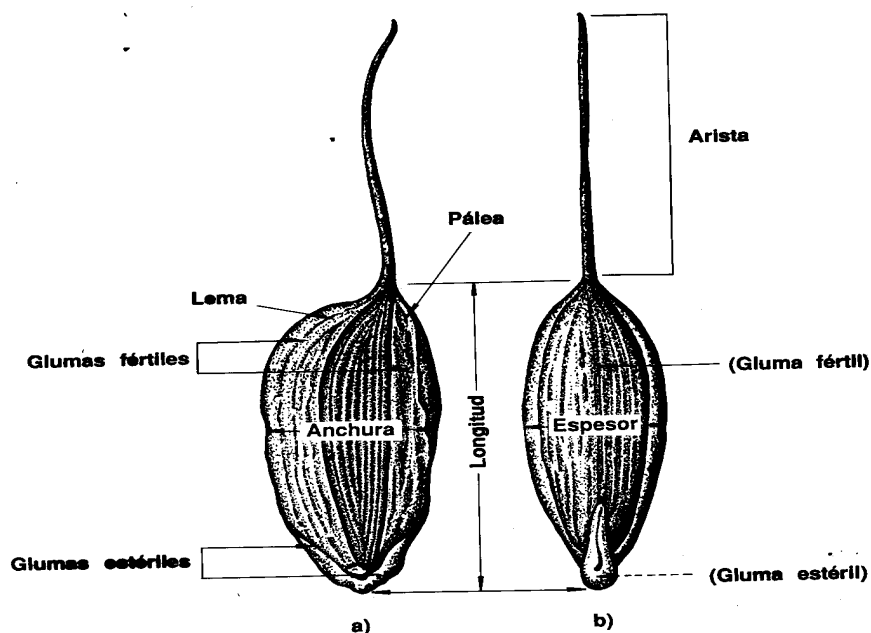
La longitud de la lámina foliar (Anexo 17) se presentó el mayor promedio en la línea 33, con 57.13 cm y el menor promedio fue de 37.54 cm, en la línea 49. Los coeficientes de variación fueron dados por 19.11% como mayor valor en la línea 45 y de 7.21% como menor valor en la línea 33.

Para el ancho de la lámina foliar (Anexo 18), el mayor promedio fue de 1.42 cm, observado en la línea 1 y el menor promedio, por la línea 52 con 0.81cm. Los coeficientes de variación obtenidos, fueron de 26.09% como mayor valor en la línea 36 y de 7.15% como menor valor por la línea 9.

En los días a madurez (Anexo 19), el mayor promedio lo presentó la línea 2, con 141.78 días y la línea 35, el menor promedio con 96.40 días. El mayor coeficiente de variación lo presentó la línea 24 con 6.69% y la línea 1 presentó el menor coeficiente de variación con un valor de 1.11%.

En relación a la altura de plantas (Anexo 20), la línea que presentó la mayor altura promedio fue la línea 28 con 124.28 cm y la de menor altura fue la línea 54, con 88.45 cm. Con respecto a los valores del coeficiente de variación, el mayor coeficiente lo presentó la línea 44 con un valor del 9.23% y el menor valor lo presentó la línea 50 con un 3.36%.

Con respecto a la longitud de la semilla (Anexo 21), se observó que el mayor valor promedio fue de 1.05 mm para la línea 19 y el menor promedio fue de 0.83 mm, para la línea 34. El mayor coeficiente de variación fue de 10.55% para la línea 42 y el menor de 0.00% presentado por tres líneas, 13, 11 y 36 (Figura 14).



**Figura 14:** Esquema de la semilla de arroz: a) vista frontal; b) vista lateral, para registrar las características de longitud y ancho de la semilla.

El 87.7% de las líneas mostraron promedios de 0.30 mm en la anchura de la semilla (Anexo 22), y el menor promedio fue de 0.27 mm, en la línea 34. El mayor y menor coeficiente de variación, para este descriptor fue de 16.59% presentado en la línea 34 y de 0.00% en el 33.33% de las líneas, respectivamente.

La línea que mostró el mayor promedio de longitud en la panícula (Anexo 23) fue la línea 1, con 30.89 cm y la de menor promedio fue la línea 54, con 23.84 cm. Los coeficientes de variación se encontraron entre 11.37%, para el mayor valor dado por la línea 44; y 4.64%, para el menor valor por la línea 39.

#### 4.1.2.1. Análisis de varianza de los rendimientos

Se realizó el análisis de varianza para la característica de rendimiento en kg/ha, obtenidos en campo de cada línea de arroz estudiada. Los resultados indican que existe diferencia altamente significativa ( $P < 0.001$ ) entre líneas. El análisis demostró diferencia altamente significativo para el efecto de filas, mientras para el efecto de columnas fue no significativo. Estos resultados indican que el modelo estadístico utilizado para la investigación fue el apropiado, debido al alto número de líneas de arroz (Tratamientos) en el estudio.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza para la característica de rendimiento en kg/ha de 48 líneas, 5 progenitores y 4 variedades testigos de arroz.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C. Medio</b>	<b>Valor de F.</b>	<b>Pr F</b>
Columna	7	32249444	4607063,4	2,08	0,0453
Fila	56	545420977	9739660,3	4,39	0,001**
Líneas	56	685074863,1	12233480	5,52	0,001**
Error	334	7402298589	2216463		
Total	453	2142176104			

#### **4.1.2.1.1. Comparaciones de medias**

Debido a que se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre la característica de rendimiento kg/ha de las líneas, se realizó las comparaciones de las medias de rendimiento mediante la prueba de Tukey (Cuadro 2).

El mayor rendimiento en peso de campo corresponde a línea 57, con un promedio de 10767.2 kg/ha, siguiéndole en su orden las líneas 50 y 51, las cuales no difieren entre ellas, con pesos de 10574.4 y 10517.5 kg/ha, respectivamente. Las tres mejores líneas de arroz se caracterizan por presentar rendimientos superiores a sus progenitores, como por ejemplo la línea 57, uno de sus progenitores es la línea 47 (P1048), la cual presenta un rendimiento inferior en más de 1.500 kg/ha. El menor rendimiento en peso de campo corresponde a la línea 2, con un promedio de 4897.7 kg/ha.



**Cuadro 2.** Promedio de rendimiento en kg/ha de 57 líneas de arroz del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP, Panamá.

Línea	Promedio (x)	Prueba de Tukey	Línea	Promedio (x)	Prueba de Tukey
57	10767,2	a	8	7135,2	cdefghij
50	10574,4	ab	4	7117	cdefghij
51	10517,5	ab	34	7097	cdefghij
55 <sup>2</sup>	9873,5	abc	40	7018,8	cdefghij
54 <sup>2</sup>	9409,7	abcd	20	6943	cdefghij
43	9369,9	abcd	56	6897,5	cdefghij
47 <sup>1</sup>	9258,6	abcde	31 <sup>2</sup>	6877	cdefghij
45	9229,3	abcdef	23	6849,4	cdefghij
42	8921,1	abcdefg	7	6848,3	cdefghij
53 <sup>1</sup>	8797	abcdefg	33 <sup>1</sup>	6842,9	cdefghij
26	8416,8	abcdefgh	22	6839,5	cdefghij
49	8398,5	abcdefgh	37	6722,9	defghij
44	8273,1	abcdefgh	38	6677,1	defghij
18	8152,4	abcdefghi	30	6484,9	defghij
52 <sup>2</sup>	8080	abcdefghi	15	6461,8	defghij
25	7963,1	abcdefghi	5	6407,7	defghij
46	7915	abcdefghij	1	6287,3	efghij
10	7845,9	abcdefghij	21	6238,7	efghij
41	7818,4	abcdefghij	19	6182,1	dfghij
24	7733,4	abcdefghij	29	6174,6	dfghij
17	7663,7	bcdefghij	14	6148,2	ghij
48 <sup>1</sup>	7635	bcdefghij	11	6093,6	ghij
16	7539,7	bcdefghij	32 <sup>1</sup>	5916,7	ghij
27	7448,1	cdefghij	12	5492,2	hij
39	7402	cdefghij	13	5405,2	hij
6	7274,7	cdefghij	3	5174,7	lj
35	7250,1	cdefghij	36	5105,3	lj
28	7146,8	cdefghij	2	4897,7	h
9	7139,6	cdefghij			

<sup>1</sup> Progenitores, <sup>2</sup> Testigos

\*Líneas con la misma letra no difieren significativamente al 0.05.

#### 4.1.2.2. Calidad molinera y temperatura de gelatinización.

De acuerdo a los resultados obtenidos en estas evaluaciones (Anexo 24), se indica que:

La línea 40 presentó el porcentaje más alto en granos enteros en un 65.96% y el menor porcentaje de granos quebrados en un 4%. La línea 20, presentó el menor porcentaje de granos

enteros en un 33.4%. y el mayor porcentaje de granos quebrados lo obtuvo la línea 15, en un 26.08%.

Treinta y cinco líneas estudiadas presentaron 0.00% en la presencia de granos tiza, la línea 19, presentó un 4% de grano tiza, siendo este el porcentaje mayor.

El porcentaje de arrocillo más alto lo obtuvo la línea 2, con un 4.80% del peso, el porcentaje más bajo fue de 0.52% en la línea 12.

El mayor rendimiento de molinería lo presentó la línea 54, con un 71.28% y el menor rendimiento de molinería fue de 58.8% en la línea 1.

La evaluación de centro blanco del grano, indica que 5 líneas presentaron granos translúcidos, ellas son: línea 12, línea 40, línea 36, línea 52 y línea 55. Tres líneas presentaron el máximo valor en la escala que abarca la totalidad del grano, ellas fueron línea 1, línea 2 y línea 20.

La temperatura de gelatinización fue estimada indirectamente mediante el grado de dispersión (Anexo 25). Los resultados obtenidos muestran que la temperatura de gelatinización es baja, con promedio de 7 (Anexo 7), en las líneas 55, 50, 47, 43,42 y 13. Los valores intermedios entre 4 y 5, se presentan en las líneas 2, 5, 22, 23,24, 25, 26, 28, 36, 37, 39, 45 y 46. Los promedios menores a 3.5, que muestran mayor tendencia a tener temperaturas de gelatinización alta, se presentan en las líneas 51, 33, 29, 17, 18, 19 y 1.

#### **4.2. Estructuras de los agrupamientos**

Para realizar una estructura de agrupamiento, se consideró 20 variables, 11 variables cuantitativas y 9 variables de escala ordinal. Éstos son consideradas como características de selección, por la asociación con la capacidad de rendimiento en los programas de mejoramiento.

Con el propósito de disminuir la dimensionalidad de los datos, y obtener una mejor respuesta de la variabilidad del conjunto de variables de esta evaluación, se analizó los datos considerados por el análisis de componentes principales (ACP), a través del análisis con el software SAS. Los valores y vectores propios, proporción absoluta y acumulada que explican el análisis de los componentes principales (Cuadro 3), indica que cinco componentes obtenidos explican el 72.34 % de la variación total.

**Cuadro 3.** Matriz de valores y vectores propios, proporción absoluta y la acumulada que explican el análisis de los componentes principales .

<b>Componentes Principales</b>	<b>Valor propio</b>	<b>P. Absoluta</b>	<b>P.Acumulada</b>
Primero	6.52588407	0.3108	0.3108
Segundo	2.53303891	0.1206	0.4314
Tercero	2.36755755	0.1127	0.5441
Cuarto	2.21781181	0.1056	0.6497
Quinto	1.54749085	0.0737	<b>0.7234</b>

Se observa que la variabilidad que explica cada componente principal es diferente y decrece. El primer componente principal explica el 31.08 % de la variabilidad total, el segundo explica el 12.06 %, el tercero y cuarto explican el 11.27 y 10.56 %, respectivamente y el quinto componente, explica el 7.37%.

El primer componente estuvo caracterizado fundamentalmente por las características, días a floración, ancho de la lámina foliar, días a madurez, altura de planta y la fertilidad de la panícula. El segundo componente, lo caracterizó la longitud de la lámina de la hoja bandera, longitud de la semilla, ancho de la semilla y el ángulo del ápice del grano de la panícula. El rendimiento, la densidad de la panícula, la longitud y el ancho de la lámina foliar, caracterizan el tercer componente. El cuarto componente principal está explicado por el hábito de crecimiento, tamaño de la arista, tipo de aristado y desgranado de la panícula. El quinto componente está caracterizado por cinco variables, que contribuyen a explicar la variabilidad observada en un 10.56% (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Contribución de las variables en los componentes principales (C1, C2, C3, C4, y C5).

Características/Componentes principales	C1	C2	C3	C4	C5
Días a floración	0. 3639				
Hábito de crecimiento				0. 3236	
Capacidad de macollamiento					
Long. de la lámina de la hoja bandera	0. 3862				
Ancho de la lámina de la hoja bandera			- . 4423		
Long. de la lámina foliar			- . 3718		
Ancho de la lámina foliar	0. 3002				
Días a madurez	0. 3359				
Altura de la planta	0. 3241				
Tamaño de las aristas				0. 3236	
Tipo de aristado de las semillas				0. 3410	
Longitud de la semilla		- . 3566			
Ancho de la semilla		- . 3248			
Densidad de la panícula			0. 3918		
Exerción de la panícula					
Longitud de la panícula					
Fertilidad de la panícula	0. 3139				
Desgranado de la panícula.				- . 3833	
Ángulo del ápice del grano de la panícula		0. 4971			
Rendimiento en kg/ha.				0. 3899	
Índice de área foliar.			- . 3083		

Se realizó el análisis de conglomerados para hacer la clasificación por grupos de las líneas y explicar mejor la variabilidad presente en las líneas en estudio. El análisis realizado por la varianza mínima de Ward (1967), que incluyó las variables evaluadas en el análisis de ACP, sirvió de referencia para la formación de los grupos en el análisis de conglomerados.

El análisis de varianza mínima de Ward, indica que las líneas en estudio forman cuatro grupos. El grupo 1 formado por 13 líneas que representa el 22.81%. El grupo 2 es el que agrupa el 31.58%, representado por 18 líneas. El grupo 3, agrupa el 19.30%, que corresponde a 11 líneas y el grupo 4 con 15 líneas, y porcentaje del 26.32% (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Distribución de la frecuencia y porcentajes de los grupos de acuerdo al análisis de varianza mínima de Ward (1967).

Grupo	Frecuencia	Porcentaje
1	13 líneas	22.81 %
2	18 líneas	31.58 %
3	11 líneas	19.30 %
4	15 líneas	26.32 %

Los datos morfológicos para las 57 líneas de arroz fueron analizadas por la distancia euclidiana del análisis de SAS, que dio como resultado un índice de correlación cofrenético de 0.40, índice adecuado para el número de variables evaluadas en las líneas para datos morfológicos.

Según la matriz generada (Anexo 26), se observa que las distancias cercanas a cero, representan similitud, la menor distancia entre las líneas la presentó la línea 14 y 15, con un valor de 0.27, líneas procedentes del mismo cruce, acervo genético CNAIRAT-P. La mayor distancia se obtuvo por las líneas 1 y 54, con valor de 3.94.

El análisis de conglomerados originó el dendograma (Figura 15), de clasificación de las líneas evaluadas. De acuerdo al dendograma se forman dos grupos genéticos, éstos a su vez se dividen en otros subgrupos para mejor comprensión se detalla a continuación:

**Grupo A** representado por el grupo **A1 y A2**. El grupo **A1**, constituido por 4 líneas, como línea 33 (progenitor), línea 34, 44, 56 y en **A2**, con las líneas 35, 37, 38, 36, 39 procedentes del cruce FLAR 135, 144,145,138 y 146, líneas 52, 54, 55 utilizadas como testigo, línea 53 y 33 progenitores y las líneas avanzadas línea 45 y 49.

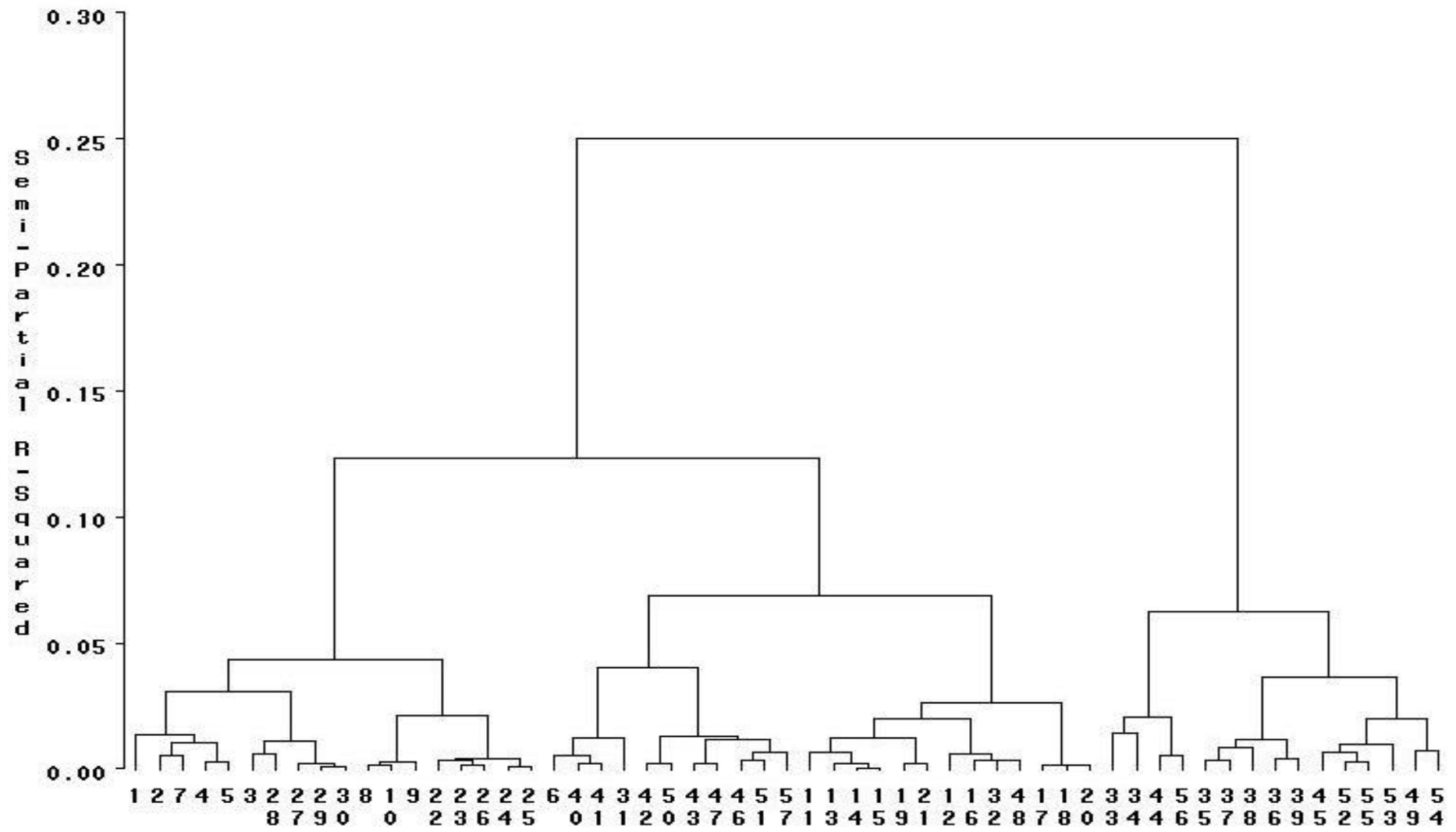
**Grupo B**, que contiene a los grupos **B1, B2 y B3**, los cuales se dividen en

Grupo **B1**, se pueden observar 18 líneas, las cuales se subdividen en dos subgrupos, el subgrupo **B1.1**, se constituye por 10 líneas, como las líneas 1, 2, 7, 4, 5, 3, que proceden del cruce CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT y las líneas 28, 27, 29, 30, correspondientes al cruce LLANO 5/ ANAYANSI L-2.

El segundo subgrupo **B1.2**, formado por las líneas 8, 10, 9 correspondientes al cruce CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT y las líneas 22, 23, 26, 24, 25 que derivan del cruce LLANO 5/ANAYANSI L2.

En el grupo **B2** representado por 11 líneas, las cuales se subdividen en dos subgrupos, el subgrupo **B2.1** constituido por 4 líneas, entre ellas, línea 6 procedente del cruce CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT, las líneas 40 y 41 provenientes del cruce Chi 3-30-171 y Chi 3-30-172 y la línea 31 que corresponded a un testigo.

El segundo subgrupo **B2.2**, representado por 7 líneas, como líneas 42, 43, 46 que derivan del cruce Chi 3-30-200, 201 y 157, las líneas 50, 51, 57 y la línea 47, es progenitor de las líneas 50 y 57.









El grupo **B3** formado por 13 líneas, las cuales se subdividen en dos subgrupos. El subgrupo **B3.1**, constituido por las líneas 11 y 12 procedentes del cruce DO2F2), las líneas 13, 14, 15 que derivan del cruce D39F2, las líneas 19 y 21 correspondientes al cruce VIOAL3189/ANABEL, línea 16 del cruce D64F2) y los progenitores, línea 32 y 48.

El subgrupo **B3.2**, formado por las líneas, 17, 18, 20 que derivan del cruce VIOAL3189/ANABEL.

Se observa claramente la formación de cuatro grupos diferentes, el grupo A, constituidos principalmente por las líneas procedentes de los cruces FLAR, las variedades comerciales, utilizadas como testigos y dos progenitores, Surinam 70 y Anabel.

El patrón de agrupamiento tiende a mantener juntas a todas las líneas procedentes de la selección recurrente con excepción de la línea 6 y a todas las líneas procedentes del cruce LLANO5/ANAYANSI L2.

De acuerdo a la agrupación del subgrupo B2, todas las líneas denominadas Chi pertenecen a este grupo, más un progenitor.

El grupo B3 agrupa las líneas procedentes del cruce DO2F2, D39F2, y VIOAL3189/ANABEL, y dos progenitores, Anayansi L2 y Cica 8.

Cabe resaltar que las líneas que derivan del progenitor ANAYANSI L2 pertenecen al grupo B1 y el progenitor ANAYANSI L2, pertenece al grupo B3. De la misma manera las líneas procedentes del progenitor ANABEL pertenecen al grupo B3 y el progenitor ANABEL al grupo A1. Se podría decir que, las líneas procedentes de los cruces en mención podrían tener mayor asociación con las características de los otros progenitores, pero no se presentan en el estudio.

#### **4.3. Caracterización molecular con marcadores AFLP's**

Para la caracterización molecular, se inició con la extracción de ADN, digestión/ligación, preamplificación y amplificación de las 5 líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético, 5 progenitores y 2 variedades comerciales (Anexo 1 y 2), para las cuales, los resultados son los siguientes.

### **4.3.1. Resultados de aislamientos y concentración de ADN**

Para realizar el aislamiento de ADN, se utilizó el método de minipreparaciones-CTAB, con el cual se obtuvo suficiente ADN, a partir de un fragmento de 1.5 cm de hojas liofilizadas. Se realizó la extracción por duplicado de las 12 líneas de arroz. Se utilizaron las muestras que presentaron mayor concentración de ADN, comparadas con el marcador de peso molecular conocido (100 µg/ml).

#### **4.3.1.1. Descripción del polimorfismo revelado**

En el cuadro 6 se presentan las combinaciones “enzima-primers” utilizadas en la amplificación, dando como resultados, un promedio de 36 bandas amplificadas por muestra. Del total 177 bandas fueron polimórficas. El promedio obtenido de bandas polimórficas por combinación fue de 22.12.

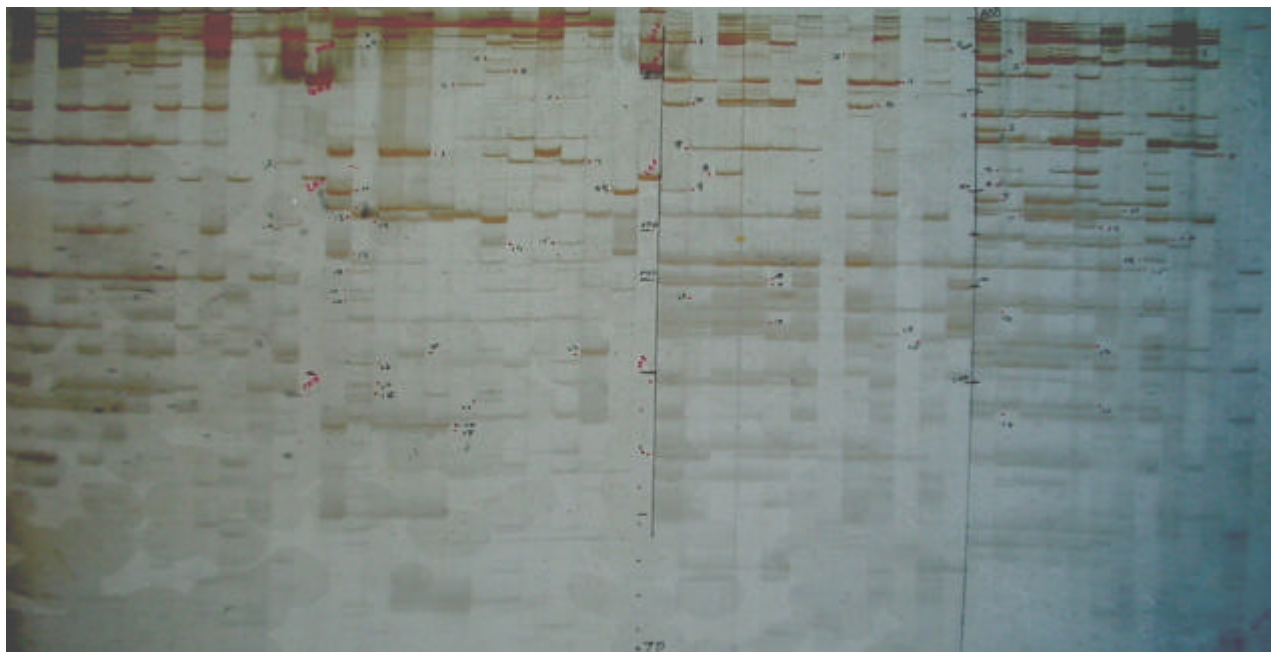
La combinación “enzima-primer” EAAG/MCTA, amplificadas en un rango de 135-675 pares de bases, produjo el mayor número de bandas polimórficas, y el menor número de bandas se observó en la combinación “enzima-primer” EACC/MCAA, en un rango de 170-840 pares de bases, con valores de 31 y 15, respectivamente.

El porcentaje de polimorfismo observado, osciló entre 39.47% para la combinación EACC/MCAA y 86.2% para la combinación EACT/MCAC. El porcentaje promedio de polimorfismo en las 8 combinaciones “enzima-primers” es de 61.94%. El rango total de amplificación de las bandas obtenidas fue entre 121 y 840 pares de bases.

En la figura 16 se muestra un ejemplo de amplificación para las combinaciones “enzima-primer” EACT/MCAC, EACG/MCAC, EACC/MCAA, EACA/MCAT reveladas en gel de poliacrilamida.

**Cuadro 6.** Combinaciones “enzima-primer” utilizadas, promedio de bandas amplificadas, número de bandas polimórficas, porcentaje de polimorfismo y rango de amplificación.

Combinaciones “enzima-primer”	Promedio de bandas amplificadas por muestra.	Número de bandas polimórficas	Porcentaje de polimorfismo	Rango de amplificación en pares de base
EACT/MCAC	29	25	86.20	145-840
EACG/MCAC	36	27	75.00	142-675
EACC/MCAA	38	15	39.47	170-675
EACA/MCAT	43	19	44.19	147-675
EAAC/MCAA	36	18	50.00	125-256
EAAG/MCTA	45	31	68.89	135-675
EACA/MCTC	30	21	70.00	121-700
EACC/MCAG	34	21	61.76	129-800
TOTAL		177		
PROMEDIO	36.38	22.12	61.94	



**Figura 16.** Amplificación de las combinaciones “enzima-primer” EACT/MCAC, EACG/MCAC, EACC/MCAA, EACA/MCAT, en gel de polyacrilamida al 6% con tinción de Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ).

#### 4.3.2. Matriz de distancia y dendogramas

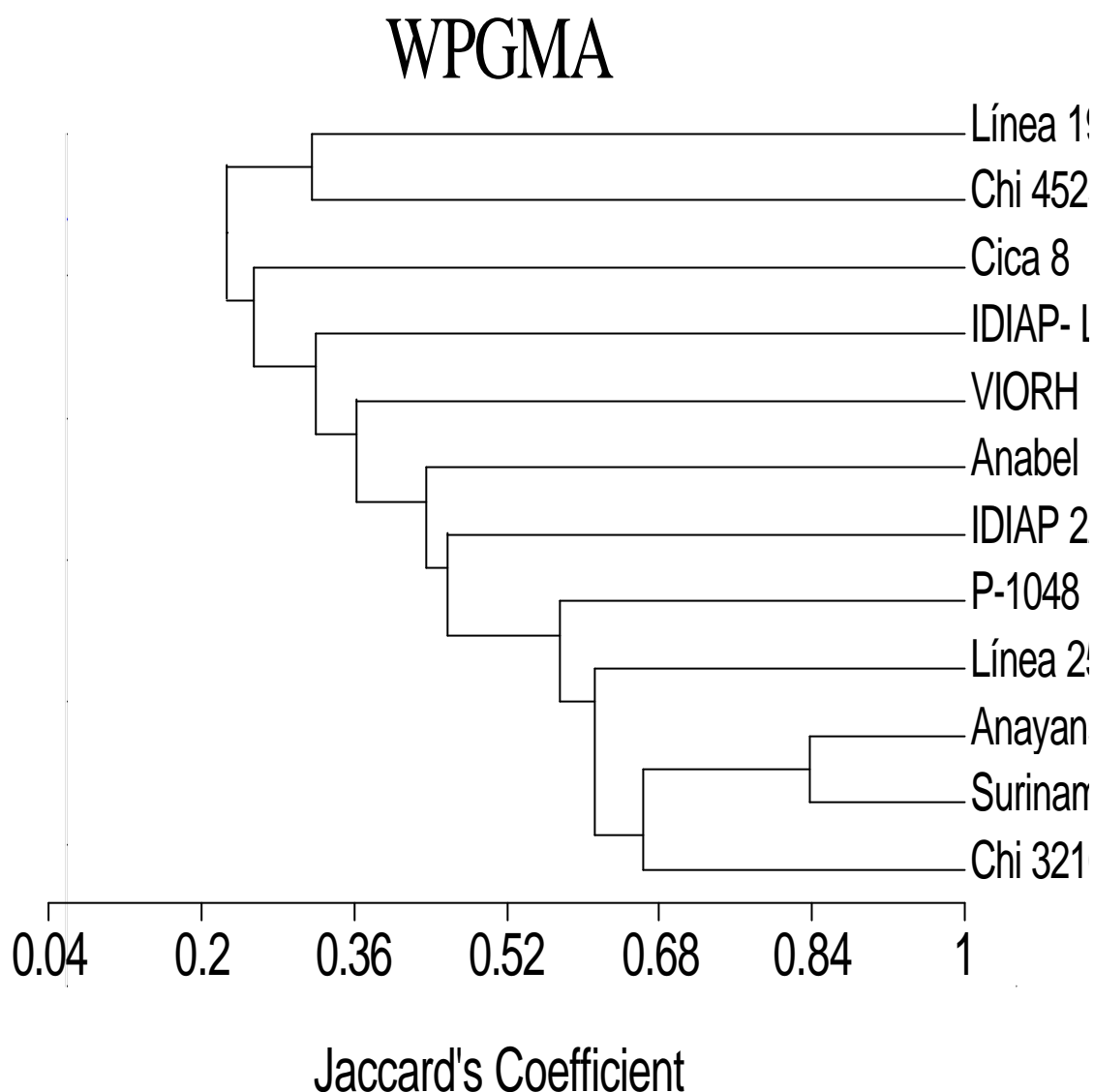
De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de similaridad, las líneas en estudio más similares son Anayansi L2 y Surinam 70, ya que sus distancias genéticas son de 0.838. Las líneas menos similares, por obtener una distancia genética de 0.165, fueron IDIAP L7 y la línea 19 (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Matriz de similaridad de 5 líneas avanzadas de mejoramiento de arroz, 5 progenitores y 2 variedades testigos, generada a partir de datos moleculares por el índice de Jaccard.

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
(1)	Chi 3210	1.000											
(2)	Cica 8	0.390	1.000										
(3)	Surinam 70	0.649	0.358	1.000									
(4)	Anayansi L2	0.676	0.390	<b>0.838</b>	1.000								
(5)	Línea 25	0.586	0.354	0.632	0.647	1.000							
(6)	IDIAP 22	0.563	0.336	0.515	0.522	0.438	1.000						
(7)	Chi 4523	0.336	0.208	0.348	0.370	0.323	0.288	1.000					
(8)	P-1048	0.565	0.395	0.600	0.582	0.573	0.425	0.350	1.000				
(9)	Anabel	0.476	0.301	0.470	0.489	0.450	0.421	0.336	0.437	1.000			
(10)	Línea 19	0.344	0.240	0.356	0.378	0.352	0.297	0.316	0.393	0.309	1.000		
(11)	VIORH 38	0.342	0.269	0.323	0.336	0.362	0.343	0.200	0.369	0.371	0.211	1.000	
(12)	IDIAP L7	0.270	0.208	0.287	0.281	0.268	0.310	0.217	0.282	0.297	<b>0.165</b>	0.342	1.000
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

En el dendograma WPGMA generado por el índice de Jaccard, (Figura 17), se observa que las líneas estudiadas conforman dos grupos, uno de ellos (grupo **A**) compuesto por la línea 19 (10) y Chi 4523 (7), con un coeficiente de Jaccard de 0.31, y el segundo grupo (grupo **B**) formado por las restantes líneas de estudio. En este segundo grupo se presenta la formación de un subgrupo (**B.1**), conformado por 5 líneas, línea 25 (5), Anayansi L2 (4), Surinam 70 (3), Chi 3210 (1) y P1048 (8).

Los datos moleculares también fueron analizados, por los índices de diversidad de Nei y Li (1979) y Dice (datos no presentados), dando resultados consistentes, ya que conservó la misma estructura de agrupamiento en los dendogramas, obtenidos por el índice de Jaccard, lo cual demuestra que no hubo un efecto del índice utilizado. El índice cofrenético obtenido en los análisis fue de 0.95, explicando que el agrupamiento es consistente.



**Figura 17.** WPGMA dendrograma del agrupamiento de 5 líneas avanzadas de arroz, 5 progenitores y 2 variedades testigos del proyecto de mejoramiento genético de arroz de Panamá, según la matriz de distancia y similitud de Jaccard.

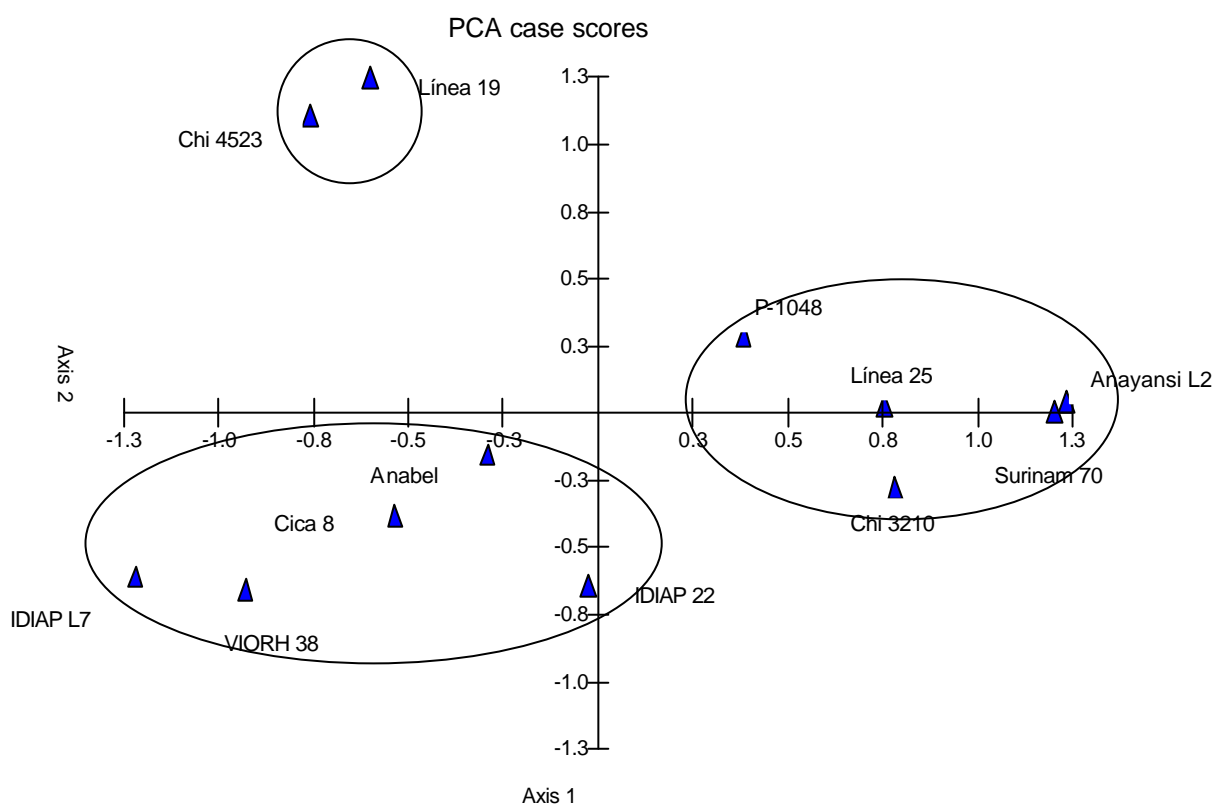
### 4.3.3. Componentes principales

Este análisis explica la variabilidad, en los dos primeros componentes. Es el primer eje o componente que explica el 23.12% de la variabilidad de los datos el segundo componente explica el 12.59%, el 72.74 % de la variabilidad total se explica por seis componentes. Se alcanza el 100% de esta variabilidad en el eje o componente 11, según este análisis (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Matriz de valores y vectores propios, proporción absoluta y acumulada que explican el análisis de los componentes principales, de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos, según datos moleculares.

Componentes Principales	Valor propio	P. Absoluta	P.Acumulada
Componente 1	8.31	23.12	23.12
Componente 2	4.52	12.59	35.71
Componente 3	3.91	10.88	46.59
Componente 4	3.45	9.62	59.21
Componente 5	2.98	8.30	64.51
Componente 6	2.95	8.22	72.74

Mediante el Análisis de Componentes Principales, se generó una proyección de la variabilidad encontrada con los 177 marcadores moleculares, (Figura 18).



**Figura 18.** Proyección de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos de arroz del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP, por el análisis de componentes principales.

La distribución gráfica de los grupos en función de las variables utilizadas, el componente 1, indica la separación de dos grupos principales, el primero compuesto de tres progenitores y dos líneas. Esta agrupación puede estar fundamentada en que la línea 25 y Chi 4523, tiene como

uno de sus progenitores a Anayansi L2 . La línea Chi 4523, tiene como progenitor a Surinam 70, el cual pertenece a este grupo.

El segundo grupo mantiene juntas a dos líneas hermanas, IDIAP L7 y VIORH 38, a dos progenitores y una línea promisoría que no se asocia con los progenitores de la distribución.

El tercer grupo, separa del resto a Chi 4523 y Línea 19, es importante señalar que estas dos líneas comparten un mismo progenitor ANABEL.

De acuerdo al componente 2, se explica claramente la formación de dos grupos, el primero dado por las líneas Chi 4523 y línea 19, el segundo grupo por las líneas hermanas IDIAP L7 y VIORH, dos progenitores Cica 8 y ANABEL, así como la línea IDIAP 22.

El resto de líneas, las cuales son tres progenitores, Surinam 70, Anayansi L2 y P-1048, y las líneas 25 y Chi 3210, no forman un grupo distribuido en el componente dos.

#### **4.4. Comparación de la variabilidad detectada a partir de características morfológicas y marcadores moleculares**

La comparación de la variabilidad detectada por características morfológicas y marcadores moleculares de las 12 líneas de arroz, se realizó a partir de las 12 líneas de arroz utilizadas en la etapa de laboratorio (Anexo 1 y 2), evaluadas por las 21 variables utilizadas en el análisis de grupos del acápite 4.2. Para realizar esta comparación, primeramente se analizaron las 12 líneas de arroz, a través de un análisis de componentes principales, distribución de líneas a través del análisis de conglomerados, generación de un dendograma y análisis de varianza mínima de Ward (1967). Luego se realizó una matriz de similaridad de 12 líneas de arroz, generada a partir de datos morfológicos por el coeficiente de Gower.

Según la proporción acumulada en el análisis de componentes principales, para estas 12 líneas, indica que cinco componentes principales explican el 84.72 % de la variabilidad total (Cuadro 9). Donde el primer componente explica el 31.06% de la variabilidad. El segundo componente explica el 20.64%, el 13.37% lo explica el tercer componente, el 11.27% el cuarto y el quinto componente explica el 8.38%. la contribución de las variables a cada componente se presenta en el anexo 27.

**Cuadro 9.** Matriz de valores y vectores propios, proporción absoluta y acumulada que explican el análisis de los componentes principales, de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos, según datos morfológicos.

Componentes Principales	Valor propio	P. Absoluta	P.Acumulada
Componente 1	6.52262453	0.3106	0.3106
Componente 2	4.33385650	0.2064	0.5170
Componente 3	2.80847100	0.1337	0.6507
Componente 4	2.36608560	0.1127	0.7634
Componente 5	1.76060759	0.0838	0.8472

Según el análisis de varianza mínima de Ward (Cuadro 10), las 12 líneas se agrupan en tres grupos, con porcentajes de 58.33, 25.0 y 16.67 %, para los grupos 1, 2 y 3 respectivamente, la descripción de los grupos (Anexo 28), se observa que el grupo 1 está compuesto por las líneas Anayansi L 2, Chi 4523, Cica 8, VIORH 22, P-1048, Chi 3210, Surinam 70. El grupo 2 formado por la líneas VIORH 38, Anabel, IDIAP L 7 y el grupo 3, por VIOAL3189/ANABEL-13-1-2-1-1 (línea 19), LLANO 5/ ANAYANSI L2-28-1-1-6-3. (línea 25).

**Cuadro 10.** Distribución de la frecuencia y porcentajes de los grupos de acuerdo al análisis de varianza mínima de Ward (1967), para 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos de arroz.

Grupo	Frecuencia	Porcentaje
1	7 líneas	58.33 %
2	3 líneas	25.00 %
3	2 líneas	16.67 %

Para la comparación de los datos morfológicos y moleculares, se refiere a la matriz de similitud, generada a partir de datos moleculares por el índice de Jaccard (Cuadro 7) y la matriz de similitud, generada a partir de datos morfológicos por el coeficiente de Gower (Cuadro 11).



**Cuadro 11.** Matriz de similitud de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos de arroz, generada a partir de datos morfológicos por el coeficiente de Gower

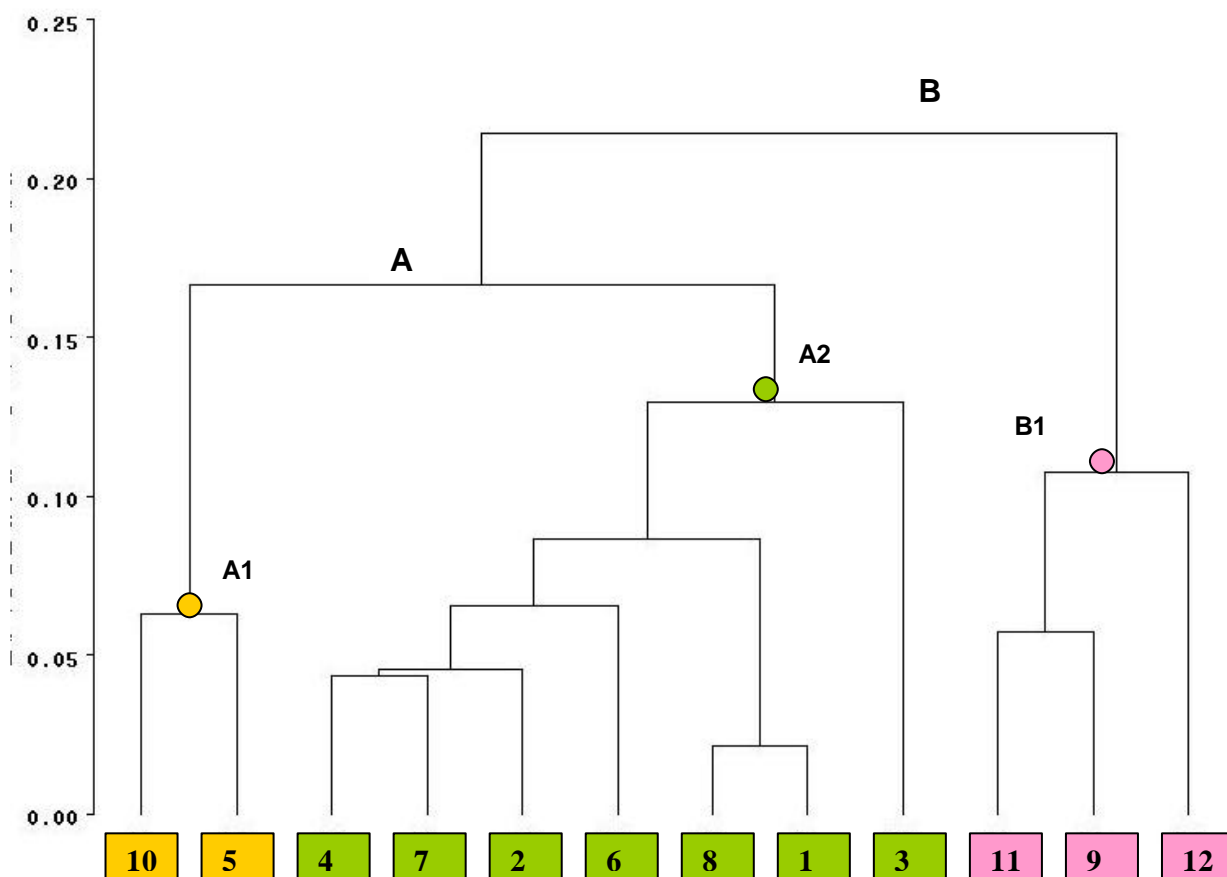
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
(1)	Chi 3210	1.000											
(2)	Cica 8	0.819	1.000										
(3)	Surinam 70	0.562	0.590	1.000									
(4)	Anayansi L2	0.788	0.837	0.598	1.000								
(5)	Línea 25	0.668	0.684	<b>0.415</b>	0.712	1.000							
(6)	IDIAP 22	0.799	0.758	0.473	0.798	0.773	1.000						
(7)	Chi 4523	<b>0.842</b>	0.808	0.556	0.833	0.692	0.829	1.000					
(8)	P-1048	0.829	0.756	0.484	0.706	0.695	0.779	0.789	1.000				
(9)	Anabel	0.716	0.755	0.454	0.723	0.671	0.713	0.744	0.783	1.000			
(10)	Línea 19	0.722	0.730	0.514	0.778	0.774	0.748	0.768	0.702	0.626	1.000		
(11)	VIORH 38	0.714	0.758	0.554	0.751	0.603	0.631	0.767	0.666	0.781	0.645	1.000	
(12)	IDIAP L7	0.636	0.681	0.503	0.713	0.535	0.588	0.668	0.549	0.682	0.554	0.807	1.000
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

De acuerdo a la matriz de Gower, las líneas más similares son Chi 3210 (1) y Chi 4523 (7), donde sus distancias genéticas son de 0.842. Las líneas menos similares son Línea 25 (5) y Surinam 70 (3), resultados que no son de concordancia con la matriz de Jaccard.

Para comparar las matrices se utilizó la prueba de Mantel y se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson. De acuerdo a esta prueba no existe correlación significativa al 5%, pero si al 10%, y con valores de Z iguales a 35.46 y 20 permutaciones. Es decir, hay compatibilidad al 90%, con cierto grado de correspondencia.

El dendograma (Figura 19), realizado con los datos morfológicos de las doce líneas caracterizados molecularmente, presenta dos grupos (**A** y **B**), éstos a su vez forman tres subgrupos para las líneas (**A1**, **A2** y **B1**). Cabe mencionar que el progenitor Surinam 70 se separa de las líneas del grupo **A2** al que corresponde. Al comparar el dendograma WPGMA (Figura 17) de los datos moleculares para las mismas 12 líneas, se observa que el dendograma WPGMA presenta un agrupamiento diferente, ya que forma dos grupos y un subgrupo, y para el caso de Surinam 70, no se separa como se aprecia en el dendograma de datos morfológicos. Se puede indicar que la posibilidad de concordancia en los dos dendogramas se presenta en posición de las líneas 11, 9 y 12, que en caso de la figura 17, pertenecen al grupo **B** donde están ubicados muy cercanos y en la figura 19 conforman el grupo **B1**.

La conformación de los dos dendogramas es diferentes, por tanto es difícil visualizar a las líneas.



**Figura 19.** Dendrograma de agrupamiento de 5 líneas avanzadas, 5 progenitores y 2 variedades testigos del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP por características morfológicas.

#### 4.5. Descripción morfológica y molecular de líneas promisorias y progenitores

Para la descripción morfológica entre líneas promisorias (Chi 3210, Chi 4523 e IDIAP 22) y progenitores (Anabel, Surinam 70, Anayansi L2, P-1048 y Cica 8) se consideraron 28 características cualitativas y 10 cuantitativas, rendimiento en kg/ha y 4 evaluaciones de calidad de grano, comparándolas con los testigos (Anexos 29 y 30). Se utilizarán las distancias genéticas generadas por los datos morfológicos y moleculares, presentadas en el cuadro 12.

Del total de las características cualitativas de la línea promisoría Chi 3210, al compararlas con el total de características de cada uno de sus progenitores, presenta características asociadas con el progenitor Cica 8 en un 75%, con el progenitor Anayansi L2 un 50% y con Surinam 70 el 35.71%. Existe un 7.14% de la variabilidad que se separa de las características evaluadas en cada progenitor, ellas fueron color del estigma y color de la base del tallo.

De igual manera al comparar el total de características cuantitativas, tanto de la línea y de los progenitores, se asocia el 40% con el progenitor Anayansi L2, y porcentajes iguales del 30%, con Surinam 70 y Cica 8. El 20% de las características no presentan asociación.

La línea promisoría Chi 3210, presentó mayor rendimiento en kg/ha respecto a sus progenitores, de igual manera a los rendimientos de los testigos VIORH 38 e IDIAP L7. En rendimiento de molinería y porcentaje de granos enteros, los valores son más similares al progenitor Cica 8. En relación al centro blanco del grano, la línea Chi 3210 presentó igual calificación que el progenitor Anayansi L2, inferior al testigo Oryzica 1, pero dentro de los rangos aceptables de calidad. La temperatura de gelatinización fue de alta a intermedia, similar con el progenitor Surinam 70, iguales a las temperaturas de los testigos comerciales Idiap L7 y VIORH 38, pero diferente al testigo de calidad culinaria Oryzica1.

En relación al coeficiente de Gower (Cuadro 12), para datos morfológicos. La mayor similaridad de la línea promisoría Chi 3210, es con respecto al progenitor Cica 8, con coeficiente de 0.819 y la menor similaridad con el progenitor Surinam 70, con 0.562.

De acuerdo a los datos moleculares obtenidos para la línea promisoría Chi 3210, y los progenitores (Cuadro 12), se presenta que la distancia genética mas cercana es con respecto al progenitor Anayansi L2, con índice de similaridad de 0.676, y la más lejana de 0.390 con respecto al progenitor Cica 8.

La matriz del cuadro 12, muestra a las dos matrices sobrepuestas utilizadas para el análisis de correlación, los datos colocados arriba de la diagonal corresponden a las distancias genéticas a partir de los datos morfológicos con referencia a la fila superior, para su interpretación. Bajo la diagonal se ubican las distancias genéticas a partir de los marcadores moleculares, con referencia a la fila inferior.

**Cuadro 12.** Matriz generada de los datos morfológicos y datos moleculares sobrepuestas.

	Morfológico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Chi 3210	1	0,342	<b>0,165</b>	0,297	0,282	0,170	0,310	0,268	0,281	0,287	0,208	0,270	IDIAP L7	12
2	Cica 8	0,819	1	0,211	0,371	0,369	0,200	0,343	0,362	0,336	0,323	0,269	0,342	VIORH 38	11
3	Surinam 70	0,562	0,590	1	0,309	0,393	0,316	0,297	0,352	0,378	0,356	0,240	0,344	Línea 19	10
4	Anayansi L2	0,788	0,837	0,598	1	0,437	0,336	0,421	0,450	0,489	0,470	0,301	0,476	Anabel	9
5	Línea 25	0,668	0,684	<b>0,415</b>	0,712	1	0,350	0,425	0,573	0,582	0,600	0,395	0,565	P-1048	8
6	IDIAP 22	0,799	0,758	0,473	0,798	0,773	1	0,288	0,323	0,370	0,348	0,208	0,336	Chi 4523	7
7	Chi 4523	<b>0,842</b>	0,808	0,556	0,833	0,692	0,829	1	0,438	0,522	0,515	0,336	0,563	IDIAP 22	6
8	P-1048	0,829	0,756	0,484	0,706	0,695	0,779	0,789	1	0,647	0,632	0,354	0,586	Línea 25	5
9	Anabel	0,716	0,755	0,454	0,723	0,671	0,713	0,744	0,783	1	<b>0,838</b>	0,390	0,676	Anayansi L2	4
10	Línea 19	0,722	0,730	0,514	0,778	0,774	0,748	0,768	0,702	0,626	1	0,358	0,649	Surinam 70	3
11	VIORH 38	0,714	0,758	0,554	0,751	0,603	0,631	0,767	0,666	0,781	0,645	1	0,390	Cica 8	2
12	IDIAP-L7	0,636	0,681	0,503	0,713	0,535	0,588	0,668	0,549	0,682	0,554	0,807	1	Chi 3210	1
		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Molecular	

La línea promisoría Chi 4523, presenta un 57% de las características cualitativas totales asociadas con el progenitor Anabel, un 54% con P-1048 y el 29% de las características presenta características diferentes con los progenitores.

Las características que difieren respecto a los progenitores son: color del estigma, posición de la hoja bandera, velloidad de la lámina foliar, color de la lámina foliar, tamaño de las aristas, tipo de aristado, color de las glumas y desgranado de la panícula.

El 30% de las características cuantitativas, se asocian al progenitor P-1048, y el 10% al progenitor Anabel. Un 20% de las características de la línea promisoría comparten entre ambos progenitores, un 30% no presenta asociación.

Respecto al rendimiento en kg/ha, Chi 4523 presentó mayor rendimiento que ambos progenitores y los testigos (Cuadro 2). En el rendimiento de molinería el porcentaje fue similar al progenitor P-1048, pero inferior al testigo. El porcentaje de granos enteros fue mayor que los progenitores y testigo. El centro blanco del grano y la temperatura de gelatinización fue de intermedia a alta, se mostraron similares al progenitor Anabel e inferior al testigo, pero dentro de la escala aceptable.

De acuerdo al coeficiente de Gower los valores se presentan cercanos, 0.789 con el progenitor P-1048 y 0.744 con Anabel, en la matriz de similaridad generada a partir de los datos morfológicos.

De manera similar, las distancias genéticas presentadas en la matriz generada por los datos moleculares, tienen valores de 0.350 con el progenitor P-1048 y 0.336 con Anabel, se observa mayor similitud con el progenitor P-1048 (Cuadro 12).

Del total de las características cualitativas evaluadas para la línea Idiap 22, comparte el 75% de las características con el progenitor Anayansi L2 y con el progenitor P-1048 el 57%. Un 14% de las características, como ángulo del ápice del grano, color de la lámina foliar, color de la base del tallo y posición de la hoja bandera, fueron diferentes con respecto a los progenitores.

Para las características cuantitativas, se asocia el 60% del total de las características de la línea con el progenitor Anayansi L2 y el 30% con P-1048, el 20% fueron diferentes con respecto a los progenitores, entre ellas, ancho de la lámina foliar y altura de planta.

La línea promisorio Idiap 22, presentó un rendimiento de 10574.4 kg/ha mayor que los progenitores y los testigos. El rendimiento de molinería fue similar al progenitor P-1048, pero no mayor al testigo Oryzica 1. En cuanto al porcentaje de grano entero fue mayor que los progenitores y el testigo Oryzica 1. El centro blanco del grano fue igual a los dos progenitores, pero en escala inferior al testigo. La temperatura de gelatinización fue baja, similar al progenitor P-1048 y al testigo Oryzica 1.

A partir de la matriz de similitud con los datos morfológicos, los coeficientes para el progenitor Anayansi L2 fueron de 0.798 y para P-1048 de 0.779. Los coeficientes de similitud, a partir de los datos moleculares, indican 0.522 para el progenitor Anayansi L2 y 0.425 en P-1048, con respecto a la línea promisorio. En ambas matrices se observa más similitud con el progenitor Anayansi L2 (Cuadro 12).

Cabe resaltar que se observa una expresión del vigor híbrido en las líneas promisorias respecto al promedio de los progenitores y éstos a su vez respecto a los testigos.

## 5. DISCUSIÓN

El flujo de germoplasma de arroz introducido en los ensayos de observación en Panamá, iniciaron entre 1984 y 1985 procedentes del Programa de Arroz del CIAT, a través del Proyecto Colaborativo IDIAP/FCA-UP/CIAT, junto con los ensayos del Vivero de Observación de Arroz para América Latina de 1986. Estos materiales fueron sometidos a evaluaciones en varios sitios de la República de Panamá, en los ecosistemas de riego y secano favorecido. La selección de líneas por su comportamiento agronómico, rendimiento, opacidad del endosperma y enfermedades, principalmente a *Piricularia oryzae* (Gaona *et al.*, 1992). Por tal razón la mayor parte del germoplasma manejado en el Proyecto de Mejoramiento de Arroz del IDIAP, tiene líneas avanzadas que proceden de un número reducido de progenitores. En general en América Latina, el mejoramiento del arroz de riego ha dependido de un núcleo genético principal compuesto por 12 cultivares (Cueva-Pérez *et al.*, 1992).

En Panamá como parte del proceso de selección de materiales superiores se realizan evaluaciones morfológicas y agronómicas; además se hace necesario realizar descripciones varietales de las líneas próximas a ser liberadas al productor, para tener un registro de características que indiquen diferencias, similitudes, así como las ventajas y desventajas de cada material fenotípico; de acuerdo a la respuesta a prácticas de cultivo y ecosistemas donde se recomienden cultivar.

Las líneas de arroz utilizadas en el estudio, se consideran para el cultivo en ecosistemas bajo riego por lo que requiere cumplir con una arquitectura de plantas adecuadas para ser consideradas como variedades de arroz de riego.

### 5.1. Variabilidad en características cualitativas

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo, que muestra un patrón común en el tiempo, que puede variar ligeramente dependiendo de las características genéticas de la planta o la influencia del ambiente (Fernández *et al.*, 1985).

Con respecto a la variabilidad en la característica de hábito de crecimiento (Anexo 13), las líneas de arroz mostraron mayor tendencia, con el 70.39%, a plantas con hábitos de crecimiento erecto e intermedio, cuyos ángulos de abertura están entre los 10 y 30° con respecto a una línea perpendicular imaginaria que pasa por centro de la planta (Muñoz *et al.*, 1993).

Lo anterior indica que la característica deseable busca disminuir la competencia entre plantas, pero a la vez aumentar los rendimientos. Una planta de arroz que tenga un ángulo de abertura

el 65° o más, ocupa más espacio en el suelo y se hace más competitiva, pero desde el punto de vista fotosintético sería menos eficiente debido al autosombreamiento (Diarra *et al.*, 1985).

La característica deseable para variedades de riego sería tener plantas con hábito de crecimiento erecto. Entre las líneas que presentan esta cualidad, se pueden mencionar las líneas que proceden del acervo genético CNAIRAT P, como 1, 2, 3, 6, 8 y 9; la línea 16, las líneas que proceden del cruce VIOAL3189/ANABEL, serían 17, 18, 20 y 21, y las líneas procedentes del FLAR: 34, 35, 36, 37 y 39, y las líneas 44 y 49 (Anexo 1).

El mayor número de macollas o hijos permite una alta capacidad de competencia y así mismo se espera que un mayor macollamiento asegure una buena producción de panículas al final de la fase reproductiva (Montealegre y Vargas, 1992). Esta capacidad es una característica muy importante que debe poseer cada línea seleccionada, permite reducir las labores de cultivo al cerrar los entresurcos y se incrementa la cosecha al aumentar el número de panículas por unidad de superficie. De acuerdo a los resultados las líneas 29 y 54 (IDIAP L-7) presentaron la mayor capacidad de macollamiento. La línea 54 representa un testigo de alto rendimiento en el estudio y es utilizado en Panamá como una variedad comercial del sistema de riego. De igual forma la línea 55 (Oryzica 1), es un testigo de alto rendimiento de molinería, el cual presentó buena capacidad de macollamiento. Solo la línea 29 superó la capacidad de macollamiento de estos dos testigos. El macollamiento alto no produce crecimiento excesivo de la planta ni el sombreado entre plantas cercanas (Jennings *et al.*, 1981), para variedades de riego se consideró conveniente que las plantas posean más de 16 hijos (Chatel *et al.*, 1997).

La variabilidad presentada en la coloración del ápice que forman la lema y la palea, lámina foliar, vaina de la hoja, nudo, entrenudo y base del tallo, tiene la mayor tendencia a coloraciones verdes. La coloración de las plantas de arroz se les ha restado importancia, debido a que ellas pueden variar en intensidad, en localización, y en el manejo de la fertilización. Solo se han utilizado para la identificación varietal o trabajos de taxonomía, los mejoradores no prestan mucha atención a estas características para realizar una selección (Jennings, *et al.* 1981). Específicamente para la característica del color de lámina foliar, recientemente, con el lanzamiento de la variedad Fedearroz 50 en Colombia, con color verde oscuro en la lámina de la hoja se observó una correlación entre las hojas pálidas y una senescencia temprana, en tanto que las coloraciones verdes oscuras presentan correlación con la senescencia tardía (Jennings, *et al.*, 2002). Mengliang, (2001) citado por Jennings, *et al.*, (2002), señala que en algunas investigaciones pioneras, aunque exploratorias realizadas en China, relacionan la permanencia verde con el potencial de rendimiento.

Bajo estos resultados, las líneas que presentaron coloraciones verde oscuras fueron el progenitor Surinam 70, líneas 44, 50 y 57. Es importante señalar que las dos últimas líneas presentaron los mejores rendimientos en kg/ha.

Con respecto a la coloración del ápice del grano apical de la panícula y las glumas fértiles, la tendencia fue al color pajizo. El color básico del arroz es pajizo o dorado. La cáscara de color pajizo, es muy común en las variedades comerciales. El color de la cáscara no afecta el rendimiento del grano y no es una característica importante para selección (Jennings *et al.*, 1981). En los análisis de calidad de arroz paddy, tener una descripción clara de la coloración del ápice y las glumas fértiles, es de gran ayuda para diferenciar posibles contaminaciones con malas hierbas comunes en el cultivo arroz como el arroz rojo, específicamente con los rojos varietales que son los más difíciles de diferenciar, sin restar importancia a los rojos pipones, mechudos y rayones, que presentan diferentes pigmentaciones.

El color del estigma en las líneas presenta una mayor tendencia al color blanquecino. Las plantas que presentan esta coloración blanquecina tienen mayor tendencia a coloraciones verdes en su ápice, vaina, nudo, entrenudo y tallo. Los estigmas de coloración púrpura, tienen tendencia a presentarse en plantas que hayan presentado coloración púrpura en algunas de sus órganos, como en el borde de la hoja, ápice del grano, base del tallo, etc. La literatura consultada reporta la importancia de estas características en los aspectos taxonómicos, se puede considerar como descriptores morfológicos y no tanto para selección de materiales superiores.

De igual manera, la forma y color de la lígula, color de las aurículas, no tienen importancia para la selección en programas de mejoramiento, pero pueden ser útiles para diferenciar a la planta de arroz de algunas malezas comunes en estado de plántulas (González *et al.*, 1985). La mayor tendencia de las líneas fue al color blanquecino en la lígula y las coloraciones púrpuras se observan asociadas a la presencia del color púrpura en algún órgano de la planta. El color de las aurículas presentó fuerte tendencia al color crema, y se observó que el progenitor Surinam 70, no presentó aurículas.

En cuanto a la pubescencia de las glumas y la vellosidad de la lámina foliar se observó mayor tendencia a plantas con pubescencia en las glumas y vellosidades en la lámina foliar y menor tendencia a glumas lisas con láminas lisas. Según Jennings *et al.* (1981), las hojas y glumas de la mayoría de las variedades del arroz son pubescentes, algunas glabras o lisas, con poco o ningún tricoma bicelular. Señalan también que ninguna variedad tiene hojas pubescentes y glumas lisas, o viceversa. En el estudio morfológico, se encontró que la línea 20



(VIOAL3189/Anabel 13-1-2-3-1), presentó una variante diferente, no pubescencia en la lámina foliar, y glumas con vellos cortos y algunos largos hacia el ápice. La característica deseable para selección es tener hojas lisas, para el cultivo de arroz altamente mecanizado. Bajo esta característica, las líneas aptas son: 1, 2, 7, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 32, 33, 41, 42, 44 y 50.

La posición de las hojas es un descriptor que tiene relevancia al momento de la selección, porque está asociado a la alta capacidad de rendimiento debido a que permiten mayor penetración y distribución de la luz dentro del cultivo, por lo tanto mayor capacidad fotosintética (Jennings *et al.*, 1981). La mayor tendencia de las líneas caracterizadas presentaron la posición semierecta tanto para la hoja bandera como para la segunda hoja. La posición semierecta está dada por un ángulo entre 11 y 40°, siguiéndole la tendencia hacia hojas erectas, que tienen ángulos entre 0 y 10°. Solo 5 líneas presentaron hojas abiertas .

Aunque no es un descriptor determinante de selección, es importante señalar que la posición de la hoja con relación a los rayos solares influye notablemente en la absorción del CO<sub>2</sub>. Por eso, hojas con ángulo erecto tienen mayor asimilación de CO<sub>2</sub> que las que tienen una posición paralela (Hernández, 1969).

De acuerdo al tipo de planta de una variedad de arroz de riego con alto potencial de rendimiento, la característica ideal son hojas erectas para una mejor distribución de la luz (Vergara, 1985) y algunas caídas (Hernández Aragón y Tavitas Fuentes, 1992). De las líneas en estudio las que presentan la hoja bandera erecta son las líneas: 17, 18, 21, 24, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 48 y 49.

El tamaño y tipo de arista del grano, en las líneas presentan la tendencia a tener granos con ausencia y pocas aristas. La presencia de arista es una característica poco deseable porque son duras, persistentes, e inconvenientes para el desgrane y la molinería. No representan una función útil, porque ocasionan desgaste de partes de la maquinaria de cosecha, así como en la maquinaria de secado. La presencia de las aristas es controlada por dos o tres genes dominantes (Jennings *et al.*, 1981). Las líneas que presentan ausencia de arista en todos sus granos son : 3, 14, 15, 17, 18, 20, 31, 33, 35, 36, 39, 40, 41, 44, 49, 52, 54, 55, 56 y 57.

Con respecto al ángulo del grano, la mayor tendencia fue hacia granos con ángulos de 11 a 40°, se observó también variabilidad para este descriptor.

Las líneas en estudio presentaron alta variabilidad, para el descriptor densidad de la panícula. La mayor tendencia fue hacia una densidad intermedia, aunque el ideal es obtener líneas con

panículas compactas y eso es considerado como característica de selección por los fitomejoradores. El porcentaje más alto para panículas compactas lo presentó la línea 10.

La ejerción de las panículas en las líneas caracterizadas fue variable porque presentaron diferentes valores en la escala para este descriptor, dentro y entre líneas. Esta variación puede estar sujeta a factores ambientales como la temperatura (Jennings *et al.*, 1981). La tendencia de esta característica fue hacia panículas bien y moderadamente emergidas, considerado como aceptable, ya que las panículas incluidas son indeseables por presentar granos vanos hacia la vaina de la hoja y presencia de decoloraciones provocadas por patógenos. El progenitor Surinam 70 presentó el mayor porcentaje de panículas parcialmente incluidas.

La fertilidad de la panícula es un requisito importante para la selección temprana. Este descriptor se presentó de manera variable en las líneas, con mayores tendencias a panículas muy fértiles, fértiles y parcialmente fértiles. Se considera que una esterilidad entre el 10 a 15%, es un rango aceptable para obtener rendimientos altos, porcentajes mayores al 15% disminuyen los rendimientos. La esterilidad puede estar dada por temperaturas extremas, volcamiento y esterilidad híbrida o incompatibilidad genética (Jennings *et al.*, 1981). Según las observaciones de campo, las líneas procedentes del acervo genético CNAIRAT P que es originada en la combinación de varios genotipos mediante cruces manuales o utilizando el gen de androesterilidad (Chatel y Guimaraes, 1995), mostraron porcentajes altos para la categoría parcialmente fértil. Quizás esta falta de fertilidad en los granos este influenciada por la segregación del gen *ms* de androesterilidad (Chatel *et al.*, 1997). Las líneas procedentes del cruce Llano 5/Anayansi L2, también presentaron porcentajes poco favorables para esta categoría.

En relación al desgrane de la panícula, la tendencia fue hacia difícil y moderadamente difícil. Las líneas 1, 35 y 36 presentaron los mayores porcentajes de desgrane para la categoría moderadamente difícil. Esta característica es de importancia económica y es uno de los principales objetivos del mejoramiento genético, porque produce pérdidas de rendimiento de grano en el campo. De acuerdo con Jennings *et al.*, (1981), esta característica también está influenciado por el medio ambiente.

## **5.2. Variabilidad en características cuantitativas**

Las evaluaciones de floración (Anexo 14) se basan en una distinción de tres clases, la clase menor a 74 días se consideran materiales precoces; entre 75 y 84 días están los de ciclo

intermedio, y por encima de los 90 días están los tardíos (Chatel *et al.*, 1997; Ortíz *et al.* 1999). Las líneas evaluadas presentaron variabilidad para esta característica. Claramente se observa que 26 líneas presentaron ciclos mayores a 90 días, específicamente las líneas que proceden del acervo genético recurrente y del cruce Llano 5/Anayansi L2. Para el ciclo intermedio se observó en 18 líneas, mayormente en los cruces denominados FLAR y Chi, en este rango se ubican la mayoría de los progenitores y líneas promisorias. Solo 13 líneas presentan ciclo corto, entre las variedades comerciales, Oryzica, IDIAP L-7 e I-863, utilizadas como testigo.

De acuerdo a los días a madurez (Anexo 19), el cual tiene una correlación alta (>90) con los días a floración, (datos no presentados) el ciclo precoz corresponde a menos de 117 días; intermedio que va desde 118 a 125 días; y tardío entre 135 a 140 días (IDIAP, 1987). Estos ciclos se presentaron en las evaluaciones, con un patrón de 30 a 35 días después de los días a floración en casi todas las líneas. De igual manera, los grupos de líneas que presentaron ciclo tardío para la floración, presentan ciclo tardío a la maduración. Es importante señalar que esta variabilidad presentada tanto para días a floración como a maduración, está sujeta a factores ambientales, dependiendo de la zona y el semestre en que se cultive una variedad de arroz (Gutierrez *et al.*, 1995), y de algunas prácticas agronómicas como la fertilización nitrogenada (Jennings *et al.*, 1981), manejo del agua, método de siembra, edad de las plantas al trasplante y las condiciones en que se desarrolló el almácigo (Hernández, 1969). Desde el punto de vista de selección por los mejoradores, la mayor parte de las variedades modernas son de ciclo intermedio, porque se les asocia con mayor rendimiento (Jennings *et al.*, 1981). Genéticamente las variedades precoces y tardías, varían por un solo gen o factores múltiples (Hernández, 1969).

En relación a la altura de planta (Anexo 20), se observa que las líneas procedentes de la selección recurrente así, como las líneas del cruce Llano 5/Anayansi L2, presentan el grupo de líneas con tendencia a plantas con mayor altura respecto al resto. La clasificación por altura de planta puede ser arbitraria, como plantas enanas, tipo riego y tipo seco (Chatel *et al.*, 1997). Según Hernández Aragón y Tavitas Fuentes (1992), el arquetipo de planta para riego debe tener una altura entre 80 a 90 cm. La reducción de la altura de la planta está asociada a aumentar el potencial de rendimiento del arroz; así como a aumentar la resistencia al acame (Vergara, 1985; Lasso, 1992). Cabe señalar que en las evaluaciones de campo no se registró el acame de plantas, debido a que este descriptor podría estar influenciado por el constante pisoteo al momento de el registro de datos dentro de la parcela, así como la permanencia de la lámina de agua que estuvo sujeta a los diferentes ciclos de las líneas en estudio.

La longitud y ancho de la segunda hoja se presentó muy variable en todas las líneas evaluadas, como señala Jennings, *et al.*, (1981). El ancho de la hoja es menos variable, pero hay diferencias obvias entre materiales enanos y altos. Se le presta más atención al largo de la hoja respecto al sombriamiento que produzca y el ancho de la hoja está relacionado con la alta habilidad de rendimiento.

Con respecto a la longitud y ancho de la hoja bandera (Anexos 15 y 16), se presentó variabilidad para ambos descriptores en todas las líneas, de igual manera Jennings *et al.* (1981), señalan que la longitud de la hoja bandera es variable y puede ser afectada por deficiencias nutricionales y altas densidades. La hoja bandera tiene mayor relevancia para la habilidad de rendimiento por suministrar fotosíntatos a las panículas (Hernández, 1969). Se estimó el índice de área foliar (IAF) a partir de la longitud y ancho de la lámina de la hoja bandera, el cual fue utilizado en el análisis de componentes principales.

De acuerdo a la descripción de los resultados la línea 54 presentó el menor ancho de la lámina; y la línea 49 la menor longitud de la hoja (Anexo 17 y 18) y de igual manera, ambas el menor IAF, pero los rendimientos fueron superiores a las líneas que presentaron mayor longitud y mayor ancho de la hoja con IAF mayores. Estos resultados no concuerdan con lo que señala (Hernández, 1969) donde informa que cuanto mayor el IAF, mayor será la absorción de radiación solar y menor será la proporción que pasará al suelo, pero dependerá del grado de cobertura de las hojas. Se puede mencionar que la asociación con el rendimiento depende del conjunto de otros factores.

La longitud de las panículas es un indicador de la capacidad de formar florecillas y producir mayor cantidad de semillas (Montealegre y Vargas, 1992). Las líneas en estudio mostraron variabilidad para este descriptor (Anexo 23), donde la línea 1 tiene las panículas más largas, pero un bajo rendimiento con respecto a la línea 54 que presentó la panícula más corta, con una diferencia de 3122.4 kg/ha. Según Sierra y Muñoz (1985), la longitud de la panícula no presentó correlación positiva con IAF, peso de la materia seca de la raíz, altura de planta y el porcentaje de pilada. Jennings *et al.*, (1981), indican que es más relevante prestar atención a las variedades que tengan macollamiento alto con panículas cortas y macollamiento bajo con panículas largas, para tener presente la compensación entre el tamaño de la panícula y el número de hijos o macollos. Concluyen también que las características de la panícula no causan o determinan estrictamente el rendimiento.

Con relación a la longitud de la semilla se observa variabilidad entre las líneas (Anexo 21). La longitud del grano está asociado con la calidad del grano, para lo cual se prefieren que los granos descascarados estén en el rango de 6.6 a 7.5 mm (González *et al.*, 1985). La variabilidad en el ancho de la semilla tiende a semillas de 0.30 mm (Anexo 22).

Las evaluaciones de rendimiento (Cuadro 2) se analizaron utilizando un cuadrado latino incompleto, el cual tiene adecuada justificación para la evaluación de 57 tratamientos. Este diseño posee el doble control característico de los cuadrados latinos sin la restricción de que el número de repeticiones tenga que ser igual al número de tratamientos y pueden tener, en teoría, cualquier número de tratamientos (Zimmermann, 1997). Cada tratamiento aparece una vez en una columna, eliminando las diferencias automáticamente con la comparación de los tratamientos (Cochran y Cox, 1980). Las diferencias significativas de las filas, se explican por la presencia incompleta de los tratamientos en cada una de ellas.

Es importante indicar que los promedios de los rendimientos en kg/ha de las 57 líneas están sujetos a un área experimental de 1m<sup>2</sup>, debido a la magnitud de las diferentes evaluaciones morfológicas anteriormente discutidas, el rendimiento puede diferir con evaluaciones anteriores de rendimiento específicamente para los progenitores y testigos. Vega y Lasso (1990), en trabajos realizados en Panamá, señalan que dentro de diseño experimental el tamaño y forma de la parcela son los que influyen en la precisión o exactitud, y las dimensiones adecuadas pueden atenuar los efectos de la heterogeneidad del suelo, concluyen que las dimensiones que disminuyen los C.V. son las establecidas entre 4.5 a 6m<sup>2</sup> de ancho y el largo de 4 a 5 m de largo.

Los rendimientos obtenidos en este estudio y analizados mediante la prueba de Tukey indican que las líneas se pueden agrupar en 19 categorías de rendimiento, determinando mucha variabilidad para esta variable. Los mayores rendimientos fueron obtenidos por las tres líneas promisorias, línea 57, 50 y 51, superando a sus progenitores que también fueron evaluados en el estudio. Ésta diferencia con respecto a los progenitores puede explicarse por la expresión del vigor híbrido de las nuevas líneas. Los rendimientos de las líneas con denominación Chi, presentan en su mayoría, rendimientos cercanos a las variedades testigos. Dentro de las líneas del acervo genético CNAIRAT-P, se obtuvo rendimientos inferiores a los testigos, resaltando que el menor rendimiento entre todas las líneas lo presentó la línea 2 que pertenece a este grupo. Estos bajos rendimientos obtenidos pueden estar influenciados, por la segregación del gen de androesterilidad "ms", que produce plantas denominadas estériles por la poca formación de granos. Además en las observaciones de campo que no tuvieron un registro para el estudio, se observó que las líneas 3, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, presentaron plantas con la enfermedad de hoja

blanca entre 3 a 7 plantas totalmente afectadas. Esta enfermedad también fue observada, en la línea 16 con un total de 36 plantas con hoja blanca; en las líneas 18, 28,30 y el progenitor Cica 8, con un promedio de una planta enferma.

Además la línea 36 y la línea 3 (acervo CNAIRAT-P) , presentan bajos rendimiento. Para el caso de la línea 36, su bajo rendimiento puede estar asociado a que la mayoría de sus panículas presentarían un desgrane moderadamente difícil, pero específicamente esta línea presentó porcentajes de desgrane superior al 15 %.

Dentro de las líneas procedentes de las mismas cruces se puede observar variaciones en los rendimientos y entre las diferentes cruces. Según Vargas, *et al.* (2000), las variedades presentan diferencias en rendimiento altamente significativas debido en gran parte a la diversidad de su constitución genética. Otro factor a considerar en las líneas que presentaron promedios de rendimientos bajos es la interacción a la época de siembra, como señalan Páez y Rodríguez (1995), en ensayos con la variedad Araure 4, mencionan que esta variedad responde favorablemente a las condiciones climáticas de la zona en que se cultive. Podemos señalar que algunas de las variedades comerciales utilizadas en Panamá, como Oryzica 1, presenta mejores rendimientos en la época seca que en la época lluviosa, siendo sembradas en la misma localidad y manejo agronómico.

De manera similar, Reyes y Holguín (2001), mencionan que las condiciones climáticas como precipitación, temperatura, brillo solar específicamente al momento de la floración, pueden disminuir los rendimientos de las variedades de arroz, así como tener presente el ciclo vegetativo de la variedad para que la floración coincida con la época seca. De acuerdo a esto, el manejo agronómico para las 57 líneas fue igual, sin considerar que los ciclos vegetativos diferían, lo cual pudo tener influencia en los resultados obtenidos, ya que se recomienda realizar un manejo agronómico basado en los ciclos del cultivo.

Los programas de mejoramiento genético de arroz buscan variedades con alto potencial de rendimientos de grano, resistencia a piricularia y con granos de calidad deseables. La calidad del grano se puede fundamentar en un grano traslúcido, con una relación largo/ancho de 2.9, al igual que promedios de 54% de grano entero, con rendimientos de molinería de 67%, y con temperaturas de gelatinización baja. (Alvarado, *et al.*, 1997).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad de grano, el porcentaje de granos enteros para las líneas fue variable. Las líneas del acervo CNAIRAT-P no superaron el porcentaje de granos enteros de las variedades testigos y los progenitores de las líneas,

presentaron porcentajes altos de grano quebrado y grano tiza, también presentaron altos valores para la escala de clasificación del centro blanco y temperatura de gelatinización fue de intermedia a baja. De acuerdo a las características deseables de una variedad de riego, la mayoría de las líneas no cumplen con algunos de los requisitos de calidad, por presentar altos porcentajes de granos quebrados, y un grano poco traslúcido, a pesar de que sus rendimientos de molinería son adecuados. Las líneas del acervo CNAIRAT-P presentan mayormente temperaturas de gelatinización de intermedia a alta, lo que indica que tienen buena capacidad de absorción de agua, lo que significa que el grano será suelto y seco después de cocido (Viveros, 1989).

Las líneas de denominación DO2F2, presentan variabilidad en los porcentajes de granos enteros, siendo muy bajos, y altos porcentajes de grano quebrado, arrocillo. La clasificación de centro blanco presentó valores adecuados. La temperatura de gelatinización presenta una calificación favorable de intermedia a alta. Estas líneas poseen granos suaves y sueltos después de la cocción.

El cruce VIOAL3189/ANABEL, presenta variabilidad en el porcentaje de granos enteros, siendo muy bajo al comparar con las variedades testigos, se pueden considerar indeseables, ya que no alcanzan valores cercanos al 50%, además presentan altos porcentajes de grano quebrados y valores en la escala de centro blanco que van desde 2 hasta 5, donde se puede considerar como indeseable a valores 5 para los molinos, ya que tienden a quebrarse con facilidad. También presentan tendencia a granos con poca absorción de agua y se espera sean pegajosos al cocinarlo, ya que a forma general presentan una temperatura de gelatinización de alta a intermedia.

Para las líneas que comparten a la línea Anabel como progenitor, las calificaciones presentadas son inferiores a los que presenta el progenitor. De igual manera, el progenitor VIOAL3189, es material parental del testigo IDIAP L7 el cual presentó los mejores rendimientos de molinería y porcentajes de grano enteros. Torres *et al.*, (2002) comentan que es posible que la recombinación de las características de progenitores estén influenciados por las condiciones climáticas de la localidad, causando un estrés durante el llenado de grano.

Las líneas procedentes del cruce Llano 5/ Anayansi L2, presentaron porcentajes adecuados y otros cercanos a 50% en el porcentaje de granos enteros, lo que indica que es una calificación adecuada. Los porcentajes de arroz quebrado, fueron bastante similares a los del testigo Oryzica 1, tienen buena calificación para grano tiza, con esto se presentan como buenas en

rendimiento de molinería, pero su calificación de centro blanco está entre 3 a 4 en la escala, lo que indica que no son granos traslúcidos, como lo requiere una variedad de riego. En general presentan buena temperatura de gelatinización, lo que puede considerarse como arroces sueltos y no pegajosos después de la cocción. Con lo antes explicado, se pueden considerar a estas líneas con características de rendimiento de molinería, aptas para variedades de riego; aunque no presenten granos traslúcidos ya que esta expresión puede estar sujeta a épocas de siembra y efectos ambientales. Holguín *et al.*, (1995) reportaron la variación observada en el progenitor IR5, en relación al centro blanco, entre distintos semestres de siembra y Jennings *et al.* (1981), mencionan que la temperatura después de la floración puede influenciar en la opacidad del grano.

Las líneas de denominación FLAR y Chi, al igual que las líneas promisorias presentaron en forma general calificaciones adecuadas para el rendimiento en molinería y centro blanco, con granos traslúcidos. Con adecuadas temperaturas de gelatinización de intermedias asociadas con altas y algunas con temperaturas bajas. Lo que indica que estas líneas tienen características deseables, para variedades de riego.

Las condiciones agronómicas para las líneas fueron iguales, lo que podemos señalar es que la lámina de agua fue mantenida hasta que se presentó la maduración total de las plantas, es decir que para las líneas que presentaron ciclos más cortos o precoces tuvieron disponibilidad del agua casi hasta su cosecha, como señalan Alvarado y Gallardo (1994), que el mantenimiento del agua estancada hasta su consumo total, no afecta el rendimiento del grano ni su calidad industrial. De esta manera se señala que los granos cosechados fueron secados al aire, colocados al sol y por precipitaciones en la localidad, se mantenían bajo techo de dos a tres días, hasta alcanzar la humedad adecuada para su almacenamiento. Es posible que variaciones en el tiempo de secado, así como la humedad del ambiente hayan influenciado en la calidad de los granos, como señalan Zeledón y Mata (1992), en trabajos con diferentes temperaturas de secado en laboratorios, que la temperatura del aire de secado afectó significativamente los rendimientos de molienda, índice de pilada, quebrado total y semolina total.

Pero, según Rojas *et al.* (1992), las características del grano dependen significativamente de los genotipos de arroz. Jennings, *et al.* (1981), señalan que la presencia y grado de centro blanco están parcialmente bajo control genético, aunque ciertos factores ambientales como la temperatura después de la floración afectan marcadamente su expresión. Similar a lo que sugiere Holguín, *et al.* (1995), que el medio ambiente influye de manera significativa en la



expresión del centro blanco, específicamente la temperatura, a lo cual añade que el endospermo sin centro blanco es dominante sobre el endospermo opaco.

### **Componentes Principales:**

En base a la importancia que se presentaron en las variables cualitativas y cuantitativas, con respecto al aporte que realizan para tomar una decisión en la selección de líneas de mejoramiento, se realizó un análisis de componentes principales. Para determinar cuales son las características que más aportan a explicar la variabilidad de las líneas en estudio.

Para explicar la variabilidad presente en las líneas de arroz en el estudio lo realizan características fenológicas como días a floración y a madurez, las características de arquitectura de plantas, ancho de la lámina foliar, altura de planta, y la fertilidad de la panícula. Este resultado indica que el ciclo vegetativo de una planta de arroz explica claramente el 31.08% de la variabilidad. De igual manera la altura de plantas y el porcentaje de fertilidad, aportan a la variabilidad del conjunto de líneas. Los resultados del análisis de componentes principales no concuerdan con resultados obtenidos por Vásquez *et al.* (2002), en una caracterización morfológica y fenológica de arroces rojos. Indican que las variables que más aportan en el primer componente principal son las relacionados con la hoja bandera y semilla.

Díaz *et al.* (1998, 2000a, 2000b), en evaluaciones de líneas de arroz procedentes de estudios de rendimiento, evaluaciones de germoplasma y caracterización morfoagronómica de arroz afirman, los aportes a la variabilidad en el primer componente están relacionados con el rendimiento.

Las características de las semillas, las dimensiones de la hoja bandera y el rendimiento contribuyen a explicar la variabilidad presentada en las líneas de arroz, según el segundo componente principal. La característica de rendimiento contribuye a explicar la variabilidad en el tercer componente, pero según los resultados en menor proporción porcentual. Debido a que los dos primeros componentes explican el 43.14 % de la variabilidad entre las líneas de arroz.

En relación a la matriz generada por las distancias euclidiana, las líneas más similares pertenecen al mismo cruce, el acervo genético CNAIRAT-P, y las más distantes fueron IDIAP L7 que es una variedad comercial y utilizada como testigo en el estudio; con respecto a la línea 1 procedente del acervo genético CNAIRAT-P, por selección recurrente.

La formación de los grupos, de acuerdo al dendograma de la figura 3, presenta que la mayor variabilidad está entre las variedades comerciales, los progenitores, las líneas promisorias y las líneas de procedencia del FLAR, con el resto de las líneas en estudio, las cuales conforman el grupo A.

De acuerdo a la agrupación generada por el método de varianza mínima de Ward (Figura 3), las líneas que conforman cada grupo presentan características cualitativas y cuantitativas que se mencionan a continuación.

Las líneas que conforman el grupo A se caracterizan en forma general por presentar ciclos precoces, hábitos de crecimiento con mayor tendencia a erectos e intermedios, con tendencia a capacidad de macollamiento buena y algunas medianas, hojas bandera y segunda cortas y más angosta que el resto de las líneas, de porte bajo, densidad intermedia para las panículas, con exertiones entre moderadas y coincidentes, panículas cortas, con mayor tendencia a panículas muy fértiles, con desgranado de difícil a moderadamente difícil, con ángulos de semillas con mayor tendencia entre 0-10°, el menor índice de área foliar y rendimientos promedios de 7737 kg/ha.

Dentro de esta rango de características se encuentran las variedades comerciales testigos utilizadas en Panamá, para el sistema de riego y el progenitor Surinam 70. En base a esto, las líneas avanzadas que lo conforman pueden ser recomendadas para seguir en las evaluaciones regionales del proyecto de mejoramiento en Panamá. Señalando que las líneas 35 y 36 presentan el mayor porcentaje de desgrane en la categoría de desgranado moderadamente difícil, lo que podría representar una desventaja comparativa, bajo los sistemas altamente mecanizados.

Se puede caracterizar a las líneas que conforman el grupo B1 como plantas de ciclo tardío, de porte intermedio, con aristas ausente a cortas en menos del 50 % de las semillas, de panículas semicompactas, de panículas largas, con panículas parcialmente fértiles, con macollamiento bueno que es entre 15 a 19 hijos por planta, con moderadas exertiones de la panícula, las cuales oscilan desde 1 a 4 cm, del nudo ciliar a la base de la hoja bandera, ángulos de granos entre de 0-10° a 11-40° y con rendimientos promedios de 6883.9 kg/ha.

El grupo B2 agrupa líneas que presentan características de ciclo precoz, de porte intermedio, granos mayormente sin aristas, con densidad intermedia para la panícula, hojas bandera y segunda hoja más largas en comparación con el resto de los grupos y hojas angostas, con

exerciones moderadas, panículas de muy fértiles a fértiles, desgranado difícil, ángulos de semillas con mayor tendencia a 11-40°, presentan los mayores índices de área foliar y los más altos rendimientos promedios de 8755.9 kg/ha.

Los rangos de características que presentan las líneas que conforman este grupo B2, proponen tener las mejores características para variedades de riego. Dentro de este rango se encuentran las tres líneas más avanzadas Chi 3210, Chi 4523 e IDIAP 22, y de forma clara la línea 6 del acervo genético CNAIRAT-P, presenta mejores características que el resto de las líneas bajo el mismo acervo genético.

El grupo B3, presenta características de ciclo intermedio, porte intermedio a alto, granos mayormente sin aristas, con densidad de intermedia a semicompacta para la panícula, hoja bandera y segunda hoja medianamente largas y hojas bandera más ancha, con exerciones con mayor tendencia moderadamente emergida, panículas con mayor tendencia a fértiles, desgranado con mayor tendencia a difícil, ángulos de semillas con mayor tendencia a 0-10° y los menores rendimientos promedios de 6605 kg/ha.

La formación de grupos está fundamentada en la variabilidad entre poblaciones de líneas que proceden de cruces diferentes. También existe variabilidad entre las líneas que proceden del mismo cruce. Las características dentro de cada cruce no son tan variables, salvo algunas líneas que comparten más características con las poblaciones de otros cruces como la línea 6, la cual procede del mismo acervo genético, pero se separa de su población recurrente, para la cual algunas características podrían estar influenciadas por el ambiente. Ésto indica que existe variación posible de medir a través de los análisis multivariados (Martin *et al.* 2000). Hidalgo (2003), menciona que el análisis de componentes principales es una herramienta útil para analizar datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar de germoplasma, además de conocer la relación existente entre las variables cuantitativas y la semejanza entre poblaciones. Este método puede contribuir a la toma de decisiones del fitomejorador en la selección de genotipos valiosos, a través de muchas características morfológicas, ya que en la mayoría de los ensayos se consideran con mayor énfasis a las características que intervienen en el rendimiento y algunos de sus componentes (Farías *et al.*, 1983). Aunque se debe tener presente que los datos morfológicos tienen una aplicación inmediata, debido a la susceptibilidad a modificaciones producidas por el ambiente, pero tampoco se puede descartar la posibilidad de detectar características estables (Segura, 2003).

### 5.3. Variabilidad genética molecular

Los resultados de la amplificación del ADN de arroz con la utilización de 8 combinaciones “enzima-primer”, fueron la obtención de 291 bandas totales, de éstas 177 polimórficas, que representan el 61%. Zhu *et al.* (1998), obtuvieron resultados de 410 bandas totales, 179 fueron polimórficas lo que representa el 44%, en 4 combinaciones “enzima-primer”. Porcentajes inferiores también fueron obtenidos por Subudhi *et al.* (1998), en trabajos con germoplasma de arroz, el fue de 33.2 %.

El promedio de bandas polimórficas fue de 22.12 por combinación, de acuerdo a esto, el promedio de bandas polimórficas obtenidas fue mayor que las reportadas por Fuentes *et al.*, (1999), con promedio de 19.25 bandas polimórficas por combinación en un análisis de la diversidad genética en variedades cubanas de arroz y mayores también que las reportas por Maheswaran *et al.* (1997), cuyo promedio fue de 10.4 bandas polimórficas en estudios con poblaciones de arroz doble haploides.

La agrupación generada por el dendograma WPGMA basado en polimorfismo de AFLP, presenta la formación de dos grupos y un subgrupo. El primer grupo (A) formado por dos líneas, línea 19 y Chi 4523, donde sus distancias son iguales. Se puede mencionar que estas dos líneas comparten el progenitor Anabel, el cual se encuentra colocado mas distante. El segundo grupo (B) está conformado por todos los progenitores y las dos variedades comerciales testigos, así como una línea avanzada, colocados a distancias diferentes.

El subgrupo formado tiene una clara agrupación, con cinco líneas, entre ellas tres progenitores, P-1048 (8), Surinam 70 (3) y Anayansi L2 (4), los dos últimos son los que presentan la mayor semejanza genética con distancia genética de 0.838. De acuerdo a Martínez y Cuevas-Pérez, (1995) Anayansi L2, proviene del cruce IR 8/NILO 1, liberada por Panamá en el año de 1977 y Surinam 70, conocida como ELONI, proviene del cruce ACORNI//KAPURI/IR454, liberada por Surinam en 1979.

Es importante señalar que tanto Anayansi L2 como Surinam 70, son variedades utilizadas como progenitores en diferentes cruza, y para el caso de este estudio son dos progenitores de la línea Chi 3210, la cual se ubica muy cerca de ambos en el subgrupo. La otra línea, que de igual manera se coloca en este subgrupo, es la líneas 25, la cual tiene como uno de sus progenitores a Anayansi L2. La formación de este subgrupo se fundamente en la afinidad de las líneas con uno de sus progenitores.

El análisis de componentes principales divide la variabilidad en dos o más componentes. Los componentes principales 1 y 2 explican el 67% de la variabilidad. De acuerdo a esto, el componente uno agrupa los progenitores P-1048, Anayansi L2, Surinam 70 y las líneas Chi 3210, Línea 25, los cuales tienen similar agrupación, con el subgrupo presentado por el dendograma WPGMA (Figura 17). De igual manera se agrupa a la línea 19 y Chi 4523, formando un segundo grupo. El resto de las líneas avanzadas, testigos comerciales y progenitores, forman un tercer grupo.

De acuerdo al componente dos, se forman claramente dos grupos, uno de ellos formado por la línea Chi 4523 y línea 19, de igual manera estas líneas forman un grupo en el dendograma WPGMA. El segundo grupo constituido por los progenitores Anabel y Cica 8, variedades testigos, IDIAP L7 y VIORH, y la línea IDIAP 22, estas líneas se colocan cercanas en el dendograma WPGMA. Pero se observa tres progenitores, Anayansi L2, Surinam 70 y P1048, líneas 25 y Chi 3210, que no presentan un grupo definida al ser analizados en el componente dos.

Al comparar la formación de grupos en el dendograma WPGMA (Figura 17), con la proyección de dos componentes principales que explican el 67% de la variabilidad, podemos señalar que existe mucha consistencia (Figura 18). En resultados de Zhu *et al.*, (1998), el análisis de componentes principales a partir de datos moleculares encontró identificación clara de tres grupos de accesiones de arroz.

También señalamos que, de acuerdo a lo generado por el dendograma WPGMA y la matriz de similaridad, a partir de la mayor similaridad entre Anayansi L2 y Surinam 70, las demás líneas, progenitores y variedades comerciales presentan distancia diferentes y más distantes.

Subudhi, *et al.*, (1998), en estudios de clasificación de germoplasma de arroz, comenta que la técnica de AFLP debe ser el método de opción en la identificación varietal genética, y los estudios de la composición del genoma en arroz, así como, en otros cultivos.

#### **5.4. Comparación entre los marcadores morfológicos y moleculares**

El procedimiento utilizado para correlacionar los datos morfológicos y moleculares, fue la generación de una matriz de disimilaridad por el coeficiente de Gower para los datos morfológicos y la utilización de la matriz de disimilaridad generada por el índice de Jaccard para los datos moleculares, las cuales fueron sobrepuesta en una sola matriz para el análisis

(Cuadro11). De acuerdo a las distancias genéticas presentadas en las matrices, las líneas que resultaron más similares en una matriz, no presentando la misma tendencia en la otra. De acuerdo a la prueba de Mantel no existe correlación significativa al 5%, pero si al 10%. Lo que permite inferir la no presencia de correlaciones estadísticamente significativas. De igual manera los dendogramas generados, presentan poca concordancia en la formación de grupos, solo para el caso de las líneas 11, 9 y 12, que guardan una posición cercana en ambas matrices. Resultados similares fueron obtenidos por Riveros *et al.* (2001), donde claramente describen una inconsistencia entre la identificación taxonómica de especies del género *Fusarium*, basada en morfología y la genética de análisis de ADN, mediante la metodología de RAPDs.

En otros trabajos realizados por Quirós Vera (2002), se acepta que existe relación entre las matrices de datos obtenidos entre la caracterización morfológica y molecular, obtenidos por la metodología AFLP's, de clones de cacao Nacional y otros orígenes de Ecuador. Resultados similares fueron obtenidos por Tapia Bastidas (1998) los cuales indicaban presencia de relaciones estadísticamente significativas entre los datos morfológicos y moleculares, obtenidos por la metodología de RAPD's, en la caracterización de una colección de *Pachyrhizus tuberosus* (LAM.) SPREG.

Se puede señalar, que para este estudio fue necesaria la caracterización morfológica, porque al no existir correlación con la caracterización molecular, la variabilidad existente entre las líneas no sería completamente explicada.

Es probable que la no correlación de los datos morfológicos y moleculares, se deba a que se utilizaron más variables cuantitativas, las cuales son más afectadas por el medio ambiente, que las cualitativas. De acuerdo a Tapia Bastidas (1998), las características cualitativas obtuvieron los mayores valores de correlación entre datos morfológicos y moleculares. Mientras que las características cuantitativas tuvieron correlaciones bajas, por tener influencia de factores ambientales.

### **5.5. Variabilidad genética entre líneas promisorias y progenitores.**

En base a los datos obtenidos en la caracterización morfológica de las líneas avanzadas y sus progenitores, se observa que la línea Chi 3210 comparte mayor asociación con su progenitor Anayansi L2 a nivel de características cuantitativas y cualitativas. De igual manera el índice de similaridad de Jaccard, presenta mayor asociación hacia el progenitor Anayansi L2. De forma diferente el índice de similaridad de Gower, asocia a la línea con su progenitor Cica 8.

La línea IDIAP 22, mostró tener mayor asociación con el progenitor Anayansi L2, tanto en las características cualitativas como cuantitativas. De manera similar el índice de Jaccard, tiene mayor valor asociado con el progenitor Anayansi L2.

La línea Chi 4523 no establece claramente asociación a un progenitor, los índices de similaridad de Gower como de Jaccard, presentan valores cercanos. Es importante mencionar que esta línea presentó los mayores rendimientos en kg/ha, así como mayores porcentajes de grano entero en el rendimiento de molinería.

En resumen, las tres líneas presentan características diferentes a sus progenitores, de igual forma presentan características favorables para considerarlas como variedades de riego.

## 6. CONCLUSIONES

- ✍✍ El uso de descriptores morfológicos y marcadores moleculares AFLP's, permitió determinar la variabilidad genética presente en 48 líneas avanzadas de arroz, 5 progenitores y 4 variedades comerciales del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP.
- ✍✍ El análisis de componentes principales para las características cualitativas y cuantitativas demostró que las características fenológicas como el ciclo de la planta, las características de arquitectura de planta como la altura de la planta, ancho de la lámina foliar y la fertilidad de la panícula explican el 31.08% de la variabilidad observada en las líneas de arroz estudiadas. El registro de los días a floración y maduración, como la altura de la planta, así como la fertilidad de la panícula se consideran como las características más discriminantes que pueden contribuir a explicar la variabilidad observada en una población de plantas en evaluaciones tempranas.
- ✍✍ Las líneas de arroz que presentaron los mejores rendimientos fueron las líneas más avanzadas del proyecto de mejoramiento, Chi 4523, IDIAP 22 y Chi 3210. Estas líneas también presentaron características de rendimiento en molinería y calidad de grano dentro de los rangos aceptables para ser consideradas como variedades para el cultivo bajo riego, de igual manera que en las características cualitativas y cuantitativas.
- ✍✍ Las evaluaciones de rendimiento de molinería y calidad de grano reflejaron que las líneas con denominación FLAR y Chi, presentan las mejores características. Debido a que presentan las calificaciones de centro blanco próximos a granos translúcidos y rendimiento molinero en los rangos superiores al 60%.
- ✍✍ Las características morfológicas clasifican a las líneas de arroz en 4 grupos. Esta agrupación demuestra claramente que existen características similares entre las líneas que proceden del mismo cruce. A excepción de la línea 6, que procede de una población de líneas de selección recurrente.
- ✍✍ La caracterización molecular mediante la técnica AFLP's, se generó a partir de la utilización de 12 genotipos y 8 combinaciones de "enzima-primer", obteniendo un 44% de polimorfismo y 22.12 bandas polimórficas promedio por combinación.



- ✍✍ La variabilidad observada mediante la caracterización molecular, permitió establecer diferencias entre los genotipos. Agrupando a dos líneas avanzadas en un grupo, Chi 4523 y línea 19. El resto de los genotipos presentaron una estructura de escalera, lo que indica que no se estableció un grupo genéticamente cercano entre las variedades utilizadas como testigos IDIAP L7, VIORH 38, los progenitores como Cica 8 y ANABEL, y la línea IDIAP 22.
  
- ✍✍ Los progenitores Anayansi L2 y Surinam 70, presentan la mayor semejanza genética de 0.838. De acuerdo a esta semejanza, sería recomendable no utilizarlos como progenitores en un mismo cruce, ya que es posible que no contribuyan a obtener progresos importantes en las descendencias en un programa de mejoramiento.
  
- ✍✍ El análisis de componentes principales a partir de los marcadores moleculares, presentan de manera similar la variabilidad existente en las líneas evaluadas a través de las distancias genéticas. Se observa claramente que los progenitores Surinam 70 y Anayansi L2 son muy semejantes, de diferente manera las dos líneas avanzadas Chi 4523 y línea 19 son las que más difieren de el resto de las líneas. Lo que indica que existe consistencia en la variabilidad de las líneas caracterizadas molecularmente.
  
- ✍✍ La prueba de Mantel permitió determinar la baja correlación entre los datos morfológicos y moleculares. Lo que indica que no existió relación entre las distancias genéticas generadas por las matrices, de igual manera se observa que la formación de grupos generados por los dendogramas presentan baja concordancia.
  
- ✍✍ Las comparaciones realizadas entre los cultivares próximos a registro y sus progenitores, establece que las líneas comparten porcentajes de sus características morfológicas con sus progenitores, de igual forma los datos moleculares establecen la cercanía hacia uno de sus progenitores. Pero existen características propias de cada línea que establecen diferencias con respecto a sus progenitores y las distancias genéticas, a nivel molecular son valores bajos. Estas líneas demostraron tener características superiores en rendimiento respecto a los progenitores y variedades comerciales utilizadas como testigos en el estudio.

## 7. RECOMENDACIONES

- ✍✍ Se recomienda utilizar las características morfológicas que discriminan entre genotipos como lista reducida de descriptores preliminares para caracterizar líneas de arroz del proyecto de mejoramiento de arroz. Para determinar el grado de variabilidad presente en la población en estudio.
  
- ✍✍ Se recomienda hacer uso de las técnicas moleculares como AFLP's para realizar estudios tempranos de la variabilidad genética de una población de plantas que sean generadas por programas de mejoramiento genético. De igual manera utilizar las técnicas en progenitores del programa. Para conocer las distancias genéticas que establecen diferencias y semejanzas entre cada uno de ellos, y así realizar de manera más eficiente las futuras cruces.
  
- ✍✍ Para realizar las comparaciones de marcadores moleculares versus datos morfológicos, mediante pruebas de Mantel u otras, en el caso de las morfológicas considerar las características cualitativas, ya que de acuerdo a la literatura consultada estas presentan menor influencia del ambiente.
  
- ✍✍ Se recomienda incluir en la caracterización de materiales próximos a registros en Panamá, la caracterización molecular, para así contribuir a una mejor descripción de las nuevas variedades liberadas para la producción comercial.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, E; Gonzalez, LG.; Carls, J. 1998. Situación institucional de los recursos fitogenéticos en América Latina y el Caribe. IICA, BMZ/GTZ. San José, Costa Rica. pp 4-9.
- Alberts, B; Bray, D; Lewis, J; Raff, M; Roberts, K; Watson, JD. 1996. Biología molecular de la célula. Tercera edición. Trad. Gracia Brozzo, Roser Pagan, Monserrat Poquet, Manuel Reina, Joseph Valero y Cenen Vilaró. Ediciones Omega, Barcelona, España. 314 p.
- Alvarado A, R; Gallardo A, I. 1994. Influencia de la época de corte de agua al arroz (*Oryza sativa* L.) sobre el rendimiento, humedad del grano y calidad industrial. Agricultura Técnica 54(3):238-242.
- Alvarado R, JR.; Hernaiz L, S; Gómez T, A; Saavedra B, F. 1997. Brillante INIA, nueva variedad de arroz con grano largo y traslúcido. Agricultura Técnica. 54(4):221-222.
- Angel, F. 2000. Marcadores moleculares usos y aplicaciones. In curso AFLP's no reactivo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- SINCHI- s/p.
- Anthony, F; Quirós, O; Phillips, W; Bertrand, B. 1995. Uso de los marcadores moleculares para la evaluación, la conservación y el uso de la diversidad genética. In Acta de la II Semana Científica. CATIE, Costa Rica, pp 267.
- Arévalo S, E.2001. Conozca cómo crecen y se desarrollan las variedades. Arroz, 50(431): 30-36.
- Arosemena, E; Jaén, M; Fernández, F. 1997. Producción de carne en varios tipos de pasturas en los Llanos de Penonomé. In Primer encuentro científico de investigadores agropecuarios. IDIAP, Panamá, pp 315.
- Arroz. 1971. El arroz. 1(1):34-42. República Dominicana.
- Balbas, P; Zapata, FB. 1989. Ingeniería genética y biotecnología.; Edit. Eva V. Chesneau, OEA , Buenos Aires, Argentina. pp 3.
- Bernal R, JH; Del Castillo R, D; Muñoz B, D. 1985. Influencia de la arquitectura de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) y algunas prácticas culturales en el rendimiento y calidad. Acta Agronómica 35 ( 1): 23-33.
- Bernal R,JH. 1971. El arroz. Arroz 1(1): 34-36. Rep. Dominicana.
- Bieberach, C; González de Alvarado, P. 1997. Intercambio de germoplasma. In Primer encuentro científico de investigadores agropecuarios. IDIAP, Panamá, pp 226.
- Biotecnología del arroz.1994. Biología molecular. Arroz en las Américas. 15 (1): 13-14.
- Camargo Buitrago, I. 2001. Proyecto de investigación y desarrollo para mejorar la competitividad del arroz en Panamá. IDIAP. pp 5.
- Cao, M.2001. Performance of autoregulatory senescence-inhibition gene in rice. Hunan Agr.Sci. and Tech. Newsletter. 2(2):1724.
- Catling, D. 1992. Rice in deep water. IRRI. Manila . Phillipines. 107 p.

- Carrasco García, JM. 1951. Compendio Arroceros Editorial GUERRI,S.A. Valencia , España, pp 25, 30.
- Center for overseas pest research. 1976. Pests control in rice. Pans manual N° 3. 2da edición. London. pp 7.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT),1979. Evaluación de la calidad del arroz. Guía de estudio. pp 21.
- Cocharan, WG.; Cox, GM. 1980. Diseños experimentales. Traducido por Colegio de Posgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura. Sexta reimpresión, Editorial Trillas. Chapingo. Mexico. pp 553-571.
- Contreras, P; Castillo, L. 1966. Degeneración de variedades y semillas de arroz. Arroz. 1 (1): 15-16.
- Cornide , MT.; Coto, O. s/f. Procesamiento e interpretación de la variabilidad genética. Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. pp 23.
- Cuevas-Pérez, F; Guimares, EP.; Berrio, LE; González, I.1992. Genetics base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean. Crop Science 32:1054-1059.
- Chatel, M; Guimaraes, EP; Ospina, Y; Borrero, J. 1997. Utilización de acervos genéticos y poblaciones de arroz de secano que segregan para un gen de androesterilidad. In Selección recurrente en arroz, Elcio P. Guimaraes ed. CIAT. Cali. Colombia. pp 125-138.
- Chatel, M; Guimaraes, EP. 1995. Selección recurrente con androesterilidad en arroz. CIAT\_CIRAD. Cali, Colombia. p 70.
- Cho, YG; McCouch, SR; Kuiper, M; Kang, MR; Pot, J; Groenen, JTM ; Eun, MY. 1998. Integrated map of AFLP, SSLP and RFLP markers using a recombinant inbred population of rice ( *Oryza sativa* L.) Theor Appl Genet 97: 370-380 .
- Diarra, A; Smith, R; Talbert, R. 1985. Growth and morphological characteristics of red rice ( *Oryza sativa* L.) biotypes. Weed Science 33:310-314.
- Díaz, S; Castro, R; Morejón, R. 2000a. Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz ( *Oryza sativa* L.). Cultivos Tropicales 21(3): 81-86.
- Díaz, S; Pérez, N; Morejón, R. 2000b. Evaluación del germoplasma de arroz ( *Oryza sativa* L.). Cultivos Tropicales 21(2): 55-58.
- Díaz, S; Pérez, N; Morejón, R. 1998 Evaluación de líneas de arroz ( *Oryza sativa* L.) procedentes de estudios superiores de rendimiento. Cultivos Tropicales 19(3): 61-63.
- Enríquez, G. 1991. Descripción y evaluación de los recursos genéticos. In Técnicas para el Manejo y Uso de los Recursos Genéticos Vegetales. Castillo, R; Estrella, J; Tapia, C. eds. Editorial Porvenir. Quito . Ecuador. pp116-160.
- Enríquez, GA. 1966. Selección y estudios de los caracteres de la la flor, la hoja y la mazorca, útiles para la identificación y descripción de cultivares de cacao. Tesis Mag. Sc. Turrialba, costa Rica. CATIE. 97p.
- Espinoza, E. 1977. Aspectos de la producción de arroz en Panamá. Arroz ( 26) 279: 18-19 .

- Falconer, DS. 1981. Introduction to quantitative genetics. Segunda edición. Londres(RU) Logman. 340p.
- Fara, E; Agudelo, G. 1993. Ahora seleccione la mejor semilla. Arroz. 42 (383): 12-14
- Farias, F; Thomas, N; Quiroga, HM. 1983. Utilización del análisis de componentes principales en la selección de líneas y variedades introducidas de Ballico anual (*Lolium multiflorum* L.). agricultura Técnica en México. 9(2):125-140.
- Fernández, F; Vergara, BS; Yapit, N; García, O. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. In Arroz, Investigación y Producción. CIAT, Colombia, pp 83-100.
- Ferreira, ME; Grattapaglia, D. 1998. Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. EMBRAPA-CENARGEN, Brasilia. pp 66-68.
- Fedearroz, 1986. El desarrollo de una variedad de arroz en Colombia. Arroz. 35 ( 343): 12-16 .
- Federación de productores de arroz en Panamá . FEDACPA. 2001. Socios. FLAR. Consultado 19 de noviembre de 2002. Disponible en [www.FLAR.org/socios\\_8htm-13K](http://www.FLAR.org/socios_8htm-13K)
- Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). Consultado. 7 septiembre 2002. Disponible en [www.flar.org/socios\\_8.htm](http://www.flar.org/socios_8.htm) - 13k -.
- Fuentes, JL; Escobar, F; Alvarez, A; Gallego, G; Duque, MC; Ferrer, M; Deus, JE; Tohme, JM. 1999. Analysis of genetic diversity in Cuban rice varieties using isozyme, RAPD and AFLP markers. Euphytica. 109:107-115.
- Gaona, J; Jaén, E; Lezcano, S; Fernández, CM; López, LO. 1992. Comportamiento y flujo de germoplasma de arroz introducido en 1986 en los ensayos de observación en Panamá. In Arroz en América Latina; Mejoramiento, Manejo y Comercialización. Federico Cuevas-Pérez ed. CIAT-IRRI. Memorias VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco, México. pp 253
- García, A; González, MC. 1997. Marcador morfológico para la selección temprana de variedades tolerantes a la sequía. Cultivos Tropicales 18(2):47-50 .
- González, D. 1997. El uso de secuencias génicas para estudios taxonómicos. Bol.Soc.Bot. México 60 : 137-157 .
- González, MC.; Gracia, A. 1997. Detección de posibles marcadores morfológicos para la selección temprana de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad. Cultivos Tropicales 18(3):87-90 .
- González Tous, DI. ; Berrío Orozco, LE; Manosalva de Nivia, N; Cuevas-Pérez, F. 1991. Origen de las variedades de arroz en Colombia 1971-1989. Arroz, (42) 372: 8-15 p.
- González, J; Rosero, M; Arregocés, O. 1985. Morfología de la planta de arroz. In Arroz, Investigación y Producción. Eugenio Tascón y Elías García D. eds. CIAT. pp 65-80.
- González, J; Johnson, D. 1983. Producción y beneficio de semillas certificada de arroz. Arroz. 32 (322): 13-23 .

- González, J; Rosero, M. 1982. Morfología de la planta de arroz. *Arroz*.33(318):29-40.
- Guevara, E; Loresto, GC; Jackson, MT. 2001 Use of conserved rice germplasm. *Noticiero de Recursos Fitogenéticos FAO/IPGRI* . N° 124. P 51-54. Consultado: 10 septiembre 2002. Disponible en: [www.ipgri.cgiar.org/pgrnewsletter/issue\\_es.asp?id\\_issue=124-35k](http://www.ipgri.cgiar.org/pgrnewsletter/issue_es.asp?id_issue=124-35k)
- Gutierrez, P; Dávalos, A; Muñoz B, D; Leal, D. 1995. *Oryzica Yacú* 9. Nueva variedad de arroz. *Arroz* 44: 10-18.
- Hernández Aragón, L; Tavitás Fuentes, I. 1992. Mejoramiento del uso eficiente del agua en la planta de arroz. In *Arroz en América Latina; Mejoramiento, Manejo y Comercialización*. Federico Cuevas-Pérez ed. CIAT-IRRI. Memorias VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco, México. pp 79-94.
- Hernández L, José. 1969. Desarrollo y fisiología de la planta de arroz. *Arroz* , año 3, (17): 22-33.
- Heinrichs, E. A. 2001. Manejo de los insectos plaga del arroz. Trad. Jaime Molina-Ochoa Departamento de Entomología , Universidad de Nebraska. Lincoln, Nebraska. EUA. Consultado 7 septiembre 2002. Disponible en : [ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/arrozSp.htm](http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/arrozSp.htm) - 67k –
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. In *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. IPGRI. Boletín Técnico N°8. Cali. Colombia. pp 2-26.
- Higuera, OL; Bastidas, H; Cdussan, LE. 1997. Comportamiento de paddy vs. Semilla certificada. *Arroz*. 12-16 p.
- Hinrichsen, P; Narváez, C, Valenzuela, J, Muñoz, C, Bowers, JE & Meredith, CP. 2000. Fingerprinting of grape cultivars grown in Chile: Comparison of methods based on anonymous sequences and a set of microsatellite loci. *Acta Horticulturae* 528: 161-167. Disponible en . [www.inia.cl/biotecnologia/publicaciones/p\\_cientificas.htm](http://www.inia.cl/biotecnologia/publicaciones/p_cientificas.htm) - 17k . Consultado: 19 de noviembre 2002.
- Hinrichsen R, P; Amigo G, C; Alvarado A, R, Muñoz S, C. 1996. Identificación de variedades chilenas de arroz (*Oryza sativa* L.) : Evaluación del uso de perfiles proteicos y de fragmentos Polimórficos de ADN Amplificados al Azar (RAPD). *Agricultura técnica (Chile)* 56(1):1-10 .
- Holguín V, JE; Martínez R, César P; Cuevas P, F; Baena G, D. 1995. Influencia del citoplasma sobre la expresión del centro blanco y temperatura de gelatinización en arroz (*Oryza sativa* L.). *Acta Agronómica* 45(2-4):7-13.
- Iglesias, L; Simón, E; Pérez, N; González, MC. 1994. Estudio del grado de congruencia taxonómica en la clasificación de las variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*. 15 (1): 85-89.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP). 1998. Memoria Anual 1997. Panamá, pp 1.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1987. Cuatro líneas promisorias de arroz. Pruebas de validación. Panamá. 15 p.

- Jennings, PR; Berrio, LE; Torres, E; Corredor, E. 2002. Una estrategia de mejoramiento para incrementar el potencial de rendimiento en arroz. In Foro Arroceros Latinoamericano. FLAR. 8(2):10-13.
- Jennings, PR; Coffaman, WR; Kauffam, HE. 1985. El mejoramiento del arroz. In Arroz: investigación y producción. CIAT. pp 226-227.
- Jennings, PR; Coffaman, WR; Kauffam, HE. 1981. Mejoramiento de arroz. CIAT. Cali, Colombia. pp 11,93, 133,141.
- Klug, WS ; Cummings, MR. 1999. Concepts de genetics.Prentice Hall. Quinta edición. Madrid, España. p 840.
- Kovach, WL. 1999. MVSP-A Multi Variate Statistical package for Windows, ver. 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K. pp. 44-49.
- Lasso G, R. 1994. Rendimiento de líneas promisorias y variedades comerciales en riego y secano. Mejoramiento genético de arroz. In Jornada Agropecuaria. Región Oriental. IDIAP :Panamá. p3.
- Lasso G, R. 1992. Posibles contribuciones de un programa de mejoramiento genético de arroz al agricultor de subsistencia. In Arroz en América Latina; Mejoramiento, Manejo y Comercialización. Federico Cuevas-Pérez ed. CIAT-IRRI. Memorias VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco, México. pp 45-61.
- León, J. 2000. Botánica de bs cultivos tropicales. 3era ed. rev. y aum.IICA. San José. Costa Rica. pp 411-412.
- León, O. s/f. Marcadores moleculares: principales tipos. Bases moleculares, ventajas y limitaciones. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. CENSA. pp 2.
- López J, J. 1972. Las variedades de arroz y la producción de semillas en Colombia. Arroz. 21 (219): 8-13.
- Mackill, DJ.; Zhang, Z; Redoña, ED; Colowit, PM. 1996. Level of polymorphis and genetic mapping of AFLP markers in rice. Genome, 39: 969-977.
- Maheswaran, M; Subudhi, PK; Nandi, S; Xu, JC; Parco, A; Yang, DC; Huang, N. 1997. Polymorphism, distribution, and segregation of AFLP markers in a doubled haploid rice population. Theor Appl Genet 94:39-45.
- Mariscal, E; Martínez, R; Hagiwara, T. 2000. Estudios de floración y fructificación. In Manejo de Bosques Naturales. Estudio-Ensayos. pp10-13.
- Martínez, L. 1997a. Ensayo de rendimiento de líneas y variedades comerciales de arroz bajo riego. In Primer encuentro científico de investigadores agropecuarios. IDIAP, Panamá, pp 12.

- Martínez, M. 1997b. Sistemática molecular: comparación entre diferentes métodos y sus aplicaciones. Bol. Soc. Bot. México. 60 : 123-136.
- Martínez R, César P; Cuevas-Pérez, F. Comps. 1995. Registro de cruzamiento de arroz: P1 a P5617 y CT 5618 a CT 13800. CIAT-ICA, cali, Colombia, 313p.
- Martínez Wilches, O. 1995. Métodos estadísticos multivariados en biología molecular y su aplicación en investigación agrícola. Agronomía Colombiana. XII(1):66-71.
- Martínez, CP; Weeraratne, H. 1982. Avances en el mejoramiento varietal de arroz- riego en Colombia. Arroz (31) 316: 26-35 p.
- Marsan Ajmone, P; Castiglioni, P; Fusari, F; Kuiper, M; Lema, M. 1998. Genetic diversity and its relationship to hybrid performance in maize as revealed by RFLP and AFLP markers. Theor Appl. Genet 96:219-227 p. Disponible en [www.agron.missouri.edu/mnl/72/images/ajmonefl.gif](http://www.agron.missouri.edu/mnl/72/images/ajmonefl.gif). Consultado: 26 noviembre 2002.
- Martin, GA; Bonilla C, DS; Ligarreto M, GA; Fajardo, DA. 2000. Identificación y análisis de la variabilidad morfológica de 59 cultivares de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk). Agronomía Colombiana. 17:49-60.
- Melgarejo Muñoz, LM. 2000. Polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP). Curso teórico-práctico sobre la técnica molecular de AFLP's no radioactivo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI).s/p.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). 2000. Superficie, producción y rendimiento de granos básicos y otros productos agrícolas. Consultado 19 de noviembre 2002. Disponible en: [www.sieca.org.gt/publico/CA\\_en\\_cifras/serie30/Agricultura/agr06.htm](http://www.sieca.org.gt/publico/CA_en_cifras/serie30/Agricultura/agr06.htm) - 33k. Consultado noviembre 2002.
- Montealegre, FA; Vargas, JP. 1992. Manejo y caracterización del arroz rojo en Colombia. In Arroz en América Latina; Mejoramiento, Manejo y Comercialización. Federico Cuevas-Pérez ed. CIAT-IRRI. Memorias VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco, México. pp 127-145.
- Montgomery, DC. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Jaime Delgado Saldivar. México. pp 155-162.
- Muñoz A, G; Poey, F. 1983. Evaluación de la metodología tradicional en la descripción de variedades de arroz. Arroz, 32(325) : 23-25.
- Muñoz A, G; Giraldo, Guillermo; Fernández de Soto, José. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. CIAT. Cali, Colombia. pp 1-5.
- Murray M, Thompson W. 1980. The isolation of high molecular weight plant DNA. Nucleic Acids Res 8:4321-4325.
- Narváez R, C; Valenzuela B, J; Muñoz Sch, C; Hinrichsen RP. 2000. Comparación de RADP y AFLP como métodos de identificación genética de vid basados en el estudio de fragmentos genómicos anónimos. Agricultura Técnica (Chile) 60(4):30-340.
- Nei, M; Li, W. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad. Sci. USA: 76 (10):5269-5273.



- Ortíz D, A; López M, L; Lizasso O, J. 1999. Desarrollo y caracterización morfológica de ecotipos de arroz rojo y cultivares de arroz en Venezuela. *Agronomía Tropical*. 49(1):51-67.
- Páez Nader, O; Rodríguez, RA. 1995. Evaluación del rendimiento de los cultivares de arroz Araure 3 y Araure 4, bajo tres densidades de siembra. *Agronomía Tropical* 45(2):283-292.
- Pérez, S. 2000. Métodos para estudios génicos en poblaciones de hongos fitopatógenos. *Rev. Protección Vegetal*. 15 (3): 137-148 .
- Perry ,MD ; Davey ,MR; Power, JB; Lowe, KC.; Bligh H, FJ ; Roach, PS; Jones, C. 1998. DNA Isolation and AFLP™ Genetic Fingerprinting of *Theobroma cacao* (L.). *Plant Molecular Biology Report* 16:49-59. Disponible en: [www.nrc.ca/cisti/journals/ispmb/ispmb16/16049-1.pdf](http://www.nrc.ca/cisti/journals/ispmb/ispmb16/16049-1.pdf) . Consultado: 19 de noviembre 2002.
- Phillips M, W; Astorga D, C; Quirós S, O. 2003. Metodo 2 X CTAB-minipreparaciones. CATIE, Turrialba, Costa Rica. (Documento mimeografiado)
- Phillips M, W. 1998. Marcadores moleculares en plantas. CATIE. Turrialba. Costa Rica pp 12.
- Phillips Mora, W; Rodríguez R, H; Fritz, PJ. 1995. Marcadores de AND: Teoría, aplicaciones y protocolos de trabajos. Con ejemplos de investigaciones en cacao (*Theobroma cacao*). CATIE , Turrialba, Costa Rica. pp 33.
- Posada, R. 1985. El arroz en el mundo y América Latina. In *Arroz: investigación y producción*. CIAT. pp 15.
- Quipe S, M; Muñoz O, A; Velásquez, J; Martínez G, A. 1994. Selección de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el sistema riego sequía. *Agrociencia serie Fitociencia* 5(2):79-89 .
- Quirós Mc, E. 1997. Producción de semilla básica de arroz. In *Primer encuentro científico de investigadores agropecuarios*. IDIAP, Panamá, pp 250.
- Quirós Vera, JG. 2002. Caracterización molecular y morfológica de genotipos superiores con características de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 111p.
- Reyes H, LA; Holguin, JE. 2001. Efectos climáticos en el rendimiento de variedades de arroz. *Arroz Técnico*, 50(433):22-25.
- Riveros, F; Muñoz, G; González, L; Rojas, L; Alvarez, M; Hinrichsen, P. 2001. Comparación entre análisis morfológicos y de ADN para la identificación de especies de *Fusarium* aislados de melón (*Cucumis melo* L.). *Agricultura técnica* 61(3):281-293.
- Rodríguez Barreneche, F. 2000. Curso teórico-práctico sobre la técnica molecular de AFLP's no radioactivo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). s/p.
- Rojas W, C; Belmar N, C; Grau B, P. 1992. Diagnóstico de deficiencias nutritivas en suelos bajo monocultivo de arroz. II. Efecto sobre rendimiento del grano y algunas variables agronómicas. *Agricultura Técnica* 52(2):181-186.
- Romero Medina, V. 1977. Ecología del cultivo del arroz. *Arroz* 23 (251): 20-30.

- Ronnie Coffman, W; Olufowote, J; Grau, P; Villareal, R. 1992. Un nuevo enfoque para el mejoramiento del arroz en América Latina. In memorias de la VIII Conferencia Internacional de arroz para América Latina y el Caribe. Arroz en América Latina: mejoramiento, manejo y comercialización. Edit. Federico Cuevas Pérez. CIAT, IRRI. pp 33-35
- Rosero, MJ. 1977. Pruebas varietales para la selección y multiplicación de semilla básica de variedades adaptadas localmente. Arroz ( 26) 281: 21-27 .
- Segura, S. 2003. Análisis de divergencias interespecíficas con passifloras andinas. In Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. IPGRI. Boletín Técnico N°8. Cali. Colombia. pp 2-26.
- Shastry, SVS. 1978 . A survey of rice genetic resources and conservation in Africa and the Americas. In Proceedings of the workshop on the genetic conservation of rice. The international rice research institute (IRRI). Manila , Philippines. P 20.
- Sierra DM, J de J; Muñoz B, D. 1985. Arquitectura de planta de variedades mejoradas modernas, variedades mejoradas antiguas y variedades criollas de arroz con base en características agronómicas y componentes de rendimiento. Acta agronómica 35(1):34-46.
- Subudhi, PK; Nandi, S; Casal, C; Virmani, SS; Huang, N. 1998. Classification of rice germplasm: iii. High-resolution fingerprinting of cytoplasmic genetic male-sterile (CMS) lines with AFLP. Theor Appl Genet, 96: 941-949.
- Tapia Bastidas, C; Phillips Mora, W; Pérez, J. 1999. Evaluación de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* ( Lam.) del CATIE usando caracteres morfológicos y moleculares. In Actas de la IV Semana Científica. CATIE. Costa Rica. pp 28-31.
- Tapia Bastidas, CG. 1998. Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* (LAM.) SPRENG del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.175p.
- Topolanski, E. 1975. El arroz, su cultivo y producción. Editorial Hemisferio Sur. A.I.D. Buenos Aires, Argentina. pp 6-10, 17-18.
- Torres, E; Jeninngs, P; Duque, M; Kuir, ME; Corredor, E; Sierra D, J. 2002. Análisis de estabilidad para centro blanco en arroz (*Oryza sativa*). Foro Arroceros Latinoamericano 8(1):9-13.
- University of the Phillippines (UNI). 1975. Cultivo del arroz; manual de producción. Trad. Agustín Contin.Editorial Limusa. México.21-22 p.
- Vallejo J. 1977. Producción de semillas genéticas y básica. Arroz. 26 (286): 23-24 .
- Vargas, JA; Cuevas, A; Medina, JH. 2000. Estabilidad fenotípica del rendimiento del arroz. Arroz Técnico. 49(424):26-32.
- Vargas Z, JP.1990. Manejo integrado del cultivo de arroz en Colombia. Arroz. 39 (368) : 24-31.
- Vargas Z, JP.1986. Análisis de los limitantes tecnológicos del cultivo de arroz en Colombia. Arroz. 35 ( 345): 11-27 p.

- Vásquez, J; Ruíz, P; Corredor, E; González, E; Fory, L; Mora, A; Silva, J; Duque, M; Lentini, Z. 2002. Caracterización morfológica y fenológica del arroz rojo colectado en Huilla y Tolima. CIAT. Cali. Colombia. (Poster). Consultado: 17 noviembre 2003. Disponible en: [www.ciat.cgiar.org/biotechnology/pdf/poster-egonzalez-morfologice](http://www.ciat.cgiar.org/biotechnology/pdf/poster-egonzalez-morfologice).
- Vega, F; Lasso, R. 1990. Determinación del tamaño y forma óptima de la parcela experimental en ensayos de variedades de arroz. Chichebre. Panamá. Revista Ciencia Agropecuaria. (7):1-8.
- Vergara, BS. 1985. Manual para el nuevo arrocero. Trad. Lidia B. de Cinco y Ramón A. Cinco. IRRI. Phillipinas. pp 4-6.
- Viveros, AN. 1989. Calidad molinera y culinaria de arroz Oryzica-3. arroz 38(361):13-17.
- Vos, P; Hogers, R; Bleekler, M; Reijans, M; Van de Lee, T; Hornes, M; Frijters, A; Pot, J; Pelemen, J; Kulper, M; Zabeau, M. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Research. 23 (21) : 4407- 4418
- Zeledón, M; Mata, C. 1992. Efectos del secado continuo o en etapas y de la temperatura del aire sobre variables de rendimiento molinero en arroz producido en Costa Rica. Agronomía Costarricense 16(1):91-98.
- Zimmermann, FJP.1997. Selección recurrente con androesterilidad en arroz. In Selección recurrente en arroz, Elcio P. Guimaraes ed. CIAT. Cali. Colombia. pp 67-75.
- Zhu, J; Gale, MD; Quarrie, S; Jackson, MT; Bryan, GJ. 1998. AFLP markers for the study of rice biodiversity. Theor Appl Genet, 96: 602-611.

## ANEXO 1

**Líneas avanzadas de mejoramiento genético de arroz (*Oryza sativa*), generación y cruces, utilizadas para la caracterización morfológica.**

Línea	Cruzamiento	Pedigree	Generación
1	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	21-4-43-1-1	F8
2	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	21-4-43-3-1	F8
3	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-14-3-1-1	F8
4	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-18-1-1-1	F8
5	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-18-3-1-2	F8
6	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-19-1-3-1	F8
7	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-21-1-1-1	F8
8	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-19-1-4-1	F8
9	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-19-1-4-3	F8
10	CNAIRAT P/1105 + CNA +RAT + I/4/2/1M	14-1-19-1-4-7	F8
11	DO2F2	3-1-1-1-1	F8
12	DO2F2	6-2-2-1-1-1	F8
13	D39F2	1-1-1-2-1	F8
14	D39F2	1-3-1-1-3	F8
15	D39F2	1-1-1-3-1	F8
16	D64F2	3-5-1-1-1	F8
17	VIOAL3189/ANABEL	13-1-1-1-1	F8
18	VIOAL3189/ANABEL	13-1-1-3-1	F8
*19	VIOAL3189/ANABEL	13-1-2-1-1	F8
20	VIOAL3189/ANABEL	13-1-2-3-1	F8
21	VIOAL3189/ANABEL	13-1-3-1-1	F8
22	LLANO 5/ANAYANSI L2	28-3-1-1-1	F8
23	LLANO 5/ANAYANSI L2	28-1-1-1-4	F8
24	LLANO 5/ANAYANSI L2	28-1-1-2-1	F8
*25	LLANO 5/ ANAYANSI L2	28-1-1-6-3	F8
26	LLANO 5/ ANAYANSI L2	28-1-1-8-3	F8
27	LLANO 5/ ANAYANSI L2	25-2-3-3-1	F8
28	LLANO 5/ ANAYANSI L2	25-2-3-4-2	F8
29	LLANO 5/ ANAYANSI L2	25-2-3-5-2	F8
30	LLANO 5/ ANAYANSI L2	25-2-3-7-2	F8
34	FLAR 2	2	F8
35	FLAR 135	2	F8
36	FLAR 138	3	F8
37	FLAR 144	4	F8
38	FLAR 145	1	F8
39	FLAR 146	3	F8
40	Chi 3-30-171	1	F10
41	Chi 3-30-172	1	F10
42	Chi 3-30-200	1	F10
43	Chi 3-30-210	1	F10
44	Chi 13-256	2	F10
45	Chi 46-7A-1	1	F10
46	Chi 3-30-157	1	F10
49	VIOAL 2597 (CT8008-6-8-7P-2-11-1P-RHM)		F10
*50	IDIAP 22 (Anayansi / P 1048, VIORH 22-2)		F10
*51	Chi 32-10 (Cica 8 / Anayansi L2 / S70)		F10
56	Chi 3-30 (Chianung Sen Yu / S70)		F10
*57	Chi 4523 (P 1048 / Anabel)		F10

\* Líneas utilizadas para la caracterización molecular

ANEXO 2

**Progenitores del proyecto de mejoramiento genético de arroz (*Oryza sativa* L.),  
IDIAP, Panamá.**

<b>Línea</b>	<b>Progenitor</b>	<b>Cruce</b>	<b>Procedencia</b>
31	I 863**	IR-8*6	CIAT
32	ANAYANSI L2	( IR8 / Nilo I)	IDIAP
33	Surinam-70	ACORNI/KAPURI/IR454	SURINAM
47	P 1048	P 1221 / P1229 (cruce doble)	CIAT/IDIAP/FCA
48	Cica 8	CICA 4 02/0 .IR665-23-3 / TETEP	ICA/CIAT
52	IDIAP 38 **	CT7347 / IR21015-72-3-3-3-1	CIAT
53	Anabel	BG90-2 / Anayansi	IDIAP
54	IDIAP L-7 **	CT7347 / IR21015-72-3-3-3-1	CIAT
55	Oryzica 1 **	P 1223 / P 1225	ICA/CIAT

\*Líneas utilizadas para la caracterización molecular

\*\*Variedades testigos.

### ANEXO 3

#### Descriptorios cualitativos utilizados en el ensayo de caracterización morfológica

DESCRIPTORIOS CUALITATIVOS	
Nomenclatura del texto	Escala
Hábito de crecimiento (X2)	1= erecto 2= intermedio 3= abierto 4= disperso 5= procumbente
Capacidad predominante de macollamiento (X3)	1= muy prolifera 3= buena 5= mediana 7= pobre 9= muy pobre.
Color predominante del ápice que forman la lema y la palea (X4)	1= verde 3= rosado = púrpura
Pubescencia predominante de las glumas (X5)	0= glabra o lisa 3= pubescente en la quilla 5= pubescente hacia el ápice de la lema y la palea 7= parcial o totalmente cubiertas de vellos 9= parcial o totalmente cubiertas de vellos cortos.
Color predominante del estigma (X6)	1= sin color o blanquecino 2= amarillo 3= púrpura pálido 4= púrpura 5= negro.
Posición predominante de la hoja bandera (X7)	1= erecta 3= semiabierta 5= intermedia 7= horizontal 9= descendente
Posición predominante del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera (X10)	1= erecta 3= semiabierta 5= abierta
Vellosidad predominante de la lámina de la hoja (X11)	0= glabra o lisa 1= pubescente de la mitad de la lámina hacia el ápice 3= ligeramente pubescente 5= aterciopelada en $\frac{3}{4}$ de la lámina 7= escabrosa, áspera al tacto 9= aterciopelada 11= escabrosa, áspera al tacto en $\frac{3}{4}$ de la lámina.

Color predominante de la lámina foliar (X14)	1= verde ( 37,38,39,43 según tabla de colores) 2= verde oscuro (40,42 según tabla de colores) 3= márgenes púrpuras (2,3 según tabla de colores)
Corrugación predominante de la lámina foliar (X15)	1= ausente 2= presente
Lado corrugado predominante de la lámina foliar (X16)	0= ausente 1= lado derecho 3= lado izquierdo
Color predominante de la lígula (X17)	1= sin color o blanquesina 2= púrpura claro 3= púrpura oscuro 4= con líneas púrpuras
Forma predominante de la lígula (X18)	1= aguda o acuminada 2= hendida 3= truncada
Color predominante de la aurículas (X19)	1= crema 2= púrpura
Color predominante de la vaina de la hoja (X20)	1= verde 2= líneas púrpuras 3= púrpura
Color predominante del nudo (X21)	1= verde 2= líneas púrpuras
Color predominante del entrenudo (X22)	1= verde 2= líneas púrpuras 3= púrpura
Color predominante del anillo subnodal (X23)	1= verde 2= líneas púrpuras 3= púrpura
Color predominante de la base del tallo (X24)	1= verde 2= líneas púrpuras 3= púrpura 4= púrpura pálido
Tamaño de las aristas (X27)	0= no presenta arista 1= corta 3= media 5= semilarga 7= muy larga
Tipo de aristado predominante de las semillas (X28)	1= arista ausente 2= arista corta y presente en menos del 50% de los granos 3= arista corta y presente en mas del 50% de los granos 5= arista larga y presente en menos del 50% de los granos



Color predominante del ápice del grano apical de la panícula (X29)	7= arista larga y presente en mas del 50%
	1= blanquecino 2= pajizo 3= café claro 4= rosado 5= púrpura
Color predominante de las glumas fértiles del grano apical de la panícula (X30)	1= pajizo 2= dorado
Densidad predominante de la panícula (X33)	1= abierta 3= semiabierta 5= intermedia 7= semicompacta 9= compacta
Exerción predominante de la panícula (X34)	1= bien emergida 3= moderadamente 5= coincidente o emergida 7= parcialmente incluida 9= incluida
Fertilidad predominante de la panícula (X36)	1= muy fértil 3= fértil 5= parcialmente fértil 7= parcialmente estéril 9= completamente estéril
Desgranado predominante de la panícula (X37)	1= difícil 3= moderadamente difícil 5= intermedio
Angulo del ápice del grano de la panícula (X38)	1= 0-10° 3= 11-40° 5= 71-90°

---

## ANEXO 4

### Descriptores cuantitativos utilizados en el ensayo de caracterización morfológica.

DESCRPTORES CUANTITATIVOS	
Nomenclatura del texto	Escala
Días a floración (X1)	Tomado a partir del 50% de flores presentes en los tratamientos,
Longitud de la lámina de la hoja bandera (X8)	Se mide en centímetros, sobre la hoja bandera del tallo más alto de la planta, desde el ápice hasta el punto de unión de la lámina con la vaina
Ancho de la lámina de la hoja bandera (X9)	Es la distancia, en centímetros, medida de borde a borde en la parte más ancha de la lámina de la hoja bandera del tallo más alto de la planta
Longitud de la lámina foliar (X12)	Es la distancia, en centímetros, medida desde la zona de unión de la vaina con el tallo, hasta la punta de la lámina foliar en la hoja inmediatamente inferior a la hoja bandera, del tallo más alto
Anchura de la lámina foliar (X13)	Es la distancia, en centímetros medida de borde a borde, en el lugar más ancho de la lámina, en la hoja inmediatamente inferior a la hoja bandera, del tallo más alto.
Días a la madurez (X25)	Es el número de días transcurridos desde la siembra en el suelo húmedo.
Altura de la planta (X26)	Se mide en centímetros desde el suelo hasta el ápice de la panícula del tallo más alto de la planta.
Longitud de la semilla (X31)	Es la distancia, medida en milímetros, desde la base de la gluma estéril más baja, hasta el ápice de la gluma fértil más larga.
Anchura de la semilla (X32)	Es la distancia, medida en milímetros, entre las nervaduras centrales de la lema y de la pálea, en el punto más ancho.
Longitud de la panícula (X35)	Se mide en centímetros desde la base de la panícula o nudo ciliar hasta el ápice de la misma. Se utiliza la panícula del tallo más alto de la planta.

## ANEXO 5

### Clasificación de granos en calidad molinera.

Clasificación	Escala
Arroz entero o excelso	Granos enteros y granos 3/4 de su tamaño
Arroz partido o quebrado	Granos con menos de 3/4 de su tamaño
Arroz pica, bavaria o arrocillo	Mitades y puntas de grano

## ANEXO 6

### Escala de clasificación utilizada para evaluar centro blanco.

Escala	Descripción
0	Granos transparentes
1 a 4	Granos con diferentes grados de mancha blanca
5	Máximo que puede existir en ventral blanco o centro blanco

## ANEXO 7

**Escala de clasificación para la dispersión alcalina y su relación con la estimación de la temperatura de gelatinización.**

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dispersión</b>	<b>Clasificación de la temperatura de gelatinización</b>	<b>Temperatura de gelatinización</b>
1	Grano no afectado			
2	Granos hinchados	Poca	A	74 a 80° C
3	Granos hinchados con halo incompleto y estrecho			
4	Granos inchados con halo completo y ancho			
5	Granos parcialmente desintegrados con halo completo y ancho	Intermedia	I	69 a 73° c
6	Granos desintegrados y emergiendo con el halo; difícilmente se observa su forma	Alta	B	63 a 68° C
7	Granos completamente desintegrados y solución clara			

## ANEXO 8

### Protocolo de extracción de ADN para arroz.

- Colocar un fragmento de hoja de aproximadamente 1.5 cm de cada línea de arroz, en un mortero
- Agregar 500ul el buffer de extracción 2 X CTAB y macerar con un pistilo
- Agregar 1000ul del buffer, y continuar con la maceración del tejido vegetal.
- Decantar en tubos Eppendorf de 1.5 ml y con la ayuda de una espátula recoger residuos
- Centrifugar a 10000 rpm, por 5 minutos,
- Eliminar el sobrenadante.
- Adicionar 500 ul del mismo buffer, mezclar bien en un vortex
- Adicionar 7ul de mercaptoetanol
- Incubar en Baño María a 65°C , por 30 minutos, luego agitar en vortex y seguido colocar por 30 minutos más a 65°C en Baño María
- Adicionar 200ul de cloroformo y centrifugar a 10000 rpm por 10 minutos
- Extraer el sobrenadante y colocarlo en otro tubo Eppendorf de 1.5 ml limpio,
- Adicionar 1ml de Isopropanol y agitarlo ligeramente dos veces a mano y se dejar reposar para precipitar ADN.
- Centrifugar el precipitado a 10000 rpm por 10 minutos
- Decantar el sobrenadante (cuidando el precipitado obtenido), y se seca al medio ambiente sobre papel toalla para secar el ADN.
- Adicionar 500ul de Etanol al 70% y pasarlo ligeramente por el vortex.
- Reposar por 15 minutos a 4°C. Para después centrifugarlos a 10000 rpm por 5 minutos, y proceder a decantar para secar a medio ambiente por 45 minutos.
- Adicionar 300 ul de buffer de lavado ( Etanol 76% y 10mM de acetato de amonio), pasándolo por el vortex y dejando reposar por 10 minutos a -20°C
- Decantar y secar al medio ambiente.
- Agregar 250ul de la solución de TE, para suspender el ADN, dejarlas reposar por 2 a 3 horas a 4°C.

**TBE, 10X Buffer**

**12.0 ml**

**ANEXO 9**  
Preparación de gel de A

**Reactivos:**

Agua destilada 108.0 ml

Agarosa 1.2 gr.

Colocar esta solución en el microondas por el espacio de 4 minutos.

Pasos previos.

Antes de la preparación del gel de agarosa se debe realizar los siguientes pasos:

- Arreglar la bandeja, colocándole un recipiente donde se ubicará los peines.
- Agregar 40 µl de bromuro de etidio a una concentración de 0.0000001 % ( 1 µg por 1000 ml), presionando la tapa de la botella que lo contiene y evitando salpicar fuera de la cubeta. (altamente toxico). Esperar a retirar el pirex del microondas
- Retirar el erlenmeyer del microondas usando un guante de caucho, de forma inclinada con la boca hacia fuera del cuerpo con el objeto de evitar absorber los gases emitidos por este
- Agregar el contenido del erlenmeyer en forma circular sobre la bandeja conteniendo el bromuro de etidio a fin de distribuirlo uniformemente
- Colocar los peines en las ranuras de las bandejas
- Esperar a que el gel solidifique (aproximadamente 20 minutos).
- Retirar los peines
- Colocar la solución conteniendo el ADN en el gel
- Conectar la cámara horizontal Kodak BIOMAX-MP.1015 a la fuente de poder y dejar migrar las muestras de ADN por espacio de 20 minutos, a 100 watts y 50 milamperios.

**ANEXO 10**

**Preparación de gel de Polyacrilamida**

Preparación de la solución de Acrylamide/ bis-Acrylamide 6%

<b>Producto</b>	<b>Para seis geles</b>
Urea	250 gr
Acrylamide / bis- Acrylamide (40%) 19/1	75 ml
H <sub>2</sub> O desionizada y destilada	175 ml
TBE 10X	50 ml
Volumen Total	500 ml

Esta es la solución básica para la preparación de geles de polyacrilamida debe colocársela en un €

**ANEXO 11**

Limpieza y preparación de vidrios

- Limpiar los vidrios (corto y largo), muy bien con agua y jabón.
- Eliminar el jabón con abundante agua fría y caliente luego remojarlos con agua desionizada y destilada
- Limpiarlos con cloroformo
- Limpiar los vidrios cambiando el papel (Kleenex), para cada vidrio con agua desionizada
- Limpiar los dos vidrios con Etanol absoluto (Alcohol 99%), cambiando los papeles (Kleenex)

**A-** Agregar 2 ml de repulsivo SIGMACOTE al vidrio mas grande, y distribuirlo uniformemente sobre todo el vidrio

- Dejar secar 4 a 5 minutos y luego limpiar nuevamente usando alcohol al 99% y utilizar papel (Kleenex), para eliminar el exceso del producto Sigmacote.

**Nota:** Mantener ambos vidrios bien identificados con etiquetas para trabajar siempre del mismo lado.

**B.- Preparación de la solución atractiva:**

- 1 ml de Etanol al 95 %
- 3 µl de Bind Silane (methacryloxypropyltri-methoxysilane)
- 5 µl de Ácido Acético Glacial.

Mezclar para homogenizar

**Nota:** Preparar en dos tubos de 1.5 ml para ser agregados al vidrio pequeño.

- Repetir los primeros cuatro pasos de la limpieza en el vidrio pequeño
- Agregar y distribuir la solución atractiva sobre todo el vidrio pequeño con un papel Kleenex.
- Eliminar el exceso de atractivo, agregando 2 ml de Etanol y limpiarlo con un papel (Kleenex), vertical y horizontalmente, repitiéndolo 3 veces cambiando de papel Kleenex cada vez.

Pasos previos a la preparación del gel:

- 1.-Limpiar las guías (blancas), con Etanol Absoluto y colocarlos sobre los extremos del vidrio grande con la espuma hacia arriba
- 2.-Levantar el vidrio corto sin tocar la parte interna y colocarlo sobre el vidrio largo tocando la espuma de los separadores o guías.
- 3.-Sostener los vidrios con las prensas de metal (negras).
- 4.-Colocar cinta tape (Scotch), en la parte basal de los vidrios.

- 5.-Colocar el soporte o empaque de hule (azul), prensando los dos vidrios.es importante que los pies del empaque queden hacia abajo.
- 6.-Presionar para que se ajuste bien los vidrios con el empaque.

**C.- Preparación de la solución de Persulfato de Amonio al 10 % ( 10 mg / 1 ml),**

Preparar para cada semana de trabajo:

- a.-Utilizar una botella limpia de 80 ml
- b.-Agregar 80 ml de solución Acrylamide/ bis-Acrylamide al 6%
- c.-Colocar 300  $\mu$ l de Persulfato al 10 %
- d.-Agregar 30  $\mu$ l de TEMED agitar y chorrear.

7.-Chorrear doblando los vidrios hacia un extremo y rápidamente para evitar la gelificacion de la Acrylamide

8.-Colocar el espaciador (Peine), en el centro del gel, aproximadamente hasta la mitad de los huecos, dentro de la lamina del mismo, y ajustarla con prensas (Cuatro), para una mejor formación del pozo

9.-Dejar polimerizar el gel por lo menos una hora.



## ANEXO 12

### Preparación de la cámara de electroforesis, desnaturalización y revelado del gel de polyacrilamida

- 1.-Colocar los vidrios con todo y empaque en una cubeta, se lava con agua caliente para sacar el exceso de Urea, limpiando cuidadosamente los bordes y extremos.
- 2.-Se desprende el empaque de hule y se lava.
- 3.-Luego con una toalla en la mesa se seca cuidadosamente los vidrios por ambos lados.
- 4.-Colocar los vidrios en la cámara, revisando previamente que la guía de hule tenga un poco de Silicona y se ajusta el vidrio.

**Nota.-** Importante cerrar la llave que sirve para drenar la cámara ubicada a mano derecha.

5.-Agregar Buffer TBE 1X (a partir del TBE 10X), aproximadamente 500 ml para cada contenedor. Revisar que no existan fugas.

6.-Extraer el separador (peine), y encender la fuente de poder, con el siguiente ajuste previo.

- Volts al máximo      3000 Volts
- mA al máximo        300 mA
- Watts a 50 para la migración y para el calentamiento previo a 70 watts.

**Nota.-**Se deben verificar la presencia de burbujas y mantenerse el paso previo de calentamiento por espacio de 15 a 20 minutos.

Durante este lapso utilizando una jeringuilla se toma parte del buffer y extrae la urea remanente dentro del pozo (Dos o tres veces).

**Importante.-**El carbonato de sodio debe prepararse con mucha anterioridad para que permanezca frío para el proceso de revelado.

- 60 gr. de carbonato de sodio en dos litros de agua desionizada y destilada.

#### Desnaturalización

( Termociclador GENE AMP PCR System 9700)

Programa denaturalización:

94° C    por dos minutos  
72° C    indefinidamente

Este paso se realiza inmediatamente antes de colocar las muestras en el gel de Acrylamide.

- 7.- Lavar para eliminar el exceso de Urea con una jeringa antes de colocar el peine.
- 8.- Colocar el peine con las puntas hacia abajo, cuidadosamente teniendo cuidado de que apenas toque el gel de Acrylamida.
- 9.- Ajustar la potencia de la fuente de poder a 50 watts.

- 10.- Retirar las muestras del Termociclador cuando están a 72 ° C.
- 11.- Colocar la fuente de poder en Stop para colocar las muestras en el gel de polyacrilamida.
- 12.-En los extremos del gel colocar colorante AFLP.
- 13.-Colocar aproximadamente 7 a 8 ul por reacción en cada pozo e inmediatamente se presiona Start (Encendido), a 50 watts.
- 14.-Apagar la fuente de poder hasta que el azul de bromo fenol salga completamente del gel (1:45 a 2:00 horas aproximadamente).
- 15.-Abrir la llave para drenar la cámara colocada en su extremo inferior derecho, posteriormente retirar el peine y luego sacar los vidrios de la cámara.
- 16.-Colocar los vidrios sobre la mesa con el extremo corto hacia abajo, retirar los espaciadores y luego se separan utilizando para el efecto una espátula insertándola en uno de los extremos de los vidrios.

### **Revelado del gel de polyacrilamida**

- 17.-Fijación con ácido acético al 10%.- para lo cual se coloca el vidrio pequeño dentro de una cubeta en la cual se adiciona un litro de la solución antes indicada, para luego agitar durante 20 minutos a 95 rpm en el agitador orbital.
  - 18.-Preparar tres cubetas con un litro de agua desionizada y destilada cada una.
  - 19.-Terminada la fijación se coloca el gel por el espacio de 2 a 3 minutos en cada una de las cubetas removiendo constantemente (para remover el exceso de ácido acético).
- Nota.**-El ácido acético usado en la fijación se recoge en un recipiente para luego utilizarlo para fijar el gel después de la tinción con Plata.
- 20.-Preparación de la solución de Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ) al 1 %:
    - a.- Un gramo de Nitrato de Plata
    - b.- 1.5 ml de Formaldehído
    - c.- Un litro de  $\text{H}_2\text{O}$  desionizada y destilada.
  - 21.-Colocar el gel en una cubeta donde se agrega la solución de Nitrato de Plata al 1 % y agitar a 85 rpm por el espacio de una hora en un agitador orbital.
  - 22.-Lavar el gel en agua desionizada y destilada por 3 segundos (muy rápidamente).
  - 23.-Revelar con Carbonato de Sodio, 30 gr. por litro (Preparado con anticipación). Agregarle a los dos litros de Carbonato de Sodio, 400  $\mu\text{l}$  de Tiosulfato de sodio la misma que se encuentra a 1.5 % ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), también 3 ml de Formaldehído al 37 % .  
Esta mezcla se realiza justo antes de utilizar el carbonato de Sodio.
  - 24.-Repartir los dos litros en dos cubetas y luego de colocar el gel se agita suavemente hasta que empiezan a notarse las bandas, luego se transfiere a la segunda cubeta para terminar la coloración.

25.-Una vez revelada la totalidad de bandas se agrega el ácido acético al 10 % para fijar la coloración obtenida en las bandas.

26.-Realizar dos lavados en agua desionizada y destilada para concluir el proceso de revelado.

27.-Finalmente se recoge la solución de nitrato de plata y se agrega 10 gr. de cloruro de sodio y se deja precipitar.

Distribución de los porcentajes por línea de arroz de las

ANEXO 13

características cualitativas

		Líneas															
Características		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X2	1	100	100	100	75	71,8	100	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	22,5	28,2	-	100	-	-	100	-	-	-	-	-	100
	5	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	100	-
X3	1	32,5	42,5	42,5	40	45	22,5	35	45	55	35,5	72,5	52,5	40	37,5	41	35
	3	-	25.	22,5	-	25	30	47,5	40	32,5	32	22,5	42,5	35	2,5	38	45
	5	47,5	27,5	27,5	35	30	42,5	12,5	10	12,5	22,5	-	5	15	42,5	15,5	17,5
	7	-	2,5	5.	22,5	-	5	5	5	-	7,5	5	-	7,5	12,5	5,5	2,5
	9	20.	2,5	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	2,5	5	-
X4	1	100	35.	-	32,5	22,5	-	-	-	-	-	-	100	100	100	15	100
	3	-	65.	100	67,5	77,5	100	100	100	100	100	100	-	-	-	85	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X5	0	100	100	15.	70	35	-	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	65.	2,5	65	100	-	100	100	100	-	100	-	-	-	100
	7	-	-	20	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-
	9	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
X6	1	100	35.	-	40	22,5	-	-	-	-	-	-	100	100	100	22,5	100
	2	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	20	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,5	-
	4	-	65.	100.00	37,5	52,5	100	100	100	100	100	100	-	-	-	45	-
	5	-	-	-	2,5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X7	1	-	-	-	32,5	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	100	100	100	67,5	97,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X10	1	-	-	-	15	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	100	100	100	85	97,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cntinuación...ANEXO 13

Características		Líneas															
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
X2																	
	1	100	100	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	100	-	-	-	-	100	100	-	-	-	100	100	-	100
	5	-	-	-	-	-	100	100	-	-	100	100	100	-	-	100	-
X3																	
	1	25	32,5	45	40	45	46,5	62,5	42,5	52,5	65,7	70	85	100	57,5	46,1	37,5
	3	50	47,5	32,5	40	32,5	38,5	27,5	40	35	31,4	2,5	12,5	-	30	33,3	52,5
	5	22,5	17,5	20	15	17,5	12,4	5	17,5	12,5	2,9	20	-	-	12,5	17,9	10
	7	2,5	2,5	2,5	5	5	2,6	5	-	-	-	5	2,5	-	-	2,7	-
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-
X4																	
	1	100	100	22,5	47,5	95	-	-	-	-	-	17,5	-	-	-	100	-
	3	-	-	77,5	52,5	5	100	100	100	100	100	82,5	100	100	100	-	100
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X5																	
	0	100	100	100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	100	100	100	-	100	100	100	100	-	-
	7	-	-	-	100	-	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
X6																	
	1	100	100	22,5	47,5	95	-	-	-	-	-	15	-	-	-	100	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-
	4	-	-	77,5	52,5	5	100	100	100	100	100	85	-	100	100	-	100
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X7																	
	1	100	100	-	-	100	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	100	100	-	100	100	-	100	100	100	100	100	100	95	100
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
X10																	
	1	-	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	100	100	100	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuación...ANEXO 13

Características	Líneas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
X2																	1	100	100	100	100	100	12,5	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	87,5	-	100	100	100	-	-	100	100	100	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	X3																	1	37,2	25	20	10	20	10	-	32,5	42,5	42,5	52,5	22,5	37,5	15	35	32,5	3	42,8	27,5	32,5	47,5	45	22,5	5	42,5	45	45	35	32,5	50	50	52,5	47,5	5	20	30	40	35	32,5	65	95	20	10	10	12,5	42,5	12,5	32,5	7,5	20	7	-	17,5	5	7,5	2,5	2,5	-	5	2,5	2,5	-	-	-	2,5	5	-	9	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	X4																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	5	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	X5																	0	100	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	100	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100	100	100	100	100	100	-	-	100	-	-	100	100	100	7	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X6																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X7																	1	-	-	100	-	100	100	100	-	100	100	-	-	100	-	-	100	3	100	100	-	100	-	-	-	100	-	-	100	100	-	-	100	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	X10																	1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	100	100	100	100	100	12,5	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	-	-	-	-	-	87,5	-	100	100	100	-	-	100	100	100	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
X3																	1	37,2	25	20	10	20	10	-	32,5	42,5	42,5	52,5	22,5	37,5	15	35	32,5	3	42,8	27,5	32,5	47,5	45	22,5	5	42,5	45	45	35	32,5	50	50	52,5	47,5	5	20	30	40	35	32,5	65	95	20	10	10	12,5	42,5	12,5	32,5	7,5	20	7	-	17,5	5	7,5	2,5	2,5	-	5	2,5	2,5	-	-	-	2,5	5	-	9	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	X4																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	5	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	X5																	0	100	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	100	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100	100	100	100	100	100	-	-	100	-	-	100	100	100	7	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X6																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X7																	1	-	-	100	-	100	100	100	-	100	100	-	-	100	-	-	100	3	100	100	-	100	-	-	-	100	-	-	100	100	-	-	100	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	X10																	1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																				
1	37,2	25	20	10	20	10	-	32,5	42,5	42,5	52,5	22,5	37,5	15	35	32,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	42,8	27,5	32,5	47,5	45	22,5	5	42,5	45	45	35	32,5	50	50	52,5	47,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	20	30	40	35	32,5	65	95	20	10	10	12,5	42,5	12,5	32,5	7,5	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7	-	17,5	5	7,5	2,5	2,5	-	5	2,5	2,5	-	-	-	2,5	5	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
X4																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	5	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	X5																	0	100	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	100	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100	100	100	100	100	100	-	-	100	-	-	100	100	100	7	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X6																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X7																	1	-	-	100	-	100	100	100	-	100	100	-	-	100	-	-	100	3	100	100	-	100	-	-	-	100	-	-	100	100	-	-	100	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	X10																	1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																										
1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
X5																	0	100	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	100	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100	100	100	100	100	100	-	-	100	-	-	100	100	100	7	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X6																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X7																	1	-	-	100	-	100	100	100	-	100	100	-	-	100	-	-	100	3	100	100	-	100	-	-	-	100	-	-	100	100	-	-	100	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	X10																	1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																														
0	100	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	100	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	-	-	100	100	100	100	100	100	-	-	100	-	-	100	100	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
X6																	1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X7																	1	-	-	100	-	100	100	100	-	100	100	-	-	100	-	-	100	3	100	100	-	100	-	-	-	100	-	-	100	100	-	-	100	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	X10																	1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
X7																	1	-	-	100	-	100	100	100	-	100	100	-	-	100	-	-	100	3	100	100	-	100	-	-	-	100	-	-	100	100	-	-	100	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	X10																	1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	-	-	100	-	100	100	100	-	100	100	-	-	100	-	-	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	100	100	-	100	-	-	-	100	-	-	100	100	-	-	100	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
X10																	1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	-	100	-	100	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Continuación...ANEXO 13

		Líneas								
Características		49	50	51	52	53	54	55	56	57
X2										
	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	100	100	100	100	100	-	100	100
	5	-	-	-	-	-	-	100	-	-
X3										
	1	12,5	32,5	35	25	20	77,5	7,5	17,5	42,5
	3	52,5	57,5	47,5	60	65	5	80	7,5	40
	5	32,5	10	17,5	12,5	12,5	17,5	12,5	70	15
	7	2,5	-	-	2,5	2,5	-	-	5	2,5
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X4										
	1	100	-	-	100	-	100	100	100	-
	3	-	100	-	-	100	-	-	-	100
	5	-	-	100	-	-	-	-	-	-
X5										
	0	-	100	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	100	-	100	100	100	-	-	100	100
	7	-	-	-	-	-	100	100	-	-
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X6										
	1	100	-	-	100	-	100	100	100	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	100	-	100	-	-	-	-
	4	-	100	-	-	-	-	-	-	100
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X7										
	1	-	100	100	100	-	100	100	-	100
	3	-	-	-	-	100	-	-	100	-
	5	100	-	-	-	-	-	-	-	-
X10										
	1	-	-	-	100	-	100	-	-	-
	3	-	100	100	-	100	-	-	-	100
	5	100	-	-	-	-	-	100	100	-

Continuación...ANEXO 13

Características		Líneas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Características		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
X11	0	100.00	100	35.	80	30	-	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-
	0 1	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
	1 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-
	5 7	-	-	-65.	-20	-70	100	-	100	100	100	-	-	-	-	100	100
	7 9	-	-	-	-	-	100	100	-	-	100	-	-	-	-	100	-
	9 11	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	100	100	100	100	-	-
X14	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X14	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2 37	-	-	-	5	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3 38	-	-	-	2.5	10	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	100
	37 39	-	100	100	100	42.5	-	-	-	100	100	100	-	-	-	100	100
	38 40	-	100	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
	39 42	-	-	-	12.5	-5	-	100	100	-	100	-	-	100	100	-	-
	40 43	-100	-	-	17.5	22.5	-	100	100	100	-	-	-	100	100	100	-
X15	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 31	100	-100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X16	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2 0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X16	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0 3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X17	1 1	100	100	-	100	95	-	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100
	3 2	-	-	-	-	-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X17	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1 4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	17.5	100	-	-	100	100
X18	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 2	-100	-100	-100	-100	100	100	100	100	100	100	82.5	100	100	100	100	100
X19	1 1	100	100	100	100	100	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2 2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X19	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100







Continuación...ANEXO 13

Características		Líneas								
		49	50	51	52	53	54	55	56	57
X20	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X21	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X22	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X23	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X24	1	100	-	-	100	-	100	100	100	100
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	100	100	-	100	-	-	-	-
X27	0	100	2,5	-	100	22,5	100	100	100	100
	1	-	97,5	72,5	-	75	-	-	-	-
	3	-	-	27,5	-	2,5	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X28	1	100	2,5	67,5	100	22,5	100	100	100	100
	2	-	-	32,5	-	-	-	-	-	-
	3	-	97,5	-	-	75	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuación...ANEXO 13

		Líneas															
racterísticas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,5	-	-	-	-
	2	100	17,5	2,6	41	33,3	-	5	-	2,6	-	2,5	87,5	97,4	100	-	100
	3	-	62,5	84,6	35,9	38,5	100	95	64,1	69,2	52,5	97,5	-	2,6	-	100	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	20,00	12,8	23,1	28,2	-	-	35,9	28,2	47,5	-	-	-	-	-	-
0	1	100	95.	100.	89,7	78,9	100	100	100	97,4	97,5	47,5	100	74,4	62,5	5	100
	2	-	5.	-	10,3	21,1	-	-	-	2,6	2,5	52,5	-	25,6	37,5	95	-
3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	30	15.	15,4	7,7	12,3	30	22,5	2,56	5,1	-	10	5	7,7	-	2,5	-
	5	20	47,5	20,5	23,1	15,4	20	52,5	10,2	7,7	-	27,5	20	53,8	42,5	62,5	55
	7	15	32,5	30,8	43,6	34,9	32,5	22,5	23,1	35,9	7,5	42,5	55	38,5	57,5	32,5	40
	9	35	5.	33,3	25,6	37,4	17,5	2,5	64,1	51,3	92,5	20	20	-	-	2,5	5
4	1	82,5	47,5	20,5	26	74,4	62,5	7,5	25,6	25,6	65	70	17,5	5,2	5	2,5	-
	3	15	37,5	64,1	38,4	23,1	32,5	70	61,5	71,8	30	30	67,5	30,7	35	50	72,5
	5	-	10.	10,3	17,8	-	2,5	7,5	5,2	-	5	-	2,5	10,3	17,5	17,5	12,5
	7	2,5	5.	5,1	17,8	2,5	2,5	15	7,7	2,56	-	-	12,5	53,8	42,5	30	15
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1	10	20.	14,4	12,8	16,4	17,5	25	30,7	7,7	5	32,5	72,5	15,4	22,5	15	57,5
	3	37,5	37,5	51,3	28,2	54,4	50	42,5	41	61,5	42,5	30	27,5	51,3	60	72,5	42,5
	5	30	37,5	23,1	35,9	13,8	27,5	20	23,1	7,7	32,5	22,5	-	30,7	15	10	-
	7	5	2,5	5,1	15,4	7,7	5	12,5	2,6	5,3	15	7,5	-	2,56	-	-	-
	9	17,5	2,5	5,1	7,7	7,7	-	-	2,6	17,8	5	7,5	-	-	2,5	2,5	-
7	1	2,5	47,5	94,9	61,5	58,9	100	80	94,9	97,4	97,5	70	97,5	100	95	92,5	95
	3	95	52,5	5,1	35,9	41	-	20	5,1	2,6	2,5	30	2,5	-	5	7,5	5
	5	2,5	-	-	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	1	-	7,50	-	2,6	-	-	27,5	5,1	5,1	-	7,5	40	2,6	-	-	-
	3	95	87,5	82,1	97,4	97,4	55	72,5	94,9	94,9	100	92,5	60	97,4	97,5	100	100
	5	5	5.	17,9	-	2,6	45	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-

Continuación...ANEXO 13

Características	Líneas															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
X29																
1	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	2,6	-	-	-
2	100	100	15	30,8	60	-	-	-	2,5	14,3	13,5	5,2	-	-	100	20
3	-	-	60	69,2	2,5	-	70	97,4	55	74,3	46	25,6	2,7	71,8	-	80
4	-	-	-	-	-	-	-	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	25	-	-	100	30	-	42,5	11,4	40,5	69,2	94,7	28,2	-	-
X30																
1	100	95	87,5	100	100	87,5	87,5	100	100	85,7	100	100	100	100	100	100
2	-	5	12,5	-	-	12,5	12,5	-	-	14,3	-	-	-	-	-	-
X33																
1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2,5	20	12,5	10,2	12,5	10	7,5	7,9	12,5	5,8	5,27	5,1	21	2,6	-	2,5
5	85	52,5	67,5	51,3	7,5	32,5	30	31,9	22,5	66,6	2,63	5,1	21	12,8	17,5	72,5
7	12,5	27,5	12,5	23,1	12,5	40	52,5	36,8	42,5	16,2	15,8	2,6	15,8	30,8	62,5	15
9	-	-	2,5	15,3	-	17,5	10	23,4	22,5	11,4	76,3	87,2	42,2	53,8	20	10
X34																
1	15	37,5	25	48,7	20	2,5	82,5	34,2	57,5	37,1	60,5	64,5	65,8	76,9	70	65
3	72,5	47,5	70	48,7	62,5	62,5	17,5	55,2	40	54,3	39,5	35,5	2,6	20,5	27,5	27,5
5	2,5	15	2,5	-	10	12,5	-	7,9	2,5	-	-	-	29	-	2,5	7,5
7	10	-	2,5	2,6	7,5	22,5	-	2,7	-	8,6	-	-	2,6	2,6	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X36																
1	52,5	72,5	40	58,9	2,5	22,5	10	13,1	5	11,4	24,3	5,3	7,9	12,8	57,5	55
3	37,5	22,5	22,5	20,5	42,5	40	60	31,6	35	28,6	64,9	46,2	50	46,2	27,5	32,5
5	10	5	22,5	7,7	32,5	25	17,5	42,1	47,5	42,8	10,8	33,3	26,3	28,2	10	12,5
7	-	-	2,5	7,7	-	10	10	7,9	12,5	14,5	-	12,8	-	7,7	5	-
9	-	-	12,5	5,2	-	2,5	2,5	5,3	-	2,7	-	2,4	15,8	5,1	-	-
X37																
1	100	100	100	100	97,5	97,5	100	97,4	95	97,1	100	100	100	97,4	97,5	100
3	-	-	-	-	-	2,5	-	2,6	5	2,9	-	-	-	2,6	2,5	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X38																
1	53	67,5	-	58,9	17,5	15	15	7,9	-	5,7	-	-	-	-	-	5
3	47	32,5	100	41,1	82,5	85	85	92,1	100	94,3	100	100	100	100	-	95
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-

Continuación...ANEXO 13

Características	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
X29																
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	100	100	100	100	100	100	97,5	100	100	100	-	-	100	100	100
3	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	100	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-
X30																
1	100	100	100	100	100	100	100	87,5	100	100	100	100	100	100	97,5	100
2	-	-	-	-	-	-	-	12,5	-	-	-	-	-	-	2,5	-
X33																
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	2,5	2,5	2,5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
5	11,4	72,5	25	35	80	82,5	40	52,5	65	85	57,5	40	20	56,4	47,5	70
7	31,5	22,5	62,5	57,5	17,5	17,5	55	35	17,5	10	32,5	52,5	27,5	43,6	37,5	22,5
9	57,1	5	10	5	-	-	5	12,5	17,5	-	10	7,5	52,5	-	15	7,5
X34																
1	5,7	2,5	5	40	2,5	25	15	57,5	92,5	15	5	60	-	58,9	2,5	7,5
3	8,7	50	45	57,5	47,5	57,5	70	42,5	5	40	40	37,5	35	33,3	25	62,5
5	2,8	12,5	20	-	10	7,5	12,5	-	-	5	10	2,5	17,5	5,1	22,5	5
7	82,8	35	30	2,5	40	10	2,5	-	2,5	40	45	-	47,5	2,7	50	25
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X36																
1	74,3	57,5	60	92,5	95	65	75	37,5	70	97,5	65	90	82,5	74,3	72,5	82,5
3	25,7	40	32,5	7,5	5	35	17,5	47,5	27,5	2,5	32,5	10	17,5	17,9	25	15
5	-	2,5	7,5	-	-	-	7,5	15	-	-	2,5	-	-	7,8	2,5	2,5
7	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X37																
1	91,4	100	47,8	25	80	87,5	25	100	100	100	97,5	87,5	97,5	100	87,5	87,5
3	8,6	-	52,2	75	20	12,5	75	-	-	-	2,5	12,5	2,5	-	12,5	12,5
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X38																
1	-	17,5	-	-	65	87,5	50	-	-	-	2,5	-	-	-	7,5	42,5
3	100	77,5	100	97,5	35	12,5	50	2,5	45	100	97,5	-	100	97,4	92,5	57,5
5	-	5	-	2,5	-	-	-	97,5	55	-	-	100	-	2,56	-	-

Características	49	50	51	52	53	54	55	56	57
X29									
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	100	-	-	100	12,5	100	100	100	2,5
3	-	100	100	-	87,5	-	-	-	97,5
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X30									
1	100	100	100	100	100	100	100	100	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	100
X33									
1	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-
3	2,5	-	-	-	2,5	-	-	-	-
5	50	87,5	65	60	70	40	52,5	40	67,5
7	30	12,5	32,5	25	27,5	35	37,5	52,5	17,5
9	17,5	-	2,5	15	-	22,5	10	7,5	15
X34									
1	72,5	77,5	20	-	-	2,5	17,5	35	-
3	20	17,5	55	20	5	85	17,5	55	15
5	-	-	7,5	2,5	-	7,5	20	2,5	17,5
7	7,5	5	17,5	77,5	95	5	45	7,5	67,5
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X36									
1	70	70	85	97,4	55	72,5	77,5	57,5	52,5
3	30	30	12,5	2,6	42,5	22,5	20	32,5	45
5	-	-	2,5	-	2,5	2,5	2,5	10	2,5
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-
X37									
1	80	100	90	100	87,5	100	100	100	97,5
3	20	-	10	-	12,5	-	-	-	2,5
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X38									
1	27,5	97,5	2,5	37,5	2,5	75	85	-	37,5
3	72,5	2,5	97,5	62,5	97,5	25	15	10	62,5
5	-	-	-	-	-	-	-	90	-









## ANEXO 14

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de los días a floración de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	102.00	108.00	104.73	1.45	1.38
2	104.00	116.00	109.65	2.82	2.57
3	99.00	112.00	103.95	3.19	3.07
4	97.00	114.00	103.88	3.15	3.03
5	88.00	114.00	100.40	6.17	6.15
6	90.00	105.00	95.53	3.49	3.66
7	92.00	105.00	98.78	4.00	4.05
8	97.00	108.00	102.95	3.16	3.07
9	95.00	110.00	100.78	4.29	4.25
10	102.00	111.00	104.60	1.89	1.81
11	83.00	97.00	90.58	4.11	4.54
12	84.00	100.00	89.50	4.08	4.56
13	88.00	105.00	96.53	5.04	5.22
14	90.00	101.00	93.90	3.11	3.31
15	84.00	102.00	90.65	4.52	4.99
16	81.00	98.00	86.55	2.78	3.21
17	84.00	96.00	89.05	3.47	3.90
18	82.00	93.00	88.60	2.89	3.26
19	82.00	101.00	92.15	5.87	6.37
20	79.00	100.00	88.25	6.25	7.08
21	84.00	102.00	91.15	5.69	6.24
22	90.00	105.00	97.70	4.40	4.51
23	94.00	105.00	100.50	3.82	3.80
24	80.00	105.00	98.78	7.15	7.24
25	97.00	105.00	101.18	2.51	2.48
26	92.00	105.00	98.60	4.96	5.03
27	99.00	113.00	103.55	2.12	2.05
28	96.00	106.00	103.55	1.71	1.65
29	96.00	116.00	104.65	4.81	4.60
30	88.00	116.00	104.85	5.66	5.40
31	83.00	102.00	91.68	5.03	5.48
32	72.00	94.00	80.08	5.16	6.45
33	71.00	84.00	76.17	3.20	4.21
34	70.00	79.00	75.03	2.21	2.95
35	61.00	73.00	65.33	2.64	4.05
36	74.00	85.00	79.60	3.40	4.27
37	71.00	85.00	75.75	3.14	4.14
38	73.00	86.00	78.65	4.22	5.37
39	65.00	81.00	70.58	4.36	6.18
40	78.00	87.00	81.78	2.26	2.76
41	78.00	91.00	84.38	3.80	4.50
42	78.00	91.00	84.43	3.70	4.38
43	82.00	98.00	88.75	5.14	5.79
44	66.00	83.00	73.80	5.59	7.58
45	71.00	82.00	74.70	2.77	3.70
46	68.00	88.00	78.63	5.56	7.07
47	77.00	92.00	84.58	3.85	4.55
48	72.00	92.00	85.30	4.93	5.78
49	67.00	79.00	71.38	3.51	4.91
50	83.00	94.00	86.88	3.28	3.78
51	75.00	98.00	79.60	6.74	8.46
52	70.00	79.00	75.05	3.00	4.00
53	78.00	95.00	83.83	5.35	6.39
54	64.00	71.00	67.63	1.44	2.14
55	65.00	70.00	67.88	1.07	1.57
56	70.00	90.00	78.45	4.50	5.74
57	74.00	85.00	79.78	3.11	3.90

## ANEXO 15

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de la longitud de la lámina de la hoja bandera de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	24.60	47.10	38.02	5.57	14.65
2	24.30	53.50	38.60	7.87	20.39
3	22.70	47.10	33.51	6.32	18.85
4	21.30	59.40	38.22	8.29	21.68
5	17.50	50.00	35.64	7.85	22.03
6	26.20	57.90	40.98	8.77	21.41
7	15.20	49.00	36.54	7.00	19.16
8	22.70	41.00	32.21	4.58	14.23
9	14.50	59.50	36.44	8.72	23.94
10	20.60	48.20	33.46	6.16	18.42
11	19.20	40.00	32.42	5.37	16.56
12	20.00	47.70	31.26	6.16	19.70
13	19.60	45.60	32.84	7.03	21.42
14	25.40	46.40	34.43	4.94	14.34
15	17.60	44.00	32.17	5.98	18.60
16	19.20	45.50	31.47	5.38	17.10
17	13.00	43.50	28.38	6.42	22.61
18	18.10	42.10	28.54	5.95	20.85
19	21.90	43.40	33.44	5.32	15.93
20	15.20	38.50	26.42	6.63	25.08
21	23.30	43.80	31.06	5.17	16.64
22	17.20	47.00	34.20	7.60	22.23
23	20.00	48.40	36.59	7.22	19.74
24	19.50	47.00	34.78	6.33	18.20
25	22.50	52.20	32.90	7.26	22.06
26	19.50	46.00	35.00	6.69	19.12
27	21.30	51.50	35.29	7.12	20.18
28	25.00	46.00	35.00	5.89	16.84
29	27.70	53.80	38.25	6.50	16.98
30	24.70	57.00	37.44	8.52	22.75
31	26.90	50.00	37.47	5.65	15.09
32	20.20	39.40	30.63	5.07	16.54
33	20.50	49.50	35.08	6.84	19.49
34	23.90	43.80	32.70	5.38	16.46
35	19.80	46.00	32.94	4.89	14.86
36	22.40	41.70	31.23	4.92	15.77
37	25.00	42.90	33.07	4.15	12.56
38	23.00	40.50	31.18	5.03	16.15
39	21.00	36.40	28.38	3.68	12.95
40	24.60	52.30	40.13	7.07	17.61
41	28.00	55.40	41.28	5.88	14.24
42	20.00	52.40	32.33	7.53	23.30
43	21.80	51.00	36.24	6.99	19.29
44	22.20	49.10	35.64	6.84	19.19
45	27.00	43.80	36.05	4.45	12.36
46	17.70	47.80	34.46	5.61	16.27
47	22.30	51.80	38.94	7.41	19.04
48	21.30	48.10	33.37	7.19	21.55
49	18.60	37.50	25.01	4.29	17.17
50	12.50	43.70	31.17	6.52	20.92
51	23.20	52.50	38.82	6.49	16.72
52	27.50	47.00	35.42	4.82	13.61
53	23.60	40.50	32.48	4.02	12.39
54	20.00	36.50	29.25	4.23	14.47
55	21.60	43.00	33.80	5.54	16.39
56	23.80	43.70	36.14	4.20	11.61
57	23.60	47.20	33.33	5.60	16.80

## ANEXO 16

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) del ancho de la lámina de la hoja bandera de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	1.00	2.00	1.57	0.22	14.29
2	1.10	2.00	1.38	0.18	13.16
3	1.00	1.60	1.36	0.16	11.99
4	1.00	1.90	1.39	0.24	16.93
5	1.00	1.70	1.38	0.17	12.07
6	0.90	1.50	1.22	0.13	10.62
7	1.00	1.90	1.51	0.20	13.21
8	1.10	1.80	1.35	0.15	10.85
9	0.80	1.90	1.39	0.19	13.59
10	1.00	1.06	1.32	0.15	11.75
11	1.10	1.60	1.31	0.12	8.94
12	1.20	1.80	1.47	0.17	11.51
13	0.90	1.70	1.33	0.20	14.75
14	1.00	1.70	1.42	0.16	11.06
15	1.00	1.90	1.40	0.20	13.98
16	1.00	1.90	1.57	0.15	9.77
17	1.30	1.90	1.63	0.16	9.65
18	0.90	2.00	1.61	0.24	14.87
19	1.10	1.70	1.46	0.14	9.79
20	1.20	2.00	1.57	0.21	13.13
21	1.10	2.00	1.56	0.17	11.09
22	1.20	2.00	1.42	0.19	13.17
23	1.00	1.90	1.47	0.20	13.58
24	1.10	1.70	1.41	0.13	9.12
25	1.10	1.80	1.37	0.15	11.16
26	1.10	1.70	1.36	0.15	10.88
27	1.10	1.70	1.34	0.14	10.13
28	1.00	1.60	1.35	0.14	10.31
29	0.90	1.60	1.31	0.15	11.65
30	1.00	1.60	1.33	0.18	13.71
31	1.10	1.70	1.42	0.17	12.26
32	1.00	2.00	1.38	0.23	17.02
33	0.90	1.60	1.25	0.17	13.82
34	1.00	1.80	1.43	0.21	14.62
35	0.90	1.70	1.24	0.19	15.25
36	0.70	1.90	1.18	0.24	20.40
37	1.00	1.70	1.40	0.17	11.89
38	1.00	1.80	1.38	0.20	14.70
39	1.00	1.60	1.22	0.17	14.29
40	1.00	1.60	1.31	0.14	10.87
41	0.90	2.00	1.37	0.25	18.09
42	1.00	1.90	1.50	0.20	13.28
43	1.10	2.00	1.50	0.25	16.34
44	0.90	1.50	1.20	0.17	14.03
45	1.00	1.50	1.29	0.14	10.87
46	0.90	1.50	1.37	0.13	9.52
47	1.00	1.70	1.43	0.17	12.18
48	0.30	1.60	1.32	0.24	18.11
49	0.70	3.00	1.14	0.46	40.66
50	0.70	2.00	1.58	0.26	16.25
51	1.00	1.70	1.36	0.17	12.33
52	0.30	1.40	1.11	0.19	17.02
53	0.80	1.80	1.13	0.18	15.93
54	0.60	1.20	1.04	0.14	13.40
55	0.10	1.60	1.25	0.25	20.05
56	0.90	1.40	1.13	0.12	10.81
57	1.10	1.80	1.47	0.21	14.01

## ANEXO 17

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar(Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de la longitud de la lámina foliar de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	30.08	52.80	44.99	4.84	10.76
2	32.20	63.00	44.54	7.56	16.97
3	29.00	55.00	42.22	6.85	16.23
4	32.10	62.90	46.14	7.09	15.36
5	21.10	62.00	47.24	7.83	16.58
6	33.60	66.30	49.76	6.67	13.40
7	37.60	63.80	48.44	6.83	14.09
8	28.50	51.50	40.97	4.68	11.42
9	34.00	56.10	44.56	6.11	13.71
10	33.40	54.50	41.98	5.13	12.21
11	31.60	58.50	43.58	6.16	14.13
12	34.60	61.20	47.58	6.65	13.98
13	30.10	58.50	43.78	6.67	15.24
14	35.50	59.50	46.51	6.02	12.95
15	30.80	66.60	47.02	7.51	15.98
16	35.80	56.80	49.09	4.87	9.92
17	29.50	62.00	46.48	7.21	15.50
18	23.20	58.80	43.86	8.02	18.29
19	43.50	61.80	50.91	4.27	8.39
20	33.50	56.30	45.65	5.33	11.69
21	35.20	65.50	47.65	5.90	12.39
22	36.50	59.90	45.96	5.05	10.98
23	35.30	60.20	48.73	6.76	13.88
24	33.20	53.20	44.36	5.09	11.47
25	34.30	59.40	43.95	5.42	12.33
26	35.00	59.00	46.67	6.99	14.98
27	37.80	60.40	47.60	5.67	11.92
28	31.10	53.00	44.98	5.29	11.76
29	34.80	60.70	46.42	5.77	12.42
30	34.30	62.20	47.98	6.64	13.83
31	38.50	59.50	48.37	5.05	10.45
32	34.00	55.00	44.48	5.35	12.02
33	47.40	68.60	57.13	4.12	7.21
34	34.50	60.20	44.76	6.09	13.60
35	27.80	56.50	40.49	6.17	15.24
36	21.20	56.20	43.05	6.73	15.63
37	31.50	56.30	42.92	5.29	12.32
38	29.50	55.70	41.18	6.70	16.26
39	30.00	50.40	39.10	5.83	14.91
40	41.20	61.40	50.43	4.95	9.81
41	43.00	60.70	52.14	4.31	8.27
42	35.20	72.80	48.94	8.29	16.93
43	36.10	69.00	53.23	7.95	14.93
44	17.00	60.00	47.61	8.31	17.46
45	10.20	51.00	38.45	7.35	19.11
46	40.20	59.00	47.74	4.41	9.23
47	37.50	66.50	53.13	7.21	13.56
48	33.00	60.30	48.51	6.94	14.31
49	28.00	57.00	37.54	6.99	18.62
50	35.00	58.00	46.18	6.50	14.08
51	33.50	59.30	46.93	5.62	11.97
52	20.80	51.00	39.63	5.97	15.06
53	28.80	50.40	39.88	4.87	12.21
54	26.90	46.50	38.50	4.98	12.93
55	28.40	47.00	38.64	5.06	13.10
56	32.80	52.00	44.35	3.91	8.82
57	32.60	55.60	45.03	6.17	13.70

## ANEXO 18

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de la achura de la lámina foliar de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	1.10	1.80	1.42	0.19	13.58
2	1.00	1.80	1.24	0.17	13.79
3	0.90	1.40	1.15	0.12	10.75
4	0.90	1.70	1.19	0.20	16.59
5	0.90	1.50	1.17	0.15	13.21
6	0.90	1.60	1.11	0.16	14.68
7	0.90	1.90	1.27	0.21	16.96
8	1.00	1.60	1.20	0.11	9.29
9	1.10	1.50	1.24	0.09	7.15
10	0.90	1.40	1.22	0.15	12.04
11	0.80	1.40	1.12	0.14	12.75
12	1.00	1.60	1.29	0.14	11.15
13	0.70	1.50	1.07	0.15	13.96
14	0.80	1.50	1.13	0.16	13.93
15	0.50	1.60	1.18	0.25	21.49
16	0.50	1.50	1.15	0.21	18.01
17	0.90	1.70	1.31	0.18	13.61
18	0.80	1.70	1.28	0.19	15.20
19	0.80	1.50	1.23	0.14	11.68
20	0.90	1.80	1.33	0.20	15.03
21	0.90	1.50	1.22	0.16	12.88
22	0.80	1.90	1.22	0.19	15.55
23	1.00	1.80	1.34	0.20	14.90
24	1.10	1.60	1.28	0.15	11.53
25	1.00	1.50	1.27	0.15	12.01
26	1.00	1.60	1.23	0.11	9.17
27	1.00	1.50	1.20	0.14	11.79
28	1.00	1.60	1.20	0.15	12.20
29	0.80	1.40	1.14	0.15	13.43
30	0.90	1.50	1.19	0.15	12.25
31	0.60	1.40	1.11	0.23	21.03
32	0.60	1.50	1.10	0.21	19.50
33	0.70	1.70	1.03	0.19	18.42
34	0.40	1.70	1.13	0.24	21.16
35	0.60	1.20	0.95	0.17	17.97
36	0.50	1.90	0.93	0.24	26.09
37	0.70	1.30	0.99	0.14	13.95
38	0.70	1.40	1.03	0.17	16.93
39	0.50	1.20	0.99	0.15	15.37
40	0.50	1.50	0.97	0.17	18.11
41	0.80	1.80	1.12	0.22	19.34
42	0.60	1.80	1.23	0.27	22.25
43	0.70	1.90	1.17	0.25	21.52
44	0.40	1.20	0.91	0.18	20.19
45	0.60	1.30	0.98	0.15	15.28
46	0.80	1.70	1.07	0.19	18.03
47	0.70	1.50	1.15	0.18	15.48
48	0.50	1.60	1.09	0.24	21.88
49	0.70	1.30	0.94	0.19	20.53
50	1.00	1.70	1.32	0.15	11.75
51	0.70	1.90	1.08	0.28	25.70
52	0.50	1.20	0.81	0.16	19.88
53	0.50	1.20	0.88	0.16	18.66
54	0.50	1.00	0.82	0.11	13.58
55	0.60	1.30	0.96	0.21	22.10
56	0.60	1.00	0.78	0.11	14.54
57	0.80	1.50	1.23	0.19	15.32

## ANEXO 19

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de los días a la madurez de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	132.00	138.00	134.75	1.50	1.11
2	136.00	148.00	141.78	2.77	1.95
3	129.00	142.00	135.13	3.35	2.48
4	130.00	141.00	136.00	2.84	2.09
5	119.00	140.00	131.26	5.70	4.34
6	125.00	140.00	130.40	3.61	2.77
7	127.00	140.00	133.75	3.97	2.97
8	132.00	143.00	137.93	3.15	2.28
9	130.00	145.00	135.93	4.17	3.06
10	132.00	141.00	134.95	2.24	1.66
11	118.00	132.00	125.70	4.16	3.31
12	119.00	135.00	124.50	4.08	3.28
13	118.00	135.00	126.56	5.04	3.98
14	120.00	131.00	123.65	2.92	2.36
15	106.00	132.00	120.03	5.37	4.47
16	111.00	120.00	116.30	2.09	1.80
17	114.00	126.00	119.05	3.47	2.92
18	112.00	123.00	118.60	2.89	2.44
19	117.00	136.00	127.15	5.87	4.62
20	114.00	135.00	123.25	6.25	5.07
21	119.00	137.00	126.18	5.66	4.48
22	125.00	140.00	132.70	4.40	3.32
23	128.00	139.00	134.50	3.82	2.84
24	100.00	139.00	131.93	8.83	6.69
25	132.00	140.00	136.53	2.61	1.91
26	127.00	140.00	133.60	4.96	3.71
27	134.00	148.00	138.55	2.12	1.53
28	131.00	141.00	138.54	1.73	1.25
29	131.00	151.00	139.65	4.81	3.45
30	123.00	151.00	139.80	5.67	4.05
31	118.00	131.00	125.40	3.89	3.10
32	107.00	129.00	115.08	5.16	4.48
33	103.00	128.00	108.46	3.17	2.93
34	100.00	109.00	105.03	2.21	2.11
35	92.00	104.00	96.40	2.59	2.69
36	104.00	115.00	109.60	3.40	3.10
37	101.00	115.00	105.79	3.16	2.99
38	103.00	116.00	108.60	4.27	3.93
39	95.00	111.00	100.80	4.30	4.26
40	118.00	127.00	121.73	2.30	1.89
41	117.00	126.00	121.65	2.66	2.18
42	111.00	124.00	117.43	3.70	3.15
43	112.00	128.00	118.75	5.14	4.33
44	101.00	118.00	108.90	5.50	5.05
45	101.00	112.00	104.73	2.80	2.67
46	99.00	119.00	109.60	5.56	5.08
47	103.00	123.00	114.43	4.76	4.16
48	103.00	123.00	116.18	4.93	4.25
49	97.00	109.00	101.35	3.53	3.49
50	113.00	124.00	116.00	3.28	2.83
51	105.00	128.00	109.60	6.74	6.15
52	103.00	114.00	109.70	3.65	3.32
53	113.00	130.00	118.78	5.39	4.54
54	96.00	108.00	101.00	2.39	2.36
55	101.00	115.00	109.08	3.57	3.27
56	105.00	123.00	112.80	3.72	3.30
57	109.00	120.00	114.28	3.11	2.71



## ANEXO 20

Valores mínimos, máximos, promedio, varianza, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de altura de planta de las 57 líneas de arroz

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	89.00	133.00	118.73	8.96	7.54
2	94.00	123.00	111.23	7.52	6.76
3	94.00	133.00	115.80	8.29	7.16
4	102.00	149.00	121.51	11.07	9.11
5	90.00	135.00	114.08	9.33	8.18
6	102.00	131.00	116.33	6.91	5.94
7	90.00	119.00	105.20	6.88	6.54
8	92.00	134.00	113.40	8.29	7.31
9	94.00	132.00	110.18	8.86	8.04
10	99.00	130.00	116.21	6.84	5.88
11	97.00	117.00	109.05	5.62	5.15
12	94.00	112.00	103.48	4.98	4.81
13	96.00	127.00	110.64	6.83	6.17
14	102.00	127.00	113.68	6.20	5.46
15	103.00	125.00	114.65	6.43	5.61
16	97.00	128.00	109.68	6.96	6.34
17	105.00	135.00	119.03	5.35	4.49
18	108.00	133.00	118.35	5.50	4.65
19	106.00	136.00	121.80	7.40	6.08
20	103.00	130.00	111.80	6.87	6.14
21	104.00	132.00	118.65	6.58	5.55
22	97.00	120.00	107.48	5.28	4.91
23	97.00	132.00	116.40	7.97	6.84
24	100.00	132.00	116.90	8.26	7.06
25	93.00	131.00	115.00	8.73	7.59
26	98.00	124.00	112.97	5.97	5.28
27	102.00	140.00	122.45	7.97	6.51
28	105.00	146.00	124.28	8.71	7.00
29	105.00	136.00	117.79	6.80	5.77
30	97.00	130.00	115.95	9.73	8.39
31	94.00	127.00	111.70	7.76	6.95
32	90.00	125.00	106.33	8.20	7.71
33	90.00	128.00	104.46	8.78	8.40
34	89.00	111.00	101.05	5.34	5.29
35	84.00	112.00	93.48	5.73	6.13
36	93.00	121.00	107.98	7.23	6.70
37	85.00	108.00	95.80	5.12	5.34
38	87.00	117.00	99.45	7.26	7.30
39	84.00	110.00	98.63	6.39	6.48
40	94.00	123.00	111.58	6.71	6.01
41	97.00	127.00	111.95	6.55	5.85
42	100.00	125.00	109.88	5.93	5.40
43	95.00	124.00	109.23	6.97	6.38
44	86.00	122.00	104.78	9.67	9.23
45	87.00	112.00	97.08	7.19	7.40
46	95.00	122.00	110.72	5.69	5.14
47	96.00	123.00	107.75	6.51	6.04
48	81.00	124.00	101.73	8.07	7.93
49	97.00	120.00	102.53	7.75	7.56
50	104.00	126.00	113.88	3.83	3.36
51	100.00	127.00	112.90	6.66	5.90
52	82.00	109.00	94.20	6.05	6.42
53	88.00	112.00	101.08	5.51	5.45
54	78.00	103.00	88.45	5.48	6.19
55	86.00	113.00	98.45	5.87	5.96
56	90.00	115.00	102.95	6.40	6.22
57	92.00	124.00	107.35	7.27	6.77

## ANEXO 21

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de longitud de la semilla de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	0.90	1.00	0.96	0.05	5.17
2	0.80	1.00	0.94	0.05	5.80
3	0.80	1.00	0.96	0.06	5.77
4	0.80	1.10	0.99	0.07	6.65
5	0.80	1.10	0.99	0.05	5.29
6	0.90	1.00	0.94	0.05	5.23
7	0.80	1.00	0.95	0.07	7.17
8	0.70	1.00	0.93	0.07	7.90
9	0.80	1.00	0.93	0.06	6.11
10	0.80	1.00	0.93	0.06	6.59
11	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
12	0.70	1.00	0.92	0.10	10.44
13	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
14	0.90	1.00	0.99	0.04	3.67
15	0.80	1.10	0.98	0.07	7.50
16	0.80	1.00	0.90	0.07	7.31
17	0.80	1.10	0.98	0.07	6.75
18	0.80	1.00	0.95	0.06	6.28
19	0.90	1.10	1.05	0.06	5.29
20	0.80	1.00	0.97	0.05	5.59
21	0.80	1.10	0.98	0.08	8.19
22	0.80	1.00	0.96	0.05	5.74
23	0.90	1.00	0.98	0.04	4.13
24	0.90	1.10	0.97	0.06	6.03
25	0.90	1.10	0.99	0.04	3.83
26	0.80	1.00	0.95	0.06	5.87
27	0.90	1.00	0.95	0.05	5.33
28	0.80	1.00	0.92	0.05	5.81
29	0.90	1.10	0.95	0.06	5.85
30	0.90	1.00	0.94	0.05	5.19
31	0.70	0.90	0.84	0.06	7.19
32	0.80	1.00	0.92	0.06	6.72
33	0.80	1.00	0.94	0.06	5.88
34	0.70	1.00	0.83	0.07	8.33
35	0.80	1.10	0.97	0.08	8.16
36	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
37	0.80	1.10	0.95	0.08	8.28
38	0.80	1.10	0.94	0.07	7.17
39	0.80	1.10	0.97	0.07	6.86
40	0.90	1.00	0.93	0.05	5.09
41	0.80	1.00	0.97	0.05	5.43
42	0.70	1.00	0.92	0.10	10.55
43	0.80	1.00	0.94	0.08	8.60
44	0.80	1.00	0.96	0.05	5.68
45	0.80	1.10	0.92	0.05	5.61
46	0.80	1.00	0.87	0.06	7.78
47	0.50	1.00	0.94	0.09	9.27
48	0.80	1.00	0.93	0.05	5.55
49	0.80	1.10	0.98	0.06	6.47
50	0.70	1.00	0.92	0.09	9.97
51	0.80	1.00	0.91	0.05	5.28
52	0.90	1.10	0.99	0.05	5.01
53	0.70	1.00	0.94	0.07	7.93
54	0.90	1.00	0.99	0.03	3.39
55	0.80	1.10	1.00	0.06	6.79
56	0.70	1.00	0.87	0.08	9.35
57	0.80	1.00	0.93	0.06	5.97

## ANEXO 22

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de la anchura de la semilla de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	0.20	0.30	0.30	0.02	5.31
2	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
3	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
4	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
5	0.20	0.30	0.30	0.02	5.38
6	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
7	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
8	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
9	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
10	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
11	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
12	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
13	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
14	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
15	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
16	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
17	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
18	0.20	0.30	0.29	0.03	9.12
19	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
20	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
21	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
22	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
23	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
24	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
25	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
26	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
27	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
28	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
29	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
31	0.20	0.30	0.29	0.02	8.00
32	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
33	0.20	0.30	0.29	0.03	11.19
34	0.20	0.30	0.27	0.05	16.59
35	0.20	0.40	0.29	0.04	13.24
36	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
37	0.20	0.30	0.30	0.02	7.48
38	0.20	0.30	0.30	0.02	5.31
39	0.20	0.30	0.30	0.02	7.48
40	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
41	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
42	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
43	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
44	0.20	0.30	0.29	0.03	11.65
45	0.20	0.30	0.30	0.02	5.31
46	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
47	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
48	0.20	0.30	0.30	0.02	5.31
49	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
50	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
51	0.20	0.30	0.30	0.02	5.31
52	0.30	0.40	0.30	0.02	5.23
53	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
54	0.20	0.30	0.30	0.02	5.31
55	0.30	0.40	0.30	0.02	5.23
56	0.20	0.30	0.29	0.04	12.69
57	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00



## ANEXO 23

Valores mínimos, máximos, promedio, desviación estándar (Des.Est.) y coeficiente de variación (C.V.) de la longitud de la panícula de las 57 líneas de arroz.

Línea	Minimo	Máximo	Promedio	Des. Est.	C. Var.
1	25.40	38.60	30.89	2.88	9.33
2	22.00	29.60	25.84	2.05	7.93
3	23.00	32.50	27.95	2.40	8.58
4	23.30	36.40	30.51	3.03	9.93
5	24.00	36.00	27.54	2.64	9.57
6	23.20	34.90	30.28	2.64	8.72
7	23.50	34.70	29.61	2.72	9.19
8	26.00	36.00	29.98	2.11	7.04
9	25.40	33.50	29.55	2.37	8.03
10	26.00	34.50	30.76	1.79	5.82
11	21.20	36.00	26.34	2.83	10.75
12	22.20	27.80	24.49	1.42	5.79
13	18.50	31.70	26.66	2.28	8.54
14	23.20	29.40	26.38	1.43	5.42
15	21.40	30.40	26.85	1.96	7.31
16	22.20	30.00	25.44	1.92	7.57
17	20.30	30.70	26.01	2.40	9.23
18	22.00	29.50	25.48	1.77	6.95
19	23.00	30.00	26.56	1.51	5.70
20	19.40	27.00	24.80	1.62	6.54
21	22.50	32.00	27.04	1.91	7.07
22	24.80	32.60	28.02	1.84	6.57
23	21.30	33.00	25.89	1.86	7.20
24	24.00	33.40	27.81	1.98	7.12
25	22.20	31.80	26.38	2.10	7.96
26	24.00	31.00	26.99	1.62	6.01
27	25.00	33.20	29.17	2.45	8.42
28	24.40	33.20	29.52	2.21	7.50
29	25.00	35.00	29.23	2.12	7.26
30	24.20	36.30	28.43	2.85	10.04
31	21.50	30.50	26.51	1.90	7.16
32	21.40	28.40	24.37	1.77	7.28
33	21.00	30.20	26.68	2.35	8.83
34	22.50	33.00	25.86	1.94	7.50
35	23.00	30.00	27.14	1.85	6.83
36	22.50	30.00	26.12	1.86	7.14
37	23.00	35.00	27.12	1.88	6.95
38	20.50	32.20	27.28	2.68	9.83
39	22.00	28.00	24.98	1.16	4.64
40	23.40	33.00	28.54	2.30	8.05
41	21.50	33.50	28.51	2.74	9.61
42	23.20	29.50	26.31	1.43	5.45
43	25.00	33.30	27.93	1.77	6.32
44	21.70	34.50	25.79	2.93	11.37
45	20.50	27.00	24.08	1.67	6.95
46	25.00	32.70	29.38	1.83	6.24
47	24.00	33.50	29.38	1.92	6.53
48	21.50	30.50	24.68	2.05	8.30
49	21.30	28.00	25.01	1.46	5.85
50	22.10	28.80	25.58	1.60	6.24
51	22.60	30.00	27.04	1.68	6.20
52	19.50	35.00	25.46	2.58	10.13
53	24.30	34.00	29.16	2.23	7.65
54	20.60	26.50	23.84	1.37	5.75
55	19.50	27.40	24.74	1.72	6.95
56	22.30	30.80	27.81	2.03	7.29
57	22.20	29.20	26.66	1.64	6.16



## ANEXO 24

### Evaluación de la calidad molinera de 48 líneas avanzadas de mejoramiento, 5 progenitores y 4 variedades testigos

Línea	G. Entero (gr.)	G. Entero (%)	G. Quebrado (gr.)	G. Quebrado (%)	G. Tiza (gr.)	G. Tiza (%)	Arrocillo (gr.)	Arrocillo (%)	C. Blanco	Rendimiento (%)
1	84,2	33,68	53,6	21,44	0,2	2,0	9,2	3,68	5	58,8
2	103	41,2	44,9	17,96	0,1	1	12	4,8	5	63,96
3	116,7	46,68	29,3	11,72	0,1	1	7,2	2,88	2	61,28
4	131,1	52,44	29,4	11,76	0,3	3	4,7	1,88	3	66,08
5	126,7	50,68	31,6	12,64	0,1	1	5	2	3	65,32
6	126,8	50,72	28	11,2	0	0	4,5	1,8	2	63,72
7	144,8	57,92	17,2	6,88	0,3	3	2,9	1,16	3	65,96
8	100,3	40,12	54,2	21,68	0,1	1	8,8	3,52	2	65,32
9	133,5	53,4	24,4	9,76	0,4	4	4,6	1,84	1,4	65
10	107,6	43,04	49,5	19,8	0	0	8,6	3,44	1,4	66,28
11	134,7	53,88	24,7	9,88	0,2	2	2,7	1,08	4	64,84
12	153,7	61,48	11,9	4,76	0,1	1	1,3	0,52	1	66,76
13	101,8	40,72	51	20,4	0	0	6,3	2,52	2	63,64
14	97,1	38,84	54,3	21,72	0	0	5,1	2,04	1,2	62,6
15	84,8	33,92	65,2	26,08	0	0	9	3,6	2	63,6
16	147,9	59,16	21,1	8,44	0,2	2	3,4	1,36	1,2	68,96
17	104,6	41,84	45,2	18,08	0,1	1	7,2	2,88	2	62,8
18	84,3	33,72	64,4	25,76	0,1	1	10	4	4	63,48
19	106,5	42,6	46,4	18,56	0,1	1	7,3	2,92	3	64,08
20	89,4	35,76	53,3	21,32	0,1	1	5,8	2,32	5	59,4
21	83,5	33,4	64	25,6	0	0	11,3	4,52	3	63,52
22	128,2	51,28	30,5	12,2	0,1	1	3,6	1,44	4	64,92
23	126,7	50,68	29,7	11,88	0	0	4	1,6	3	64,16
24	131	52,4	27,6	11,04	0	0	4,4	1,76	3	65,2
25	134,4	53,76	25,2	10,08	0	0	3,2	1,28	3	65,12
26	97,3	38,92	47,6	19,04	0	0	6	2,4	3	60,36
27	120,8	48,32	31,9	12,76	0	0	5,5	2,2	4	63,28
28	13,03	52,12	22,2	8,88	0,2	2	5,5	2,2	4	63,2
29	130,5	52,2	26,1	10,44	0,1	1	4,4	1,76	4	64,4
30	106,4	42,56	54,7	21,88	0	0	6,5	2,6	3	67,04
31	129,4	51,76	20,3	8,12	0	0	5,4	2,16	1,2	62,04
32	116	46,4	38,7	15,48	0	0	6,8	2,72	2	64,6
33	137,5	55	24,7	9,88	0	0	4,9	1,96	1,4	66,84
34	142,4	56,96	23,1	9,24	0	0	3,6	1,44	1,2	67,64
35	146	58,4	20,7	8,28	0	0	4,5	1,8	1,2	68,48
36	134,9	53,96	23,9	9,56	0	0	6,7	2,68	1	66,2
37	154,5	61,8	15,5	6,2	0	0	2,9	1,16	1,2	69,16
38	152,2	60,88	18,4	7,36	0	0	3,6	1,44	1,2	69,68
39	148,6	59,44	21	8,4	0	0	2,3	0,92	1,2	68,76
40	164,9	65,96	10	4	0	0	1,6	0,64	1	70,6
41	146,4	58,56	21,9	8,76	0,1	1	3,8	1,52	1,2	68,84
42	151,2	60,48	17,8	7,12	0	0	1,9	0,76	1,6	68,36
43	135,9	54,36	24,4	9,8	0	0	5,2	2,08	1,6	66,24
44	114,7	45,88	27,7	11,08	0	0	7,6	3,04	1,4	60
45	140,9	56,36	25,2	10,08	0	0	5,2	2,08	2	68,52
46	145,1	58,04	21	8,4	0	0	4,6	1,84	1,2	68,28
47	134,6	53,84	30,1	12,04	0	0	6,9	2,76	2	68,64
48	149,6	59,84	17,5	7	0	0	3,3	1,32	1,4	68,16
49	137,7	55,08	19,1	7,64	0,1	1	3,8	1,52	1,4	64,24
50	149,5	59,8	18,8	7,52	0	0	2,4	0,96	2	68,28
51	143,2	57,28	22,1	8,84	0,1	1	2,9	1,16	2	67,28
52	143	57,2	21,2	8,48	0	0	3,8	1,52	1	67,2
53	141,9	56,76	18,5	7,4	0	0	4	1,6	1,4	65,76
54	158,1	63,24	17,2	6,88	0,1	1	2,9	1,16	1,2	71,28
55	133,8	53,52	30,7	12,28	0	0	9,7	3,88	1	69,68
56	127,7	51,08	30,6	12,24	0	0	6,9	2,76	1,2	66,08
57	148,5	59,4	18,5	7,4	0	0	3	1,2	1,2	68

## ANEXO 25

Dispersión alcalina de 48 líneas avanzadas de mejoramiento, 5 progenitores y 4 variedades testigos

Dispersión Alcalina de 45 líneas avanzadas de mejoramiento y 12 progenitores.

N°	Tratamiento	Dispersión								DESC.
		1	2	3	4	5	6	7	X	
1	IR-8							12	7	B
2	Colombia-1			11	1				3	A
3	Blue Bonnet			10	2				3,16	A / I
4	1			7	5				3,41	A / I
5	2				12				4	I
6	3			4	8				3,66	I / A
7	4			1	3	8			3,91	I / A
8	5				2	10			4,83	I
9	6				4	4	4		5	I / B
10	7			1	3	8			3,91	I / A
11	8			3	3	4		2	4,58	I / B, A
12	9			3	3	6			4,25	I / A
13	10			2	3	7			4,41	I / A
14	11			5	2	5			4	I / A
15	12			2	8	2			4	I / A
16	13							12	7	B
17	14				1			11	6,75	B / I
18	15				2	1		9	6,33	B / I
19	16			1	8	3			0,16	I / A
20	17			10	2				3,16	A / I
21	18			10	1	1			3,2	A / I
22	19			10	1	1			3,2	A / I
23	20			5	7				3,58	I / A
24	21			6	5	1			3,58	A - I
25	22					12			5	I
26	23				1	11			4,91	I
27	24					12			5	I
28	25					12			5	I
29	26				2	10			4,83	I
30	27				2	5	1	4	5,58	I / B
31	28				10	2			4,16	I
32	29			11				1	3,33	A / B
33	30			7	5				3,41	A / I
34	31			7	3	2			3,58	A / I
35	32				1	7		4	5,58	I / B
36	33			10	1	1			3,25	A / I
37	34				3	7	1	1	5	I / B
38	35			1	3	8			4,58	I / A
39	36				9	3			4,25	I
40	37				8	4			4,33	I
41	38			1	11				3,91	I / A
42	39				12				4	I
43	40			1	11				3,91	I / A
44	41			1	2	9			4,66	I / A
45	42							12	7	B
46	43							12	7	B
47	44			5				7	5,33	B / A
48	45				4	8			4,66	I
49	46				3	9			4,75	I
50	47							12	7	B
51	48			7	3	1		1	3,75	A / I, B
52	49						2	10	6,83	B
53	50							12	7	B
54	51			9	2	1			3,33	A / I
55	52			3	8	1			3,83	I / A
56	53			4	8				3,66	I / A
57	54			2	10				3,83	I / A
58	55							12	7	B
59	56			2	10				3,83	I / A
60	57			2	10				3,83	I / A