

**EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LÍNEAS DE ARROZ (*Oryza sativa*), DEL VIVERO ION – CIAT – SECANO, EN BASE A CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y CALIDAD MOLINERA.**

**OSCAR ELADIO ARCE SORO**

Práctica de Especialidad presentada a la Escuela de Agronomía, como requisito parcial para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2006**

**EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LÍNEAS DE ARROZ (*Oryza sativa*), DEL VIVERO ION – CIAT – SECANO, EN BASE A CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y CALIDAD MOLINERA.**

**OSCAR ELADIO ARCE SORO**

Práctica de Especialidad presentada a la Escuela de Agronomía, como requisito parcial para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2006**

**EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LÍNEAS DE ARROZ (*Oryza sativa*), DEL VIVERO ION – CIAT – SECANO, EN BASE A CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y CALIDAD MOLINERA.**

**OSCAR ELADIO ARCE SORO**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Examinador**

Ing. Agr. José Gerardo Chávez Alfaro, Bach.

\_\_\_\_\_  
Asesor

Ing. Agr. Maynor Santana Jackson, Bach.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE

\_\_\_\_\_  
Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo, Msc

\_\_\_\_\_  
Director  
Escuela de Agronomía

**2006**

## **DEDICATORIA**

A nuestro Dios Todopoderoso, por todas las bendiciones que me ha brindado en el transcurso de mi vida.

A mis Padres Raúl Arce y Cristina Soro por sus consejos, apoyo y sacrificio incondicional brindados durante mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Raúl, Vilma, Felicia y Roberto que de una u otra forma me ofrecieron el apoyo y su ayuda, para poder culminar con éxitos mis estudios.

A Katty, mi querida esposa y a mi hijo Oscar, que día con día me brindaron apoyo, motivación y además fueron la fuente de inspiración para conseguir esta meta.

**A todos muchas gracias y que Dios los Bendiga...**

## **dedicatoria**

A nuestro Dios Todopoderoso, por todas las bendiciones que me ha brindado en el transcurso de mi vida.

A mis Padres Raúl Arce y Cristina Soro por sus consejos, apoyo y sacrificio incondicional brindados durante mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Raúl, Vilma, Felicia y Roberto que de una u otra forma me ofrecieron el apoyo y su ayuda, para poder culminar con éxitos mis estudios.

A Katty, mi querida esposa y a mi hijo Oscar, que día con día me brindaron apoyo, motivación y además fueron la fuente de inspiración para conseguir esta meta.

**A todos muchas gracias y que Dios los Bendiga...**

## **agradecimiento**

Al Ing. José Gerardo Chávez Alfaro por su dedicación, responsabilidad, apoyo y enseñanzas durante todo el desarrollo del proyecto.

A todos los profesores y funcionarios del ITCR que fueron base firme en mi formación profesional.

A los señores Alberto Vasquez "Alejo", Jefry, Carlos y todo el personal de campo de los proyectos productivos del ITCR.

A los funcionarios de investigación de CONARROZ por toda la ayuda y facilidades brindadas en el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros Carlos Castro, José Viquez, Raúl Solano, Martín Aguilar, Olger Murillo y Jasón Araya, por su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera.

## TABLA de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
TABLA DE CONTENIDOS .....	iv
INDICE DE CUADROS .....	viii
INDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general .....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Origen .....	3
2.2 Taxonomía .....	3
2.3 Morfología .....	3
2.3.1 Órganos vegetativos.....	4
2.3.1.1 Raíz.....	4
2.3.1.2 Tallo.....	4
2.3.1.3 Hojas .....	4
2.3.2 Órganos florales .....	5
2.3.2.1 Panícula .....	5
2.3.2.2 Espiguillas .....	5
2.4 Fases de desarrollo.....	5
2.4.1 Fase vegetativa .....	6
2.4.2 Fase reproductiva .....	6
2.5 Ecología del cultivo .....	7
2.6 Características climáticas .....	8
2.6.1 Temperatura .....	8
2.6.2 Radiación solar.....	9

2.6.3	Precipitación .....	9
2.6.4	Viento .....	10
2.6.5	Humedad relativa.....	10
2.7	Características agronómicas.....	10
2.7.1	Altura de planta .....	10
2.7.2	Habilidad de macollamiento.....	10
2.7.3	Vigor vegetativo .....	11
2.7.4	Volcamiento o acame .....	11
2.7.5	Exerción de la panícula .....	11
2.7.6	Floración y maduración .....	11
2.8	Características fitosanitarias .....	12
2.9	Características de rendimiento .....	13
2.9.1	Rendimiento de arroz en granza en época de cosecha óptima.....	13
2.9.2	Número de panículas por unidad de superficie y número de granos por panícula.....	14
2.9.3	Peso del grano .....	14
2.10	Características de calidad molinera .....	15
2.10.1	Calidad molinera .....	15
2.10.2	Opacidad del endosperma .....	15
2.11	Mejoramiento genético del arroz.....	16
2.11.1	Métodos de mejoramiento en autógamias .....	17
2.12	El fitomejoramiento participativo .....	17
2.13	Características varietales y agronómicas de los materiales de arroz utilizados como testigos.....	19
3.	MATERIALES Y METODOS .....	20
3.1	Localización .....	20
3.2	Zonas de Vida.....	20
3.3	Condiciones Climáticas.....	20
3.3.1	Temperatura.....	20
3.3.2	Humedad Relativa .....	21

3.3.3 Precipitación.....	21
3.4 Suelos .....	22
3.5 Época de siembra .....	22
3.6 Selección del material experimental.....	22
3.7 Distribución de las Unidades Experimentales .....	22
3.8 Manejo agronómico.....	25
3.8.1 Preparación del terreno.....	25
3.8.2 Siembra .....	25
3.8.3 Fertilización .....	26
3.8.4 Combate de malezas.....	27
3.8.4.1 Control mecánico .....	28
3.8.4.2 Control químico .....	28
3.8.4.3 Control manual .....	29
3.8.5 Control de plagas insectiles .....	30
3.9 Variables a evaluar y criterios de medición.....	30
3.9.1 Sistema de evaluación estándar de arroz (SEEA) y su uso general.....	30
3.10 Medición de características agronómicas .....	31
3.10.1 Población inicial de plantas (Pbi) .....	31
3.10.2 Altura de planta (Ht) .....	32
3.10.3 Habilidad de macollamiento (Ti).....	32
3.10.4 Vigor (Vg) .....	33
3.10.5 Días a floración (FI).....	33
3.10.6 Acame (Lg).....	34
3.10.7 Ejerción de la panícula (Exs).....	34
3.10.8 Días a cosecha (Maduración) (Mat) .....	35
3.11 Medición de daños por enfermedades .....	35
3.11.1 <i>Pyricularia grisea</i> en la hoja de arroz (B1) .....	36
3.11.2. <i>Pyricularia grisea</i> en el cuello de la panícula (NB1) .....	36
3.11.3. Escaldado de la hoja (LSc) ( <i>Rhynchosporium oryzae</i> ).....	37

3.11.4. Hoja Blanca (Virus) (Hb) .....	38
3.11.5 <i>Helminthosporium oryzae</i> (BS).....	38
3.11.6 <i>Rhizoctonia solani</i> (SHB) .....	39
3.11.7 Manchado del grano (GD).....	40
3.12 Medición de componentes de rendimiento.....	40
3.12.1 Longitud de panícula (PnL) .....	40
3.12.2 Granos por panícula (Granpp).....	40
3.12.3 Peso de 1000 granos (GW).....	41
3.12.4 Tipo de grano .....	41
3.12.5 Producción en peso seco de granos en granza o Paddy (Yld) .....	41
3.12.6 Porcentaje de Humedad.....	41
3.13 Jornada de evaluación y selección participativa con productores y técnicos de la Región Huetar Norte de Costa Rica.....	41
3.14 Medición de las variables de calidad molinera.....	42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Parámetros para evaluar el comportamiento agronómico.....	44
4.1.1 Población inicial de plantas .....	44
4.1.2 Macollamiento (Ti).....	45
4.1.3 Altura de planta (Ht) .....	47
4.1.4 Vigor (Vg) .....	48
4.1.5 Días a floración (FI).....	49
4.1.6 Acame (Lg).....	50
4.1.7 Ejerción de la panícula (Exs).....	51
4.1.8 Días a Cosecha (Maduración) (Mat) .....	53
4.2 Comportamiento ante enfermedades.....	56
4.2.1 <i>Pyricularia grisea</i> en la hoja (B1) y Virus de Hoja blanca.....	56
4.2.2 <i>Pyricularia grisea</i> en el cuello de la panícula (NB1) .....	56
4.2.3 Escaldado de la hoja (LSc) ( <i>Rhynchosporium oryzae</i> ).....	57

4.2.4 <i>Helminthosporium oryzae</i> (BS).....	58
4.2.5 <i>Rhizoctonia solani</i> (SHB) .....	59
4.2.6 Manchado del grano.....	60
4.3 Componentes de rendimiento .....	63
4.3.1 Frecuencia de longitud de panículas (PnL).....	63
4.3.2 Granos por panícula (Granpp).....	66
4.3.3 Peso de 1000 granos (GW).....	71
4.3.4 Producción en peso seco de granos en granza o Paddy (Yld).....	72
4.3.5 Porcentaje de humedad .....	73
4.4 Jornada de evaluación y selección participativa con agricultores de la Región Huetar Norte .....	76
4.5 Análisis de calidad molinera.....	77
4.5.1 Rendimiento de pilada (%).....	77
4.5.2 Rendimiento de grano entero (%) .....	78
4.5.3 Rendimiento de quebrado total (%).....	79
4.5.4 Centro blanco (%) .....	80
4.6 Análisis integrado de variables relevantes de las líneas seleccionadas y las variedades testigos .....	81
5. CONCLUSIONES.....	88
6. RECOMENDACIONES .....	91
7. LITERATURA CITADA.....	92
8. ANEXOS .....	96

## INDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Temperaturas críticas en el cultivo del arroz.....	8
2	Principales enfermedades del cultivo del arroz en Costa Rica.....	13
3	Características varietales y agronómicas de los materiales de arroz SETESA 9 Y CR 4102 pertenecientes al registro de variedades comerciales (RVC) de la ONS.....	19
4	Temperatura máxima, mínima y media. Estación Meteorológica Quebrada Azul. 2004.....	21
5	Humedad Relativa máxima, mínima y media. Estación Meteorológica Quebrada Azul. 2004.....	21
6	Caracterización climática de precipitación. Estación Meteorológica Peñas Blancas, ICE. 2004.....	22
7	Fertilización granulada aplicada en arroz. Vivero ION - CIAT SECANO. Finca La Vega, ITCR San Carlos, 2004..	26
8	Malezas de importancia económica presentes en el área del ensayo. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR, San Carlos. 2004.....	27
9	Control químico de malezas. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega ITCR, San Carlos, 2004.....	29

Número	Título	Página
10	Escala general para la evaluación de materiales de arroz en ensayos de mejoramiento genético.	31
11	Escala de valoración de macollamiento del Sistema de Evaluación Estandar de arroz. CIAT 1983.....	33
12	Escala de valoración de vigor del Sistema de Evaluación Estandar de arroz. CIAT 1983.....	33
13	Escala de valoración de acame del Sistema de Evaluación Estandar de arroz. CIAT 1983.....	34
14	Escala de valoración de la ejerción de la panícula del Sistema de Evaluación Estandar de arroz. CIAT 1983.....	35
15	Escala de valoración de <i>Pyricularia grisea</i> en la hoja de arroz (B1).....	36
16	Escala de valoración para <i>Pyricularia grisea</i> en el cuello de la panícula (NB1).....	37
17	Escala de valoración para Escaldado de la hoja ( <i>LSc</i> ) ( <i>Rhynchosporium oryzae</i> ).....	37
18	Escala de valoración para Hoja blanca (Virus) (Hb).....	38
19	Escala de valoración para <i>Helminthosporium oryzae</i> (BS).....	39
20	Escala de valoración para <i>Rhizoctonia solani</i> (SHB).....	39
21	Escala de valoración para manchado del grano.....	40

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
22	Evaluación de la habilidad de macollamiento de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	46
23	Altura de plantas de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	47
24	Días a madurez de cosecha y ciclo de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	53
25	CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL MATERIAL GENÉTICO DE ARROZ. VIVERO ION – CIAT – SECANO. FINCA LA VEGA, ITCR. SAN CARLOS. 2004.....	55
26	CARACTERÍSTICAS FITOSANITARIAS DEL MATERIAL GENÉTICO DE ARROZ. VIVERO ION – CIAT – SECANO. FINCA LA VEGA, ITCR. SAN CARLOS, 2004.....	62
27	FRECUENCIA DE LONGITUD DE PANÍCULA DE ARROZ. VIVERO ION – CIAT – SECANO. FINCA LA VEGA, ITCR. SAN CARLOS, 2004.....	63
28	NÚMERO DE GRANOS POR PANÍCULA (LLENOS Y VANOS) EN CADA UNA DE LAS FRECUENCIAS. VIVERO ION – CIAT – SECANO. FINCA LA VEGA, ITCR. SAN CARLOS, 2004.....	70
29	CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO DEL MATERIAL GENÉTICO DE ARROZ. VIVERO ION – CIAT – SECANO. FINCA LA VEGA, ITCR. SAN CARLOS, 2004.....	75

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
30	LÍNEAS DE <i>ORYZA SATIVA</i> SELECCIONADAS POR LOS PRODUCTORES. VIVERO ION – CIAT – SECANO. FINCA LA VEGA, ITCR. SAN CARLOS, 2004.....	76
31	ANÁLISIS DE CALIDAD MOLINERA DE ARROZ. VIVERO ION – CIAT – SECANO. FINCA LA VEGA, ITCR. SAN CARLOS. 2004.....	81
32	Comparación de los resultados de cada línea de arroz evaluada en superior, igual e inferior con respecto a la variedad de arroz Setesa 9. VIVERO ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	83
33	Comparación de los resultados de cada línea de arroz evaluada en superior, igual e inferior con respecto a a la variedad de arroz CR 4102. VIVERO – ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	85
34	Resumen de características agronómicas, fitosanitarias, de rendimiento y de calidad molinera de arroz del VIVERO – ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos 2004.....	86

## Indice de figuras

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Bloques y distribución de los cultivares evaluados (líneas y variedades), del VIVERO ION - CIAT SECANO. Finca La Vega, ITCR, San Carlos. 2004.....	24
2	Población inicial de plantas/metro lineal de líneas y variedades de arroz. VIVERO ION – CIAT - SECANO, Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	45
3	Macollamiento de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004..	46
4	Altura de plantas de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT –SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	48
5	Vigor vegetativo de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT –SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos, 2004..	49
6	Días a floración de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT –SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004..	50
7	Volcamiento o acame de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	51
8	Exerción de panícula de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	52

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
---------------	---------------	---------------

9	Días a madurez de cosecha y ciclo de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	54
10	Expresión de la presencia de <i>Pyricularia grisea</i> en el cuello de la panícula de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004....	57
11	Expresión de Escaldado de la hoja (LSc) ( <i>Rhynchosporium oryzae</i> ) de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	58
12	Expresión de <i>Helminthosporium oryzae</i> (BS) de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT –SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	59
13	Expresión de <i>Rhizoctonia solani</i> (SHB) de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT –SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	60
14	Expresión de <i>Manchado del Grano</i> de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT –SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	61
15	Porcentaje de frecuencia de panículas de arroz menores a 15 cm de longitud. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	64
16	Porcentaje de frecuencia de panículas de arroz de 15 a 20 cm de longitud. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	65

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
17	Porcentaje de frecuencia de panículas de arroz mayores a 20 cm de longitud. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	66
18	Número de granos por panícula de arroz en la frecuencia de panículas menores a 15 cm de longitud. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	67
19	Número de granos por panícula de arroz en la frecuencia de panículas de 15 cm a 20 cm de longitud del Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004....	68
20	Número de granos por panícula de arroz en la frecuencia de panículas mayores a 20 cm de longitud del Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004....	69
21	Peso promedio de mil granos de arroz a 14% humedad. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	71
22	Rendimiento de arroz en granza (14% humedad y limpio). Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	73
23	Porcentaje de humedad de arroz a cosecha. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004....	74
24	Porcentaje de rendimiento de pilado de arroz (MACA – 06). Vivero ION –CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	77

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
25	Porcentaje de rendimiento de grano entero de arroz (MACA – 06). Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	78
26	Porcentaje de rendimiento de quebrado total de arroz (MACA – 06). Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	79
27	Porcentaje de centro blanco en arroz (MACA – 16). Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.....	80

## **resumen**

El presente trabajo de investigación se realizó en Finca La Vega, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica durante el periodo comprendido entre mayo y octubre del 2004. Donde se realizó una evaluación y selección de líneas de arroz (*Oryza sativa*), del vivero ION-CIAT-SECANO, en base a características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

El ensayo realizado fue del tipo denominado Vivero de Observación, donde se utilizaron 175 líneas de arroz seleccionadas como promisorias para las condiciones de secano, además se utilizaron como testigo las variedades Setesa 9 y CR 4102.

Las 175 líneas se dividieron en 7 bloques de 25 líneas cada uno donde se intercalaron los testigos comerciales SETESA 9 y CR 4102 en los extremos de cada bloque. Cada línea se sembró en tres surcos adyacentes de 4 m cada uno para un total de 12 m lineales.

Todas las evaluaciones se realizaron con base al Sistema de Evaluación Estandar de Arroz (S.E.E.A), excepto las de calidad molinera.

Durante esta investigación se realizó un taller de Fitomejoramiento Participativo con agricultores de la Región Huetar Norte, obteniéndose como resultado la preselección de 40 líneas que presentaron características sobresalientes en cuanto a vigor, altura, acame, macollamiento etc. A las líneas preseleccionadas además de la evaluación de características agronómicas, resistencia y tolerancia a enfermedades y rendimiento se les evaluó la calidad molinera. Luego de analizar los datos obtenidos se obtuvo como resultado la selección de 7 líneas promisorias con comportamiento superior a un testigo o a los dos testigos evaluados. Esas líneas fueron la L4, L5, L8, L29, L39, L82 y L140.

**Palabras claves:** Arroz, características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) es uno de los cereales más importantes en el mundo ya que provee más de la mitad del alimento diario de cada tres personas de la población mundial. Es un alimento muy utilizado en las regiones menos desarrolladas y con poco poder adquisitivo como África, Asia y América Latina (Monge 1987).

En Costa Rica el arroz es un alimento básico en la dieta de la población, que consume actualmente 51,02 Kg per cápita anual de arroz oro. Por otra parte, constituye un renglón de significativa importancia dentro del sector agrícola; siendo las principales zonas productoras de mayor a menor importancia la Región Chorotega (53%), Brunca (25%), Pacífico Central (12%), Huetar Norte (7%) y Atlántica (3%) (CONARROZ 2004).

En el periodo 2003/2004 el área de siembra de arroz en Costa Rica fue de 48.906 hectáreas, de las cuales 33 059 ha se sembraron en la primera siembra y 15 847 ha en la segunda siembra; con un rendimiento promedio para la actividad de 4,26 t.m. por hectárea, lo que equivale a 57,91 sacos húmedos y sucios (CONARROZ 2004).

La producción de arroz en secano favorecido, enfrenta la problemática de carencia varietal para los diferentes agroecosistemas del país. La obtención de variedades superiores que se caractericen por tener alto potencial de rendimiento, buena calidad, tolerancia a las principales enfermedades prevalentes en el país y buenas características agronómicas, constituye uno de los principales objetivos de un programa de mejoramiento.

Un principio bien aceptado sugiere que las futuras variedades deben seleccionarse y evaluarse ampliamente en las áreas donde finalmente serán recomendadas para así evitar problemas de adaptación y susceptibilidad a enfermedades, problemas que en la práctica han contribuido a cortar la vida útil de las variedades liberadas en el país.

La importancia del cultivo del arroz y la necesidad de contar con nuevas variedades adaptadas a los diferentes agroecosistemas de producción de nuestro país, y que sean más competitivas en cuanto a rendimiento y calidad son

objetivos sobre los cuales ha venido trabajando en forma conjunta La Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Corporación Arrocera Nacional. En ese contexto, se desarrollo el trabajo que da origen al siguiente informe.

## **1.2 Objetivo general**

Evaluar y seleccionar líneas de arroz (*Oryza sativa*), del vivero ION-CIAT-SECANO, en base a características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

## **1.3 Objetivos específicos**

- 1.3.1 Seleccionar germoplasma de arroz en función de sus características agronómicas.
- 1.3.2 Evaluar germoplasma promisorio de arroz en cuanto a características de tolerancia y resistencia a las principales enfermedades que atacan este cultivo.
- 1.3.3 Seleccionar material genético promisorio de arroz en función del rendimiento que permita continuar con el proceso de evaluación y selección de líneas.
- 1.3.4 Realizar una jornada de evaluación y selección participativa con productores arroceros y profesionales en el campo del arroz de la Región Huetar Norte.
- 1.3.5 Determinar la calidad molinera de los materiales de arroz, para seleccionar los genotipos superiores para ser utilizados en programas de mejoramiento varietal.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen

Grist (1982) menciona a diversos autores, situándolo al sur de la India, sin embargo se ubica su origen en el Sudeste Asiático, por encontrarse en estado silvestre el *Oryza fatua*, considerado como el antepasado directo de *Oryza sativa*.

### 2.2 Taxonomía

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumiflora

Familia: Gramínea

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Orizae

Subtribu: Orizineas

Genero: *Oryza*

Especies: *Glaberrima*, *sativa* que son las más cultivadas (Chávez 1992)

### 2.3 Morfología

La planta de arroz (*Oryza sativa*), es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, con hojas de lámina plana unidas al tallo por una vaina y con inflorescencia tipo panícula. El tamaño de la planta varía de 0,4 m (enanas) hasta 7,0 m (flotantes) (CIAT 1985).

De Datta (1986) considera que las partes de la planta de arroz pueden dividirse de la siguiente forma:

- Órganos Vegetativos: comprenden las raíces, los tallos y hojas.
- Órganos Florales: Comprenden los vástagos modificados que constan de panícula y de espiguillas.

## **2.3.1 Órganos vegetativos**

### **2.3.1.1 Raíz**

Si la semilla crece en el suelo, la radícula aparece primero, pero si se sumerge en el agua, el coleóptilo sale antes que la radícula (De Datta 1986).

En condiciones favorables, surge la plúmula o primer tallito y posteriormente las raíces embrionarias, permaneciendo activas a lo largo de todo el ciclo vital de la planta. Una vez formadas las 2 o 3 primeras hojas, se inicia la emisión del aparato radical adventicio que, gradualmente, va formando un complejo de raíces más gruesas y desarrolladas que las embrionarias. En suma. El aparato radical del arroz es poco profundo y fibroso (Chávez 1992).

### **2.3.1.2 Tallo**

Es erecto, cilíndrico y hueco. Puede tener hasta 20 nudos. La distancia entre los nudos es pequeña en los nudos inferiores, y más grandes en los nudos superiores (DGETA 1982).

La resistencia del tallo, es un factor importante en las variedades para evitar en lo posible el acame. La fragilidad del tallo y la de otros órganos vegetativos esta controlada por factores genéticos; químicamente se debe a un contenido bajo de alfa-celulosa (Tinarelli 1989).

Los retoños (hijos o macollos) se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno; los primarios se desarrollan de los nudos más bajos y producen tallos secundarios que a su vez producen los tallos terciarios (Murillo y González 1982).

### **2.3.1.3 Hojas**

Las hojas están dispuestas en ángulo con el tallo, en dos hileras, una en cada nudo. De Datta (1986) describe una hoja completa de la siguiente forma:

- Lamina o limbo: Parte expandida de la hoja, fijada al nudo de la vaina foliar.
- Vaina Foliar: Parte de la hoja, se origina en el nudo y encierra el entrenudo por arriba de ella.

- Cuello: El cuello es la unión de la vaina y la lamina y en el se encuentra la lígula y las aurículas.
- Lígula: Es una estructura triangular de textura apergaminada o membranosa, difiere de tamaño, color y forma según las variedades de arroz.
- Aurículas: Son apéndices situados a cada lado de la base de la lamina y tienen forma de hoz (CIAT 1985).

La hoja más alta por debajo de la panoja es conocida como la hoja bandera (Chávez 1992). La última hoja (hoja bandera) y la penúltima, sintetizan un 75% de los carbohidratos que son distribuidos hacia el grano (CIAT 1985).

### **2.3.2 Órganos florales**

#### **2.3.2.1 Panícula**

La inflorescencia es una panoja muy desarrollada portada de espiguillas uniflorales, la cual se inicia a partir del nudo superior (nudo ciliar). De los nudos de la panícula nacen las ramificaciones y su eje principal es conocido como raquis, el cual es hueco (CIAT 1985).

#### **2.3.2.2 Espiguillas**

Es la unidad de la inflorescencia y esta unida a las ramificaciones por el pedicelo. Una espiguilla consta de la raquilla y esta formada por dos "glumas externas" (lemas estériles) la lema y la palea (CIAT 1985).

### **2.4 Fases de desarrollo**

Chávez (1992) cita que el crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende desde la germinación hasta la maduración del grano, el cual puede ser dividido en 3 fases y 10 etapas, donde el ciclo de cultivo para las variedades usadas en Costa Rica oscila entre 115 – 135 días, además añade que la longitud del ciclo depende de la sensibilidad de la variedad a la duración del día.

### **2.4.1 Fase vegetativa**

Esta desde la germinación de la semilla hasta el inicio de la diferenciación de la panícula (CIAT 1985) y a su vez comprende las siguientes etapas:

#### **Etapas 0:**

Comprende desde la germinación hasta la emergencia, con una duración de aproximadamente 5 – 10 días.

#### **Etapas 1. Plántula**

Esta etapa se extiende desde la emergencia hasta poco antes de aparecer el primer macollo (Universidad de Filipinas 1975).

#### **Etapas 2. Macollamiento**

La etapa de macollamiento abarca desde la aparición del primer hijo hasta alcanzar la aparición máxima de hijos (máximo macollamiento). Esta etapa está comprendida entre los 45 – 50 días de edad (CIAT 1985).

#### **Etapas 3. Elongación del tallo**

Comprende desde el momento en que se inicia la elongación del cuarto entrenudo del tallo principal hasta la iniciación de la panícula (Universidad de Filipinas 1975).

### **2.4.2 Fase reproductiva**

Comprende el periodo entre el inicio de la floración de la panoja y la floración (CIAT 1985). La formación de la panoja se inicia 70 ó 75 días antes de la fecha de maduración (Chandler 1984).

#### **Etapas 4. Iniciación de la panícula**

Esta etapa comienza a partir de la diferenciación del meristemo floral en el punto de crecimiento, marca el fin de la fase vegetativa e inicio de la fase reproductiva (Grist 1982).

### **Etapa 5. Desarrollo de panícula**

Se extiende desde el momento que se visualiza el primordio hasta que la punta de este se ubica debajo del cuello de la hoja bandera (Chávez 1992).

### **Etapa 6. Floración**

Se inicia con la salida de la panícula, se lleva a cabo la antesis de las flores del tercio superior de la panícula (CIAT 1985)

### **Etapa 7. Estado lechoso**

Ocurre luego de la fecundación, inicia el llenado del grano con un líquido lechoso y blanco (Grist 1982).

### **Etapa 8. Estado pastoso**

La consistencia del grano pasa de líquida a pastosa suave hasta que endurece. El color externo se vuelve amarillo verdoso (CIAT 1985).

### **Etapa 9. Maduración**

En la etapa de maduración se alcanza la madurez completa del grano. Tiene una duración de 25 – 35 días (Murillo 1982). Los granos muestran una coloración amarilla pajiza.

## **2.5 *Ecología del cultivo***

En Costa Rica, el arroz puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 850 m.s.n.m., por lo que puede adaptarse a diversas zonas productivas (Monge 1987).

El cultivo requiere de altas temperaturas y abundante radiación solar, además de una alta disponibilidad de agua, la cual es considerada como el requisito más crítico en su producción (Chávez 1992).

## 2.6 Características climáticas

### 2.6.1 Temperatura

Un agroecosistema arrocerero presenta variaciones de los niveles térmicos y en condiciones del trópico húmedo, máximos y mínimos pueden caracterizar islas de cultivo con su microclima típico (Tinarelli 1989). La temperatura influye sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Las distintas fases de desarrollo de la planta de arroz, como se observa en el Cuadro 1, tienen sus requerimientos de temperatura (CIAT 1985). Sin embargo, un rango general de temperatura varía entre 18 y 35°C, siendo más adecuadas las temperaturas mayores.

Las temperaturas bajas durante la fase de floración pueden causar debilitamiento de las plantas predisponiéndolas al ataque de plagas (Monge 1987).

Cuadro 1. Temperaturas críticas en el cultivo del arroz

Etapas de desarrollo	Temperatura crítica		
	Baja	Optima	Alta
Germinación	10	25 – 35	45
Emergencia y establecimiento de plántulas	12 – 13	25 – 30	35
Enraizamiento	16	25 – 30	35
Elongación de hojas	07 – 12	31	45
Macollamiento	09 – 16	25 – 35	33
Iniciación de panículas	15 – 20	-	-
Diferenciación de la panícula	15 – 20	-	38
Floración	22	30 – 33	35
Maduración	12 – 18	20 – 22	40

Fuente: CONNITTA, 1991.

### **2.6.2 Radiación solar**

El comportamiento de la planta de arroz frente a la oscilación luz – oscuridad varía de una variedad a otra. Este comportamiento es sin embargo complejo por la relación tan estrecha que existe entre el termoperíodo y el fotoperíodo (Tinarelli 1989).

Las necesidades de radiación solar para el cultivo de arroz son distintos para los diferentes estados de desarrollo de la planta. Una baja radiación solar durante la fase vegetativa, afecta muy ligeramente los rendimientos y sus componentes, mientras que en la fase reproductora existe una marcada disminución en el número de granos. Por otro lado, durante el llenado y maduración del grano, con baja luminosidad, se reducen drásticamente los rendimientos por disminución en el porcentaje de granos llenos y llenado deficiente de granos (Monge 1987).

El rango de radiación solar que requiere la planta de arroz varía entre 250 a 350 cal/cm<sup>2</sup>/día (MAG 1991). De Datta (1986) indica que es necesario 300 cal/cm<sup>2</sup>/día en la fase reproductora para superar los rendimientos de 5,0 toneladas por hectárea.

### **2.6.3 Precipitación**

El arroz no solamente se cultiva en condiciones de irrigación, sino también en condiciones de secano, en donde la precipitación pluvial es el único medio en el cual, la planta de arroz toma el agua necesaria para su crecimiento, desarrollo y producción del grano. El éxito o fracaso depende no solamente de la cantidad de lluvia sino también de su distribución (Murillo y González 1982)

La precipitación mas baja de la región debe coincidir con la preparación de suelos y con la recolección del grano, mientras que la época de mayor precipitación debe favorecer las etapas de crecimiento como la germinación, macollamiento, y la fase reproductiva (Murillo y González 1982).

Chavez (1992) indica que sé esta en un secano favorecido cuando las condiciones de alta precipitación y humedad del suelo favorecen el cultivo. Bajo estas condiciones, se requiere en promedio de 5 a 10 mm de lluvia por día.

#### **2.6.4 Viento**

La condición de viento que favorece el cultivo es el de velocidad lenta (brisa). Esta condición tiene efecto positivo en el aumento de la producción ya que produce una turbulencia dentro de la comunidad de las plantas. Esto contribuye aun mejor suministro de CO<sub>2</sub>, materia prima de la fotosíntesis (CIAT 1985). Sin embargo, vientos fuertes perjudican el cultivo especialmente durante la floración y maduración del grano, pues provocan aborto en las flores, volcamiento de las plantas y caídas de grano.

#### **2.6.5 Humedad relativa**

La humedad relativa, la temperatura y la precipitación, son muy importantes en lo que se refiere a la fitopatología del cultivo. La humedad relativa tiene gran influencia en la evaporación y transpiración de la planta (Murillo y González 1982).

Entre más alta es la humedad relativa más se favorecen algunos patógenos como *Pyricularia grisea* cuya incidencia aumenta cuando la humedad relativa es mayor al 90% (Chávez 1992).

La humedad relativa optima para el cultivo, está ubicada entre 80 y 90% (CIAT 1985).

### **2.7 Características agronómicas**

#### **2.7.1 Altura de planta**

Rosero (1976) citado por Ruíz (1983) indica que entre más alta sea la planta menor es el rendimiento en grano, debido a la relación grano/paja.

A su vez anota que las variedades de porte bajo responden positivamente en rendimiento de grano a la fertilización nitrogenada, mientras que las variedades altas tienen respuesta al nitrógeno.

#### **2.7.2 Habilidad de macollamiento**

Jennings (1985) manifiesta que en plantas mejoradas se prefiere un alto macollamiento al macollamiento medio o bajo, esto para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas. Sin embargo a densidades altas de

semilla las variedades que macollan profusamente forman pocos tallos por planta, pero darán una producción total más alta que variedades de bajo macollamiento inherente.

### **2.7.3 Vigor vegetativo**

Se define el vigor vegetativo inicial como la capacidad del material en llenar rápidamente los espacios entre plantas y entre surcos.

La heredabilidad del "vigor" inicial es baja; sin embargo es una característica deseable si no conduce al autosombreo. Disminuye la competencia de malezas y compensa las pérdidas de plantas (Jennings, et al 1985).

### **2.7.4 Volcamiento o acame**

Jennings et al (1981) indica que la resistencia al volcamiento esta relacionada principalmente con la poca altura. Tallos cortos y fuertes, más que ningún otro carácter, determinan la resistencia al acame.

### **2.7.5 Ejercicio de la panícula**

Es la capacidad de las panículas de emerger completamente de la vaina de la hoja bandera. La ejerción inhibida de las panículas es un carácter indeseable y provoca que las espiguillas encerradas en la vaina sean estériles o se llenen tan solo parcialmente, produciendo perdidas moderadas del grano (Jennings et al 1985).

### **2.7.6 Floración y maduración**

Según Jennings et al (1985) el ciclo de vida de la planta de arroz esta generalmente en un rango de 100 a 210 días, con la moda entre 110 a 150 días; variedades con ciclos d 150 a 210 días son usualmente sensibles al fotoperíodo. La mayor parte de las variedades modernas son de maduración intermedia (110 a 135 días) y rinden más que las que maduran precozmente (menor a 110 días) o más tarde (mayor a 135 días).

## **2.8 Características fitosanitarias**

Las enfermedades pueden ser causadas por bacterias, virus, hongos, deficiencias nutricionales, etc. Y dentro de estos, hay también una gran gama de diferentes agentes causales, lo cual facilita extremadamente su control. La naturaleza ha sido ingeniosa en resolver estos problemas, sin embargo en un agrosistema, la mano del hombre cambia el esquema natural y el control de las enfermedades están influenciadas por factores como la densidad de siembra, fertilizaciones altas en nitrógeno, uso de variedades susceptibles y otras prácticas de manejo del cultivo. Cada uno de estos elementos interactúan de una u otra forma con los factores ambientales que en realidad son los que rigen el desarrollo de la enfermedad (FEDEARROZ 1994).

El mejoramiento genético en arroz involucra la incorporación de resistencia estable a las principales enfermedades; tales como *Pyricularia oryzae*, *Virus de Hoja Blanca*, *Rhynchosporium oryzae*, *Helminthosporium* y *Rhizoctonia solani*.

Cuadro 2. Principales enfermedades del cultivo del arroz en Costa Rica

Nombre vulgar y científico	Sintomatología
<i>Pyricularia grisea</i> (Piricularia)	– Lesiones algo redondeadas, centro oliváceo o gris, margen café rojizo bien definido presentes en variedades resistentes y variedades susceptibles coalescen y necrosan mas del 50% de las hojas. La panícula no emerge completa.
Virus de Hoja Blanca	– Rayas blanquecinas en la lamina foliar. Grano en forma de pico de lora, perdidas de peso y vaneamiento y retorcimiento del raquiz pedúnculo en algunas variedades.
<i>Rhynchosporium oryzae</i> (Escaldado de la hoja)	– Lesión triangular, abarcando todo el ancho de la hoja. Apariencia húmeda y líneas oscuras alternas con bandas cafés o pajizas.
<i>Helminthosporium</i>	– Lesiones iniciales o manchas circulares de 0,5 mm, café oscuro. En el grano manchas ovaladas café oscuro
<i>Rhizoctonia solani</i> (Añublo de la vaina)	Presencia de lesiones de aspecto húmedo. En condiciones de alta humedad infecta las hojas.

Fuente: Chávez, 1992

## 2.9 Características de rendimiento

El rendimiento de una variedad está en función del potencial de producción, la resistencia a plagas y enfermedades, adaptabilidad al medio y de ciertas prácticas agronómicas utilizadas (Vargas 1985).

### 2.9.1 Rendimiento de arroz en granza en época de cosecha óptima

El rendimiento en grano del arroz esta condicionado por tres factores:

- a. Numero de panículas por unidad de superficie.
- b. Numero de granos llenos por panícula.
- c. Peso promedio delos granos por panícula.

La distribución de los componentes de rendimiento revela que el número de granos por unidad de superficie contribuye con el 74% del rendimiento y el resto de factores con un 26% (Fernández et al 1985; Corella 1990).

Jennings citado por Ruiz (1983) considera que el rendimiento de una variedad de arroz, depende principalmente del tipo de planta y su respuesta a dosis altas de nitrógeno.

Investigaciones del IRRI (1987) y aportes de Yoshida y Parao (1976), citados por De Datta (1986) demuestran que la obtención de altos rendimientos de arroz esta estrechamente relacionada a características inherentes del germoplasma (índice de área foliar, capacidad de macollamiento, altura de planta, respuesta al nitrógeno, estructura foliar, peso del grano y ciclo de cultivo).

### **2.9.2 Número de panículas por unidad de superficie y número de granos por panícula**

El número de panículas por unidad de superficie, es determinado en gran parte durante la fase vegetativa y depende del número de macollos efectivos formados, nutrición de la planta, agua y densidad de siembra (González et al 1985).

En variedades modernas de arroz, una población adecuada para obtener rendimientos aceptables debe de ser superior a 400 panículas por metro cuadrado, con un promedio de 60 o más granos por panícula (Tascón 1985).

### **2.9.3 Peso del grano**

Durante la etapa de maduración se determina el peso medio del grano, plantas con optimo suministro de nutrimentos en cada fase de crecimiento, con alto índice de área foliar y en condiciones favorables de ambiente producen una buena cantidad de carbohidratos, lo cual a su vez da como beneficio un alto número de granos con un buen peso por panícula (Fernández et al 1985; Corella 1990).

Jenning et al (1981) menciona que el peso del grano se expresa como el peso de 1000 granos al 14% de humedad, y que este, varia de 10 a 50 mg por grano (20 – 35 g por mil granos). Se ha demostrado que se pueden aumentar los

rendimientos de arroz con las variedades de grano largo y extralargo, ya que poseen mayor capacidad de acumulación de carbohidratos.

## **2.10 Características de calidad molinera**

Después del rendimiento, la calidad del grano es el factor más importante en el mejoramiento de arroz. Si una variedad no es aceptable en sabor, textura, molinería, etc., su utilidad disminuye considerablemente (De Datta 1986).

### **2.10.1 Calidad molinera**

Características como rendimiento de pilado, porcentaje de grano quebrado y grano entero, constituyen los principales elementos que determinan la calidad molinera del arroz. Poehlman, s. f. (citado por Ruíz (1983) señala que factores como: granos quebrados, cristalinos y yeyosos son caracteres que dependen fundamentalmente de la variedad.

La Oficina Nacional del Arroz en Costa Rica (ONA) (1990) definió el rendimiento de pilado como la relación porcentual en peso del arroz pilado con respecto al arroz en granza, y califica al arroz quebrado como el grano pilado cuya longitud es una cuarta parte o menos del tamaño del grano típico de la variedad.

La tecnología de cosecha (tiempo óptimo de la misma, humedad e impurezas) y operaciones postcosecha (manejo, trilla, secado y almacenamiento) son los principales factores que afectan la calidad molinera del arroz (De Datta 1986)

### **2.10.2 Opacidad del endosperma**

La apariencia de arroz molinado es importante para el consumidor, productor o industrial, debido a que este aspecto ejerce enorme influencia en los precios; generalmente se prefieren arroces con un endosperma claro. Grano con áreas opacas (panza blanca, centro blanco o dorso blanco) quiebra más fácilmente en molinería bajando su calidad y valor (Apuy 1990).

La presencia y grado de centro blanco están bajo control genético, aunque ciertos factores ambientales (alta temperatura inmediatamente después de la floración) afectan marcadamente su expresión (Jennings *et al* 1981).

### **2.11 Mejoramiento genético del arroz**

La planta de arroz como una planta autógena, ya que posee entre 0 y 5% de polinización cruzada y un 95 a 100% de autopolinización. Estas plantas presentan características bien definidas en su adaptación, conservación de sus características genéticas a través del tiempo y en la pureza varietal o genética, ellas pueden ser sembradas o mezcladas con otras variedades o de su misma especie y siempre mantendrán sus cualidades propias que las diferencian del resto. Todas las plantas autógenas son líneas puras que se conservan inalteradas a través del tiempo (Muñoz 1994).

Una de las principales características de las plantas autógenas para su mejoramiento es que en el campo se puede cultivar un gran número de plantas diferentes genéticamente unas al lado de las otras con reproducción natural y no hay mezcla de variedades o contaminación genética. A pesar de la pureza varietal que existe en las plantas autógenas es necesario que existan variaciones para poder actuar sobre ellas y hacer mejoramiento; ya que es importante incluir genes de resistencia a enfermedades, a plagas, a condiciones ecológicas adversas etc, que normalmente no existen en las plantas autógenas (Muñoz 1994).

Según Muñoz (1994) el mejoramiento en las plantas autogamas tiene como fin lograr los siguientes objetivos principales:

- a. Aumento en el rendimiento Kg / área.
- b. Resistencia a enfermedades e insectos.
- c. Incidir sobre los hábitos de crecimiento.
- d. Incidir sobre el ciclo vegetativo haciéndolo mas corto, medio o precoz.
- e. Obtener una madurez más uniforme.
- f. Poder mejorar la adaptación a la sequía, exceso de calor o de frío y a la humedad ambiental.
- g. Mejorar las características propias de la semilla como:
  - Tamaño y forma.
  - Color y espesor de la testa o cáscara de la semilla o grano.
  - Duración del tiempo de cocción de la semilla.
  - Mejorar el sabor.

- Aumento del contenido de sustancias nutritivas en la semilla.
- h. Mejoramiento para la obtención de variedades nuevas y de mayor producción adaptación a diferentes zonas ecológicas.

### **2.11.1 Métodos de mejoramiento en autógamias**

Según Muñoz (1994), los métodos de mejoramiento en autógamias son los siguientes:

- a. Introducción.
- b. Selección:
  - Masal
  - Líneas puras
- c. Hibridación y selección:
  - Selección genealógica o pedigree
  - Selección por lote
  - Selección por semilla individual
  - Cruza regresiva o retrocruzamiento
  - Cruces entre multilíneas
  - Cruces compuestos
  - Híbridos de la primera generación o F1
- d. Irradiaciones iónicas

### **2.12 El fitomejoramiento participativo**

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD, Francia), en convenio con la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), introducen en Costa Rica la técnica de fitomejoramiento participativo, en la selección y evaluación de materiales promisorios (líneas avanzadas) y variedades de arroz de secano y riego, con la participación de pequeños y medianos productores (Trouche *et al* 2003).

Santana (2004), define el fitomejoramiento participativo (FP) como una estrategia del mejoramiento genético de los cultivos, que pretende dar una mejor respuesta a las necesidades de los pequeños productores ubicados en las zonas

donde el fitomejoramiento convencional no ha tenido éxito. En este proyecto se aplican cuatro principios claves que son:

- Los productores, los investigadores y los otros actores de la cadena productiva trabajan juntos en el proceso de desarrollo de nuevas variedades: co-definición de los objetivos de mejoramiento, evaluación y selección de los nuevos genotipos, difusión y producción de semilla.
- Las fases claves de la selección se realizan en fincas de productores (*in situ*)
- Los agricultores evalúan y seleccionan los genotipos según sus propios criterios
- Se valorizan los conocimientos locales y variedades criollas de los productores.

**2.13 Características varietales y agronómicas de los materiales de arroz utilizados como testigos.**

Cuadro 3. Características varietales y agronómicas de los materiales de arroz SETESA 9 Y CR 4102 pertenecientes al registro de variedades comerciales (RVC) de la ONS.

Características	Variedades	
	SETESA 9	CR 4102
Altura planta (cm)	94	98
Días a floración	97	77
Días a cosecha	128	108
Macollamiento	Intermedio	Intermedio
Acame	Susceptible	Tolerante
Piricularia	Tolerante	Muy Tolerante
Helminthosporium	Susceptible	Tolerante
Hoja Blanca	Susceptible	Tolerante
Rhizoctonia	Susceptible	Muy Susceptible
Pseudomonas	Susceptible	Susceptible
Sarocladium	Susceptible	Susceptible
Calidad molinera	Bueno	Muy Bueno
Respuesta al nitrógeno	Bueno	Buena
Resistencia a cosecha	Baja	Buena
Desgrane	Intermedio	Muy Bajo
Latencia del grano	Baja	Baja
Rendimiento potencial	Bueno	Muy Bueno
Adaptación riego	Regular	Bueno
Adaptación seco	Bueno	Regular
Rendimiento promedio T:M/ ha (húmedo y sucio)	5 - 7	5 – 6,5
% Grano quebrado	8,5	16
Rendimiento de molino (%)	70 o más	70 o más
Tipo de grano	Corto	Largo

Fuente: Oficina Nacional de Semillas (ONS) de Costa Rica

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización**

El trabajo de investigación se realizó en Finca La Vega, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica durante el periodo comprendido entre mayo y octubre del 2004.

La finca se encuentra ubicada en Costa Rica, en la provincia de Alajuela, cantón décimo; San Carlos, distrito segundo de Florencia, en el Caserío La Vega, entre los 10° 26' de latitud Norte y 84° 32' de longitud Oeste, a una altura de 75 msnm, con una temperatura promedio anual de 25,6 grados centígrados y una precipitación promedio de 3.370,4. mm anuales (Montero 1995).

#### **3.2 Zonas de Vida**

Según Holdridge citado por Mora (2001) esta zona está influenciada por características del Bosque Tropical Húmedo que es propio de la Región Huetar Norte del país.

#### **3.3 Condiciones Climáticas**

Los datos registrados durante el periodo de experimentación de temperatura, humedad relativa y precipitación fueron tomados en la Estación Meteorológica Quebrada Azul y Estación Peñas Blancas del ICE.

##### **3.3.1 Temperatura**

En el Cuadro 4 se muestran las temperaturas máximas, mínimas y medias que se presentaron en el periodo que se desarrollo la investigación. De acuerdo con la Estación Meteorológica Quebrada Azul, durante el periodo de evaluación se presentó una temperatura mínima promedio de 21,7 °C y una temperatura máxima promedio de 30,0 °C, con una temperatura media promedio de 25,6 °C, lo que concuerda con lo dicho por (Murillo y González 1982), respecto a que en Costa Rica, la temperatura no plantea problemas graves para el cultivo del arroz debido a que las variaciones son bajas en las zonas arroceras.

Al observar el comportamiento de las temperaturas (mínima 21,7 °C y máxima 30,0 °C) durante el periodo de estudio se comprueba que estas se

encuentran dentro del rango de temperaturas optimas (20 a 30 °C) necesarias para el buen desarrollo del cultivo en sus etapas de germinación, macollamiento y madurez (IICA 1989)

Cuadro 4. Temperatura máxima, mínima y media. Estación Meteorológica Quebrada Azul. 2004.

<b>Variable</b>	<b>may.</b>	<b>jun.</b>	<b>jul.</b>	<b>ago.</b>	<b>set.</b>	<b>oct.</b>	<b>Media</b>
Temperatura máxima (°C)	32,9	30,0	29,0	29,1	29,8	30,0	<b>30</b>
Temperatura mínima (°C)	23,4	22,5	21,7	22,0	20,3	21,0	<b>21,7</b>
Temperatura media (°C)	25,7	26,3	25,4	25,6	25,4	25,5	<b>25,6</b>

### 3.3.2 Humedad Relativa

En cuanto a la humedad relativa (Estación Quebrada Azul 2004), el comportamiento mensual promedio durante el periodo de investigación fue de 94,2%, con una humedad relativa mínima de 88,8% y una máxima de 98,6% (Cuadro 5). Demostrando que esta zona es de alta humedad relativa, lo que facilita la incidencia de algunos patógenos específicos en el cultivo.

Cuadro 5. Humedad Relativa máxima, mínima y media. Estación Meteorológica Quebrada Azul. 2004.

<b>Variable</b>	<b>may.</b>	<b>jun.</b>	<b>jul.</b>	<b>ago.</b>	<b>set.</b>	<b>oct.</b>	<b>Media</b>
H. Relativa máxima (%)	96	100	100	100	99	100	<b>98,6</b>
H. Relativa mínima (%)	92	95	96	97	93	96	<b>88,8</b>
H. Relativa media (%)	98	97	98	98	96	98	<b>94,2</b>

### 3.3.3 Precipitación

En el Cuadro 6 se muestra la caracterización climática de precipitación que se presento durante el periodo que se desarrollo el proyecto. La cual registra un promedio mensual de precipitación de 422,6 mm y un total en el período de investigación de 2.535,8 mm. Presentándose en el 2004 una precipitación anual de 3.732,13 mm.

Cuadro 6. Caracterización climática de precipitación. Estación Meteorológica Peñas Blancas, ICE. 2004.

<b>Mes</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
Mayo	654,0
Junio	265,9
Julio	556,1
Agosto	385,0
Setiembre	318,4
Octubre	356,4
Promedio mensual	422,6
Total periodo	2.535,8

### **3.4 Suelos**

De acuerdo a las características físicas del suelo del lote de investigación, posee una textura franco arenosa, donde predomina suelo de origen aluvial con relieve plano y drenaje lento, principalmente durante la época de invierno (Montero, et al 1996). Además, los suelos de la finca La Vega presenta un pH que oscila entre 5,2 y 6,0 con un nivel de bases cambiables medio.

### **3.5 Época de siembra**

La siembra se inicio la segunda semana de Junio del 2004 con la siembra del vivero de 175 líneas, las cuales fueron sembradas en labranza reducida.

El trabajo de campo finalizó la segunda semana de Octubre del 2004 cuando se llevo a cabo la cosecha de cada una de las líneas.

### **3.6 Selección del material experimental**

Se experimento con material genético del Programa de Investigación, Capacitación y Transferencia de Tecnología de la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), el cual a su vez procede del Vivero ION-CIAT SECANO (Ver anexo 1).

### **3.7 Distribución de las Unidades Experimentales**

El ensayo realizado fue del tipo denominado Vivero de Observación, donde se utilizaron 175 líneas de arroz seleccionadas como promisorias para las condiciones de secano y además se utilizaron como testigo las variedades Setesa 9 y CR 4102 (Ver anexo 1).

Las 175 líneas se dividieron en 7 bloques de 25 líneas cada uno donde se intercalaron los testigos comerciales SETESA 9 y CR 4102 en los extremos de cada bloque (Figura 1).

El área de siembra correspondiente a cada una de las 175 líneas evaluadas fue de tres surcos de cuatro metros de longitud para un total de 12 metros lineales por línea evaluada, siendo la distancia entre surcos de 36 cm, para un área de 4,32 m<sup>2</sup>, necesitándose 25 g. de semilla por cada línea.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7
Setesa 9	Setesa 9	CR 4102				
CR 4102	CR 4102	Setesa 9				
L1	L50	L51	L100	L101	L150	L151
L2	L49	L52	L99	L102	L149	L152
L3	L48	L53	L98	L103	L148	L153
L4	L47	L54	L97	L104	L147	L154
L5	L46	L55	L96	L105	L146	L155
L6	L45	L56	L95	L106	L145	L156
L7	L44	L57	L94	L107	L144	L157
L8	L43	L58	L93	L108	L143	L158
L9	L42	L59	L92	L109	L142	L159
L10	L41	L60	L91	L110	L141	L160
L11	L40	L61	L90	L111	L140	L161
L12	L39	L62	L89	L112	L139	L162
L13	L38	L63	L88	L113	L138	L163
L14	L37	L64	L87	L114	L137	L164
L15	L36	L65	L86	L115	L136	L165
L16	L35	L66	L85	L116	L135	L166
L17	L34	L67	L84	L117	L134	L167
L18	L33	L68	L83	L118	L133	L168
L19	L32	L69	L82	L119	L132	L169
L20	L31	L70	L81	L120	L131	L170
L21	L30	L71	L80	L121	L130	L171
L22	L29	L72	L79	L122	L129	L172
L23	L28	L73	L78	L123	L128	L173
L24	L27	L74	L77	L124	L127	L174
L25	L26	L75	L76	L125	L126	L175
Setesa 9	Setesa 9	CR 4102				
CR 4102	CR 4102	Setesa 9				

Figura 1. Bloques y distribución de los cultivares de arroz evaluados (líneas y variedades). VIVERO ION - CIAT SECANO. Finca La Vega, ITCR, San Carlos. 2004.

### **3.8 Manejo agronómico**

La preparación de suelo, fertilización y manejo de las malezas se efectuó según las recomendaciones técnicas empleadas para la zona.

#### **3.8.1 Preparación del terreno**

El área experimental se preparó con un pase de rastra pesada y dos pases de rastra liviana; con el fin de darle al terreno las características adecuadas para la siembra. Estas labores de preparación del suelo, fueron realizadas con tractores: John Deere 2040 y Ford L100.

Para surcar se utilizó en la mayoría de los bloques (5 en total) un rastrillo mecánico tirado por un tractor el cual brinda una separación de 36 cm entre hilera. También fue utilizado en los dos primeros bloques un monocultor manual, así como un azadón para surcar cada hilera a sembrar.

Durante la época de preparación del terreno imperaron las condiciones climáticas adversas, que perjudicaron tanto las labores de preparación como las labores de siembra que se vieron afectadas de forma significativa.

#### **3.8.2 Siembra**

El establecimiento del cultivo se efectuó depositando manualmente a chorro continuo 25 g. de semilla de cada línea o variedad testigo (empacada e identificada previamente) sobre cada parcela (tres surcos contiguos de 4 m cada uno) para una densidad de siembra de 58 Kg/ha (Ver anexo 2).

La labor de siembra, estuvo casi totalmente influenciada por las condiciones climáticas adversas imperantes en la zona. Fue una labor difícil de realizar debido a que la sembradora que se utilizó para rayar e incorporar el fertilizante al suelo no marcó el surco donde se debía depositar la semilla, debido a la humedad del terreno. Por esto se tuvo que empezar a rayar en forma manual con un monocultivador y un azadón cada una de las hileras de cada línea a sembrar.

Debido a que las condiciones del terreno seguían siendo difíciles se procedió a utilizar un rastrillo mecánico tirado por un tractor para rayar los surcos, brindando este un excelente resultado en la labor de siembra, ya que al colocar los picos a 36 cm de distancia entre uno y otro y graduar la profundidad del rastrillo

con el tractor estos formaron el surco suficiente para depositar la semilla en forma manual.

### 3.8.3 Fertilización

La labor de fertilización fue realizada de varias formas, dependiendo de las condiciones ambientales y de las recomendaciones técnicas utilizadas para la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Entre las formas utilizadas para aplicar el fertilizante están:

- Fertilización granulada mecánica: Esta se realizó mediante una sembradora convencional, la cual además de utilizarse para rayar los surcos de siembra, permitió incorporar el fertilizante de siembra al suelo, en dosis de 150 Kg por hectárea (Cuadro 7).
- Fertilización granulada manual: Para realizarla se procedió a calibrar el puño de los trabajadores, de tal manera que la cantidad de fertilizante aplicado fue distribuido de manera uniforme en todos los surcos de cada línea evaluada. La calibración consistió en lograr que cada individuo distribuyera uniformemente 67 g por línea de fertilizante, con esto se logró aplicar una dosis de 100 Kg/ ha en las aplicaciones que se realizaron a los 25, 40 y 55 días después de la siembra (Cuadro 7).

En el Cuadro 7, se detalla la fertilización aplicada al área de investigación para cada una de las líneas y variedades evaluadas.

Cuadro 7. Fertilización granulada aplicada en arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

Nº de aplicación	Edad (DDS)	Kg. /ha aplicados	Fórmula	Dosis			
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
1	0	150	10-50-0	15	75	0	0
2	25	100	46-0-0	46	0	0	0
3	40	100	25-0-0-5,5(S)	25	0	0	5,5
4	55	100	12,6-2,6-30	12,6	2,6	30	0
<b>Total</b>		<b>450</b>		<b>98,6</b>	<b>77,6</b>	<b>30</b>	<b>5,5</b>

### 3.8.4 Combate de malezas

El combate de malezas se realizó de diversas formas dependiendo del tipo de maleza, condiciones ambientales y de las disposiciones técnicas recomendadas.

Este combate de malezas se dio con el objetivo de impedir la competencia de las malezas con el cultivo y así lograr que tanto las líneas como las variedades evaluadas expresaran su mayor potencial productivo, que es uno de los objetivos de esta investigación. En el Cuadro 8 se muestran las principales malezas de importancia económica encontradas en el ensayo.

Cuadro 8. Malezas de importancia económica presentes en el área del ensayo. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR, San Carlos. 2004.

<b>Familia</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre común</b>
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i>	Bledo
Asteraceae	<i>Eclipta alba</i>	Botoncillo
Commelinaceae	<i>Murdania sp.</i>	Murdania
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo
	<i>Cyperus esculentus</i>	Coyolillo
	<i>Scleria pterota</i>	Navajuela
Poaceae	<i>Echinochloa colonum</i>	Arrocillo
	<i>Digitaria spp.</i>	Guarda rocío
	<i>Eleusine indica</i>	Pata de gallina
	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora
	<i>Oryza sativa</i>	Arroz rojo
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i>	Farolillo chino

#### **3.8.4.1 Control mecánico**

El control mecanizado de malezas estuvo basado en las labores de chapia y de preparación del terreno mediante el pase de la rastra rompedora y la rastra afinadora en el terreno destinado a la investigación.

Este control mecánico de malezas permitió la incorporación de materia orgánica en el suelo y a la vez le dio al suelo las condiciones optimas para la siembra.

#### **3.8.4.2 Control químico**

En el Cuadro 9, se muestra el combate químico de malezas aplicado. Este se basó en el uso adecuado de los herbicidas tanto antes de la siembra como en preemergencia y postemergencia.

El control químico de malezas antes de la siembra se realizó tiempo antes de iniciar las labores de preparación de suelo, con los herbicidas Glifosato y 2-4-D a razón de 3,0 l y 1,2 l. por hectárea respectivamente, esto con la finalidad de eliminar aquellas malezas difíciles de controlar y de esta manera disminuir el banco de semillas del suelo eliminándolas momentos antes de llegar a la floración.

El control químico de malezas en preemergencia se basó en la aplicación de herbicidas preemergentes, tanto a la maleza como al cultivo con el fin de que el cultivo tomara ventaja en su desarrollo durante los primeros días de crecimiento y así lograr competir con las malezas de manera satisfactoria. Algunos de los productos utilizados en preemergencia se muestran en el Cuadro 9.

Las condiciones climáticas adversas, imperantes en la zona durante la época de siembra, dificultaron poder realizar la aplicación de los herbicidas preemergentes en el momento indicado, lo que provocó escapes de las malezas *Cyperus rotundus*, *Eleusine indica* y *Murdania sp*, desde las primeras etapas de desarrollo del cultivo, manteniéndolas en constante competencia con estas malezas desde muy temprana edad, por lo que fue necesario realizar aplicaciones de postemergentes tanto en forma temprana como tardía y en algunas parcelas se realizaron aplicaciones adicionales de herbicidas (Mezcla de Invest, Stanfos y Prowl) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Control químico de malezas. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega ITCR, San Carlos. 2004.

Momento de aplicación	Producto aplicado	Dosis <sup>3</sup>	Malezas a controlar
Antes de la siembra	Glifosato	3,0 l / ha	Malezas Poáceas y ciperáceas
	2-4-D	1, 2 l / ha	
Preemergencia 4 dds <sup>1</sup>	Invest	71 g / ha	Malezas Poáceas
	Prowl	2,5 l / ha	y
	WK	1 cc l de agua	Ciperáceas
Postemergencia 20 dds <sup>1</sup>	Indicate	25 cc / ha	Ciperáceas
	Nomine	125 cc / ha	
	WK	750 cc / ha	
Postemergencia 35 dds <sup>1</sup>	Invest	80 g. / ha	Malezas Poáceas
	Clincher	1.8 L / ha	y
	Nomine	125 cc / ha	Ciperáceas <sup>2</sup>
	WK	750 cc / ha	

1. Días después de la siembra.

2. Aplicación de rescate localizada con campana.

3. Productos aplicados con bomba de espalda de 16.0 l.

### 3.8.4.3 Control manual

El control manual de malezas consistió en arrancar en forma manual las malezas (*Cyperus rotundus*, *Eleusine indica* y *Murdania sp*) presentes en el surco y entresurco, que no fueron controladas por los herbicidas preemergentes y postemergentes, ya que estas al encontrarse en completa competencia con el cultivo no le permitían expresar su mayor potencial productivo, así como también

podrían constituirse en un factor de contaminación del grano en la cosecha, como es el caso del arroz rojo.

### **3.8.5 Control de plagas insectiles**

En cuanto al control de plagas insectiles, no se realizó ningún combate con productos químicos, esto con la finalidad de determinar la tolerancia y resistencia del germoplasma (líneas y variedades), al ataque de las diferentes plagas insectiles que atacan el cultivo del arroz sin la protección de ningún producto químico.

### **3.9 Variables a evaluar y criterios de medición**

Las variables que se evaluaron en cada línea se agruparon en: Características Agronómicas, Morfológicas, Fitosanitarias y de Calidad Molinera.

Todas las evaluaciones se realizaron con base al **Sistema de Evaluación Estándar de Arroz (S,E,E,A)** (Cuadro 10), excepto las de Calidad Molinera.

#### **3.9.1 Sistema de evaluación estándar de arroz (SEEA) y su uso general**

Para calificar de una manera sistemática las diferentes características importantes para la evaluación de germoplasma de arroz, se ha adoptado una escala general con valores de 0 a 9 (Cuadro 10), donde 0 se reserva para indicar la inmunidad del material contra una enfermedad o plaga bajo condiciones adversas.

En general, para la selección de progenitores y para variedades comerciales se consideran aceptables características que en todos los niveles de condiciones adversas tengan valor de 3 o menos. Características con calificaciones de 4 a 6 se pueden aceptar para variedades comerciales si no hay algo mejor, o para resistencia horizontal a enfermedades, pero generalmente son aceptables para propósitos de mejoramiento genético. Las características con calificaciones de 7 a 9 se deben considerar indeseables para cualquier propósito.

Cuadro 10. Escala general para la evaluación de materiales de arroz en ensayos de mejoramiento genético.

Grado en la escala <sup>1</sup>	Calificación		Valoración cualitativa <sup>2</sup>	Utilidad	
	Severidad o incidencia	Comparación con testigos		Calificación	Comentarios
0	0 (inmune)		HR		
1	Menor de 1%	Igual al testigo resistente o mejor	R	B	Expresión varietal satisfactoria. Se puede usar como progenitor y como variedad comercial
2				U	
3				E	
3	1 – 5%		MR	N	
4	6 – 25%	Entre le testigo resistente y el susceptible	MS	A	Expresión varietal no tan buena como debería ser, pero se puede aceptar bajo ciertas circunstancias, por ej. para la característica "desarrollo lento de enfermedades".
5				R	
6				E	
7	26 – 50%	Igual testigo, más susceptible	S	G	Expresión varietal desfavorable tanto para fines de mejoramiento genético como para uso comercial.
8	51 – 100%			U	
9				L	
			HS	A	
				R	

FUENTE: Sistema de Evaluación Estándar de Arroz. CIAT 1983.

1. Deje el espacio en blanco si no hay información.

2. HR = Altamente resistente. R = Resistente. MR = Moderadamente resistente.

MS = Moderadamente susceptible. S = Susceptible. HS = Altamente susceptible

### 3.10 Medición de características agronómicas

En cada una de las líneas y variedades se marcó con una cinta métrica un sitio fijo de muestreo (un metro lineal). En este metro lineal se realizaron todas las mediciones y evaluaciones correspondientes a características agronómicas y componentes de rendimiento, esto con la finalidad de que las evaluaciones fueran lo más precisas posibles.

#### 3.10.1 Población inicial de plantas (Pbi)

La evaluación para cada una de las líneas se realizó 11 días después de la siembra (dds). Con una cinta métrica se marco 1 metro lineal y se contaron todas las plantas presentes en ese transepto.

Además de la evaluación inicial se realizó una evaluación adicional, 14 días después de la siembra (dds), utilizando el mismo método descrito anteriormente.

### 3.10.2 Altura de planta (Ht)

La altura de la planta se mide desde la superficie del suelo hasta la punta de la hoja mas alta o panícula más alta, excluyendo las aristas.

Se registró en cm la altura de diez plantas en cada uno de los sitios fijos de muestreo dentro de cada línea o variedad a evaluar. Para tal efecto se realizaron tres evaluaciones: la primera evaluación se realizó 35 días (dds), la segunda 53 días (dds) y la tercera se realizó a la cosecha. Esta última evaluación fue realizada en el laboratorio de la Oficina Regional Huetar Norte de CONARROZ donde se midió la altura de todas las plantas presentes en el metro lineal cosechado. Con los datos obtenidos se realizó el cálculo del promedio y su respectiva desviación estándar

### 3.10.3 Habilidad de macollamiento (Ti)

Para determinar el máximo macollamiento se realizaron dos evaluaciones en los sitios de muestreo fijos, los cuales fueron ejecutados 25 y 52 días (dds), utilizando el mismo procedimiento realizado para determinar la población inicial de plantas. Por otra parte, en el conteo de plantas se consideraron las plantas madres, los hijos (macollos) y las plantas solteras (plantas que no macollaron).

Una vez realizada la ultima evaluación se procedió a obtener el índice de macollamiento el cual se obtiene con la siguiente formula:

$$IM = \frac{PT - PI}{PI} \quad \text{donde:}$$

- IM = Índice de macollamiento
- PT = Plantas totales
- PI = Población Inicial de plantas

Después de obtenido el índice de macollamiento se evaluó utilizando la escala del SES para arroz que se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Escala de valoración de macollamiento del Sistema de Evaluación Estandar de Arroz. CIAT 1983.

Calificación		Categoría
1	+ 25	Muy bueno
3	20 - 25	Bueno
5	10 - 19	Mediano
7	5 - 9	Débil
9	- 5	Pobre

Fuente: ROSERO M. 1983.

### 3.10.4 Vigor (Vg)

Se define el vigor vegetativo como la capacidad el material de llenar rápidamente los espacios entre plantas y entre surcos. Además el vigor está influenciado por varios factores como la habilidad de macollamiento, la altura de la planta etc. El vigor se evaluó a los 48 días después de la siembra utilizando para ello la escala mostrada en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Escala de valoración de vigor del Sistema de Evaluación Estandar de Arroz. CIAT 1983.

Calificación	Categoría
1	Plantas muy vigorosas
3	Plantas vigorosas
5	Plantas intermedias a normales
7	Plantas menos vigorosas que lo normal
9	Plantas muy débiles y pequeñas

Fuente: ROSERO M. 1983.

### 3.10.5 Días a floración (FI)

Para registrar el número de días a floración de cada línea, se contaron los días desde el riego de germinación (siembra) hasta cuando el 50% de la población de plantas estuvo con espigas (panícula emergida).

### 3.10.6 Acame (Lg)

Se estimó visualmente y de manera general el volcamiento para cada parcela o línea, tomando en cuenta la escala mostrada en el Cuadro 13:

Cuadro 13. Escala de valoración del acame del Sistema de Evaluación Estándar de Arroz. CIAT 1983.

Calificación	Categoría
1	Tallos fuertes sin volcamiento
3	Tallos moderadamente fuertes, la mayoría de las plantas presentan tendencia al volcamiento (+59%)
5	Tallos moderadamente débiles, volcadas en su mayoría
7	Tallos débiles, la mayoría de las plantas caídas
9	Tallos muy débiles todas las plantas volcadas

Fuente: ROSERO M. 1983.

### 3.10.7 Ejercicio de la panícula (Exs)

La ejerción de la panícula es la habilidad que posee la panícula de emerger completamente de la hoja bandera.

La ejerción se evaluó a los 10 días de emergida la panícula tomando cinco panículas al azar por cada línea a evaluar. Las cuales se midieron en cm y se evaluaron tomando en cuenta el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz el cual contempla las siguientes variables y sus escalas, como se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Escala de valoración de la ejerción de la panícula del Sistema de Evaluación Estandar de Arroz. CIAT 1983.

Escala	Variables
1	<b>Bien emergida:</b> Cuando el nudo ciliar aparece muy por encima de la vaina de la hoja bandera.
3	<b>Moderadamente emergida:</b> Cuando el nudo ciliar esta sobre la vaina de la hoja bandera.
5	<b>Coincidente:</b> Cuando el nudo ciliar coincide con la zona de unión de la hoja bandera.
7	<b>Parcialmente incluida:</b> Cuando el nudo ciliar esta cubierto por la vaina de la hoja bandera.
9	<b>Incluida:</b> Cuando la panícula esta casi totalmente cubierta por la vaina de la hoja bandera

Fuente: ROSERO M. 1983.

### 3.10.8 Días a cosecha (Maduración) (Mat)

La maduración o el número de días a cosecha se registro contado los días desde la siembra hasta la maduración, es decir cuando los granos de las panículas tuvieron un 20% de humedad.

### 3.11 Medición de daños por enfermedades

En la medición correspondiente a daños por enfermedades se realizaron observaciones de campo en donde se evaluaron las enfermedades de más incidencia en la zona asociadas al cultivo del arroz.

Las enfermedades evaluadas durante el periodo de investigación son las siguientes: *Pyricularia oryzae*, *Rhynchosporium oryzae*, *Helminthosporium*, *Rhizoctonia solan*, *Virus de Hoja Blanca*.

El procedimiento a utilizar en dicha evaluación consiste en realizar monitoreos que van a depender de los estados de crecimiento de la planta y de cuales enfermedades atacan en cada uno de estos estados.

### 3.11.1 *Pyricularia grisea* en la hoja de arroz (B1)

Según Rosero (1983), las lesiones típicas en las hojas son romboides y a menudo desarrollan centros grises que se unen cuando las plantas son susceptibles. La evaluación se realizó a los 35 días después de la siembra, y se clasificaron en base al área foliar afectada, según la escala que se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Escala de valoración de *Pyricularia grisea* en la hoja de arroz (B1)

Clasificación	Categoría
0	Ninguna lesión visible
1	Menos de 1%
3	1 – 5 %
5	6 – 25 %
7	26 – 50 %
9	+ 51 %

Fuente: ROSERO M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar de Arroz.

### 3.11.2. *Pyricularia grisea* en el cuello de la panícula (NB1)

Las panículas afectadas presentan lesiones necróticas en el cuello y las ramificaciones; frecuentemente están quebradas en el punto de infección, en cuyo caso son de color grisáceo y parcial o totalmente vanas (Rosero 1983). La evaluación se realizó a los 70 días después de la siembra y se clasificaron con base al área afectada, según escala del Cuadro 16.

Cuadro 16. Escala de valoración para *Pyricularia grisea* en el cuello de la panícula (NB1)

Clasificación	Categoría	Observaciones
0	Sin Infección	
1	Menos de 1%	Pocas ramificaciones secundarias afectadas
3	1 – 5 %	Varias ramificaciones secundarias afectadas o ramificación principal afectadas
5	6 – 25 %	Eje o base de la panícula parcialmente afectada
7	26 – 50 %	Eje o base de la panícula afectada totalmente con mas del 30% del grano lleno
9	+ 51 %	Base de la panícula o entrenudo superior afectado totalmente con menos del 30% del grano lleno

Fuente: ROSERO M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar de Arroz.

### 3.11.3. Escaldado de la hoja (LSc) (*Rhynchosporium oryzae*)

Según Rosero (1983), las lesiones ocurren con mayor frecuencia cerca del ápice de la hoja, algunas veces se inicia en el margen de la lámina foliar; luego se transforma en áreas elipsoides grandes rodeadas por bordes de color café oscuro, y bandas angostas acompañadas por un halo café claro. Se evaluó a los 70 días después de la siembra, utilizando la escala que se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Escala de valoración para Escaldado de la hoja (LSc) (*Rhynchosporium oryzae*)

Clasificación	Categoría
0	Ninguna Lesión Visible
1	Menos de 1% lesiones apicales
3	1 – 5 % lesiones apicales
5	6 – 25 % lesiones apicales
7	26 – 50 % lesiones apicales
9	+ 51 % lesiones apicales

Fuente: ROSERO M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar de Arroz.

### 3.11.4. Hoja Blanca (Virus) (Hb)

Se presenta como un moteado o variegación de las hojas, típico de mosaico: rayas o franjas longitudinales de color verde amarillento o blanco amarillento sin borde definidos; cuando se unen cubre toda la hoja; la hoja bandera es afectada, las glumas son de color marrón y deformes y hay esterilidad parcial o total del grano. Se presenta reducción en la altura de la planta y las plántulas afectadas seriamente mueren (Rosero 1983). La evaluación se realizó 70 días después de la siembra y la escala de valoración utilizada, se muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Escala de valoración para Hoja blanca (Virus) (Hb)

<b>Clasificación</b>	<b>Categoría</b>
<b>0</b>	Ninguna Lesión Visible
<b>1</b>	Menos de 1%
<b>2</b>	1 – 5 %
<b>3</b>	6 – 10 %
<b>4</b>	11 – 20%
<b>5</b>	21 – 30%
<b>6</b>	31 – 40%
<b>7</b>	41 – 60%
<b>8</b>	61 – 80%
<b>9</b>	81 – 100%

Fuente: ROSERO M. 1983.Sistema de Evaluación Estándar de Arroz.

### 3.11.5 *Helminthosporium oryzae* (BS)

Según Rosero (1983), la *Helminthosporium* presenta manchas típicas en la hoja, las cuales son pequeñas, ovales o circulares y de un color café oscuro. Las lesiones más grandes son generalmente del mismo color en los bordes, pero tienen un centro pálido, usualmente grisáceo. La mayoría de las manchas tienen un halo amarillo claro al rededor del borde exterior. La evaluación se realizó 70 días y se utilizó la escala que se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Escala de valoración para *Helminthosporium oryzae* (BS) [*Cochliobolus miyabeanus* (*Bipolares oryzae*)]

Clasificación	Categoría
0	Ninguna lesión visible
1	Menos de 1%
3	1 – 5 %
5	6 – 25 %
7	26 – 50 %
9	+ 51 %

Fuente: ROSERO M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar de Arroz.

### 3.11.6 *Rhizoctonia solani* (SHB)

Produce lesiones verde grisáceas, las cuales pueden agrandarse y unirse con otras, principalmente en las vainas florales y ocasionalmente en las hojas (Rosero 1983). La evaluación se realizó 70 días después de la siembra y se utilizó la escala que se muestra en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Escala de valoración para *Rhizoctonia solani* (SHB)

Clasificación	Observaciones
0	Ninguna lesión
1	Lesiones en la vaina hasta $\frac{1}{4}$ de la altura de las macollas
3	Lesiones en la vaina hasta la mitad de la altura de las macollas
5	Lesiones en la vaina hasta la mitad de la altura de las macollas. Ligera infección en las hojas inferiores (2 <sup>a</sup> . A 4 <sup>a</sup> . hojas)
7	Lesiones presentes en las $\frac{3}{4}$ partes de la altura de las macollas. Severa infección en las hojas superiores (Hoja bandera y secundaria)
9	Lesiones que llegan al extremo superior de los tallos; severa infección en todas las hojas y algunas plantas muertas.

Fuente: ROSERO M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar de Arroz.

### 3.11.7 Manchado del grano (GD)

Su evaluación se realizó en forma visual a los 30 días después de floración utilizando la escala de valoración que se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Escala de valoración para *Manchado del grano*

Clasificación	Observaciones
0	Ninguna lesión visible
1	Menos del 1%
3	1 – 5%
5	6 – 25%
7	26 – 50%
9	Mayor a 51%

Fuente: ROSERO M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar de Arroz

### 3.12 Medición de componentes de rendimiento

#### 3.12.1 Longitud de panícula (PnL)

Todas las plantas clasificadas como tallos efectivos (con panícula) se les midió la longitud de la panícula, de la base o nudo ciliar al ápice de la vaina de la panícula, clasificándolas en tres frecuencias: panículas menores de 15 cm de longitud, entre 15 y 20 cm de longitud y superiores a 20 cm.

#### 3.12.2 Granos por panícula (Granpp)

De cada una de las frecuencias: panículas menores de 15 cm, panículas entre 15 - 20 cm y panículas mayores a 20 cm, se seleccionaron al azar 10 panículas, 5 panículas y 3 panículas respectivamente, y se procedió a determinar el número de granos llenos y vanos por panícula de cada una de las líneas seleccionadas y de las variedades testigo. El número de panículas seleccionadas representa un 30% del total de las panículas de cada una de las frecuencias.

### **3.12.3 Peso de 1000 granos (GW)**

Esta variable de rendimiento consistió en contar 1000 granos en cáscara (granos llenos) de cada línea seleccionada y de las variedades testigos. Luego fueron pesados en una balanza analítica para determinar el peso de cada unidad experimental seleccionada.

### **3.12.4 Tipo de grano**

En el laboratorio de la Oficina Regional Huetar Norte de CONARROZ, mediante la utilización de un Vernier o Pie de Rey ( $\pm 0,005$  cm) se midió en cm la longitud de 10 granos en granza, de cada línea seleccionada y variedad testigo.

### **3.12.5 Producción en peso seco de granos en granza o Paddy (Yld)**

Para obtener el rendimiento de cada una de las líneas seleccionadas y de las variedades testigo se cosechó en forma manual los tres surcos (11 m lineales), y luego se pesaron en gramos.

### **3.12.6 Porcentaje de Humedad**

Una vez cosechada cada una de las parcelas seleccionadas, se procedió a medir en el laboratorio mediante un Motomco el porcentaje de humedad de cada línea seleccionada y los testigos, utilizando para ello una muestra de 200 gramos de arroz.

## ***3.13 Jornada de evaluación y selección participativa con productores y técnicos de la Región Huetar Norte de Costa Rica.***

En las instalaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, y con la participación de un fitomejorador del convenio CIAT – CIRAD Nicaragua, se realizó el primer taller de selección y evaluación participativa con productores y técnicos de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

El objetivo de este taller fue resaltar la importancia que tienen los productores y técnicos arroceros en el programa de mejoramiento genético de arroz mediante la selección y evaluación participativa.

El fitomejorador junto con los productores y técnicos identificaron y seleccionaron los criterios de selección para escoger una variedad de arroz, esto

con el objetivo de identificar cuales son los tipos de variedades preferidos por los productores para la zona Huetar Norte de Costa Rica.

Para realizar el trabajo de selección participativa los productores y técnicos fueron divididos en grupos, cada grupo asistido por técnico facilitador, procedió a recorrer cada una de las 175 líneas y los testigos del vivero, las cuales identificaron, evaluaron y seleccionaron en sus hojas de trabajo las mejores líneas del ensayo de acuerdo a características sobresalientes como altura, sanidad, macollamiento, resistencia al volcamiento o acame y potencial de rendimiento.

Posteriormente se reunieron todos los grupos participantes, en donde cada grupo expuso la lista de las líneas seleccionadas indicando las características sobresalientes que presenta cada línea para su selección. Finalmente se tabularon todos los datos obteniéndose 40 líneas preseleccionadas. Las cuales, una vez realizadas todas las evaluaciones de campo, fueron enviadas al laboratorio para realizarles el análisis de calidad molinera.

### **3.14 Medición de las variables de calidad molinera**

El análisis de calidad molinera fue ejecutado en el Laboratorio de Control de Calidad de La Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ) de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA). Este se realizó únicamente a las variedades testigo y las 40 líneas preseleccionadas en el taller de evaluación y selección participativa con productores.

Las muestras fueron analizadas tomando en cuenta los principales elementos que determinan la calidad molinera del arroz, como lo son las siguientes variables: Rendimiento de Pilada (%), Rendimiento Grano Entero (%), Rendimiento Grano Quebrado (%) y Centro Blanco.

Una vez realizados los análisis de calidad molinera se procedió a comparar los resultados obtenidos por las diferentes líneas, con los resultados obtenidos por las variedades testigos SETESA 9 y CR 4102, seleccionándose solamente 7 líneas que fueron superiores o iguales en cuanto rendimiento y calidad molinera a los testigos anteriormente mencionados. Para esta selección también se tomaron en cuenta los valores que recomienda el Laboratorio de Control de Calidad para determinar que una variable es aceptable. Estos valores son los siguientes:

- Rendimiento de Pilada (%):  $\geq 68\%$
- Rendimiento Grano Entero (%):  $\geq 55\%$
- Rendimiento Grano Quebrado (%):  $< 20\%$
- Centro Blanco:  $< 0,7\%$ . De 0,7 a 1,3% es aceptable

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el VIVERO ION – CIAT SECANO se evaluaron 175 líneas promisorias, las cuales fueron comparadas contra los testigos SETESA 9 y CR 4102.

En el taller de Fitomejoramiento Participativo con agricultores de la Región Huetar Norte, se preseleccionaron 40 líneas que presentaron características sobresalientes. Luego de evaluar los datos obtenidos se seleccionaron 7 líneas promisorias con comportamiento superior a un testigo o a los dos testigos evaluados.

En este apartado se presentan en forma detallada los resultados obtenidos por las 7 líneas promisorias seleccionadas y los dos testigos utilizados, en cuanto a características agronómicas, resistencia y tolerancia a enfermedades, rendimiento y calidad molinera de todas las variables evaluadas en las líneas seleccionadas. Del resto de los materiales, se encontrará información en los anexos.

#### ***4.1 Parámetros para evaluar el comportamiento agronómico***

##### **4.1.1 Población inicial de plantas**

Según Truche (2004) las líneas que presenten mayor o igual comportamiento agronómico que los testigos se consideran aceptables. De acuerdo a la Figura 2, el genotipo que expresó la mayor habilidad de germinación y emergencia fue la línea L29 con 60 plantas por metro lineal, seguido de las líneas L82, L8, L4 respectivamente, con un promedio de 50 a 56 plantas por metro lineal, las cuales superan considerablemente a los testigos CR4102 y SETESA 9 que presentan respectivamente 37 y 35 plantas por metro lineal, al igual que la línea L39. Las líneas L5 y L140 evidencian una mala germinación al presentar 28 y 21 plantas por metro lineal, muy por debajo de las variedades testigos.

La baja germinación que presentan tanto las líneas como los testigos pudo estar influenciada por la baja densidad de siembra que se utilizó (25 g/ línea en 12 metros lineales), así como también por las condiciones climáticas adversas en la zona a la hora de realizar la siembra.

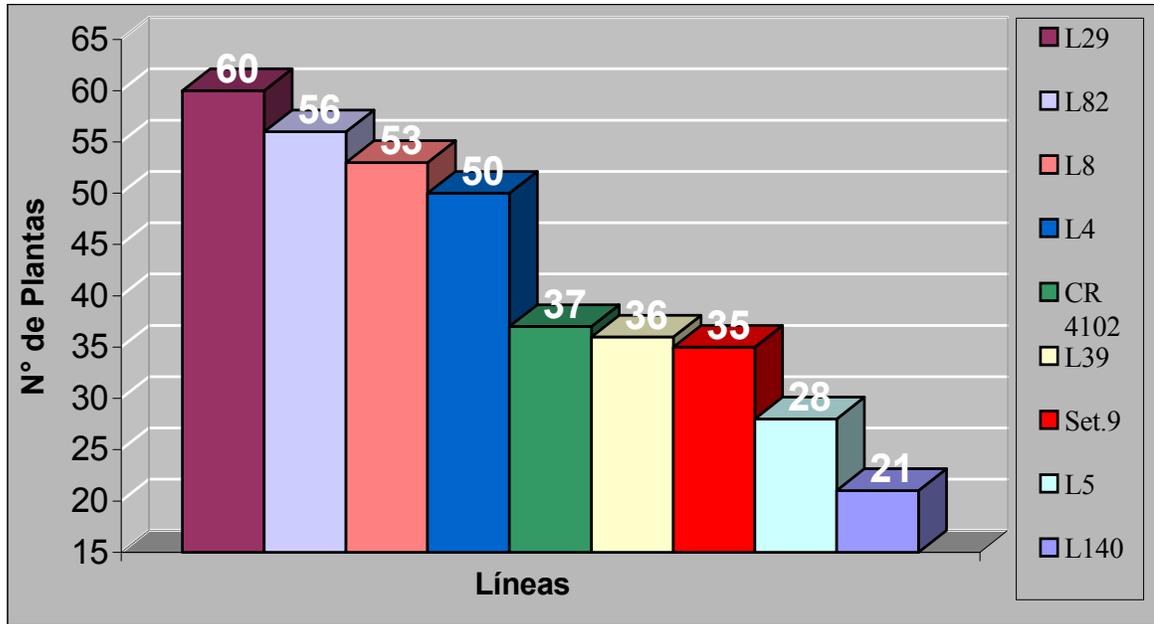


Figura 2. Población Inicial de Plantas/metro lineal de líneas y variedades de arroz. VIVERO ION – CIAT - SECANO, Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

#### 4.1.2 Macollamiento (Ti)

Como se apunta en el Cuadro 22, todos los germoplasmas evaluados en habilidad de macollamiento muestran, un macollamiento pobre, según el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz (Cuadro 10).

Comparando los materiales entre sí, se observa, que el genotipo que expresó la mayor habilidad de macollamiento fue la línea L140 con 3,3 macollos o hijos por madre, comportándose como la única línea que superó a los testigos CR 4102 con 2,8 macollos o hijos y SETESA 9 con 2,3 hijos. El resto de las líneas (L5, L39, L8, L4, L82) presentó un macollamiento inferior a los testigos (Figura 3).

El Cuadro 22 y la Figura 3, muestran que en general todas las líneas como los testigos evidenciaron una habilidad de macollamiento muy pobre contrario a lo esperado, tomando en cuenta que si se utilizó una densidad de siembra baja, se esperaría un mayor macollamiento. Sin embargo, según Jennings (1981), a densidades altas de siembra, las variedades con bajo macollamiento formarán pocos tallos pero darán una producción total más alta que las variedades de alto macollamiento a altas densidades.

Cuadro 22. Evaluación de la habilidad de macollamiento de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

Líneas y variedades	Pedigree	Población inicial	Plantas al máximo macollamiento	Macollamiento (macollo / madre)
L 140	CIRAD 409	21	91	3,3
T2	CR 4102	37	125	2,8
T1	SETESA 9	35	114	2,3
L 5	CT11891-3-3-3-M-1-2-3-M	28	71	2,0
L 39	CT15030-26-3-3-2	36	100	1,8
L 8	CT11891-3-3-3-M-1-2-4-M	53	125	1,4
L 4	CT11891-3-3-3-M-1-3-2-M	50	105	1,1
L 82	WAB894-B-5A2,1-1	56	91	0,6
L 29	CT15021-70-1-4-4	60	63	0,2

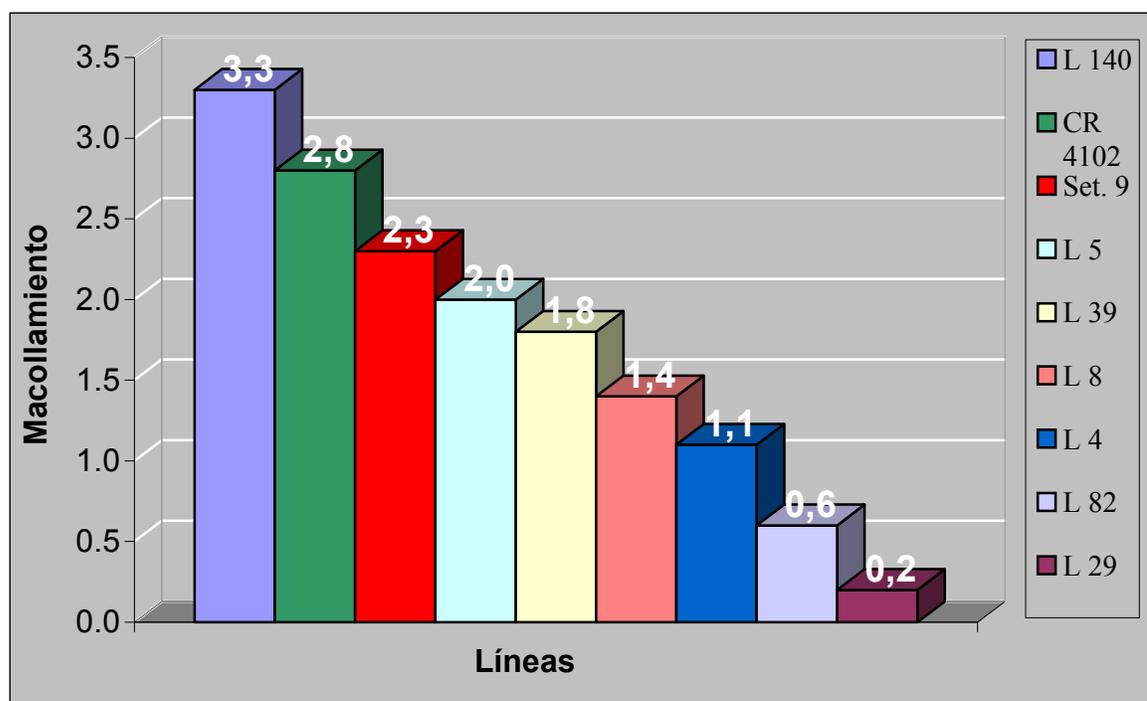


Figura 3. Macollamiento de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

### 4.1.3 Altura de planta (Ht)

En el Cuadro 23, se muestra el promedio y la desviación estándar de las diferentes alturas de las plantas alcanzadas a los 35 días, 52 días y la cosecha, por las líneas seleccionadas y las variedades testigo SETESA 9 y CR 4102.

Como se observa en la Figura 4, la altura promedio de los materiales seleccionados y los testigos estuvieron dentro de un rango de 88 a 103 cm.

El genotipo que expresó la menor altura de planta fue la línea L5 con 83 cm, caso contrario a las líneas L39 y L82 con 100 y 103 cm de altura respectivamente (Figura 4).

El Cuadro 23, muestra que las líneas L5 y L8 presentaron la mejor uniformidad, con valores de 7 y 8 cm respectivamente en la desviación estándar. Las líneas restantes mostraron un comportamiento similar a los testigos.

Cuadro 23. Altura de plantas de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT –SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

Línea y variedades	Pedigree	Altura promedio de plantas (cm)			Desviación estándar Cosecha
		35 dds	52 dds	Cosecha	
L 5	CT11891-3-3-3-M-1-2-3-M	67	86	88	7
T1	SETESA 9	60	82	90	13
L 140	CIRAD 409	62	85	91	14
L 29	CT15021-70-1-4-4	57	88	91	14
L 4	CT11891-3-3-3-M-1-3-2-M	73	89	93	10
L 8	CT11891-3-3-3-M-1-2-4-M	67	90	94	8
T2	CR 4102	54	78	97	13
L 39	CT15030-26-3-3-2	62	94	100	14
L 82	WAB894-B-5A2,1-1	56	85	103	16

Según lo mostrado por los genotipos en esta variable, todos los materiales evaluados se consideran plantas semienanas (Figura 4). En general, los cultivares se mostraron como plantas de porte bajo. Al respecto numerosos trabajos han

demostrado que este tipo de material posee potencial de alta respuesta al nitrógeno y buena resistencia al acame (Jennings *et al* 1981; Rosero 1976).

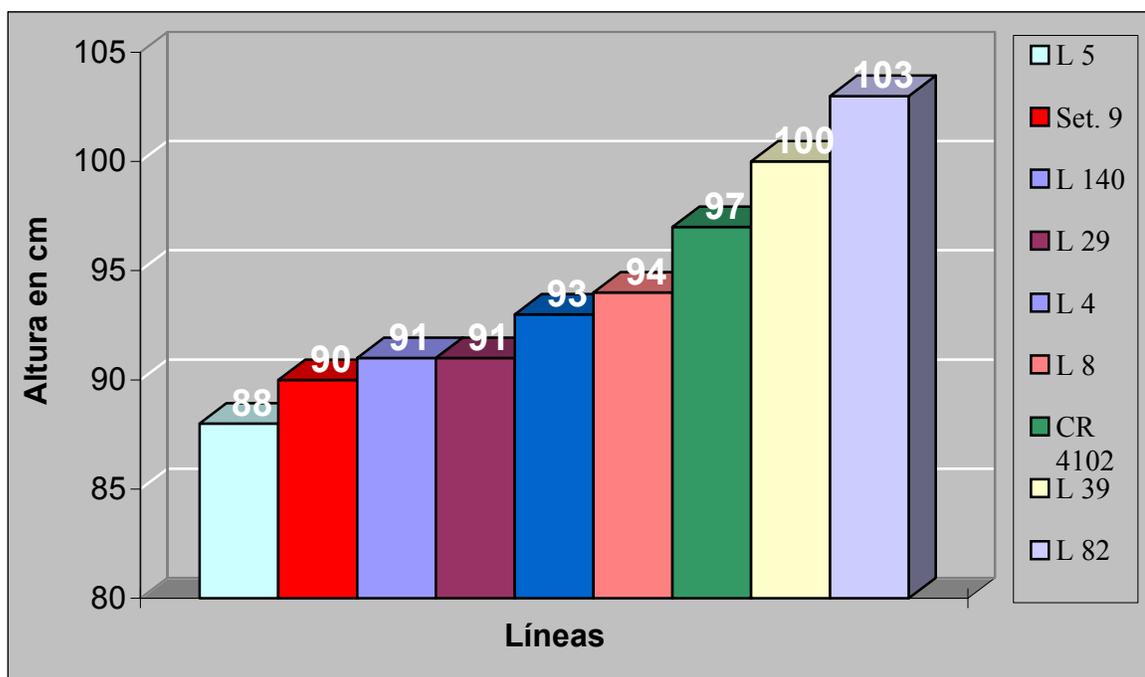


Figura 4. Altura de plantas de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

#### 4.1.4 Vigor (Vg)

Según Jennings *et al.* (1985), el vigor vegetativo es la capacidad del material en llenar rápidamente los espacios entre plantas y entre surcos. Además señala que un buen vigor vegetativo disminuye la competencia de malezas y compensa las pérdidas de plantas.

Como se observa en la Figura 5, las líneas seleccionadas presentaron a los 48 días después de la emergencia del cultivo, el mismo valor de Vigor que las variedades testigos SETESA 9 y CR 4102, (valor 3) que las clasifica como "Plantas Vigorosas", según la escala de valoración de vigor del Sistema de Evaluación Estándar de Arroz (Rosero 1983).

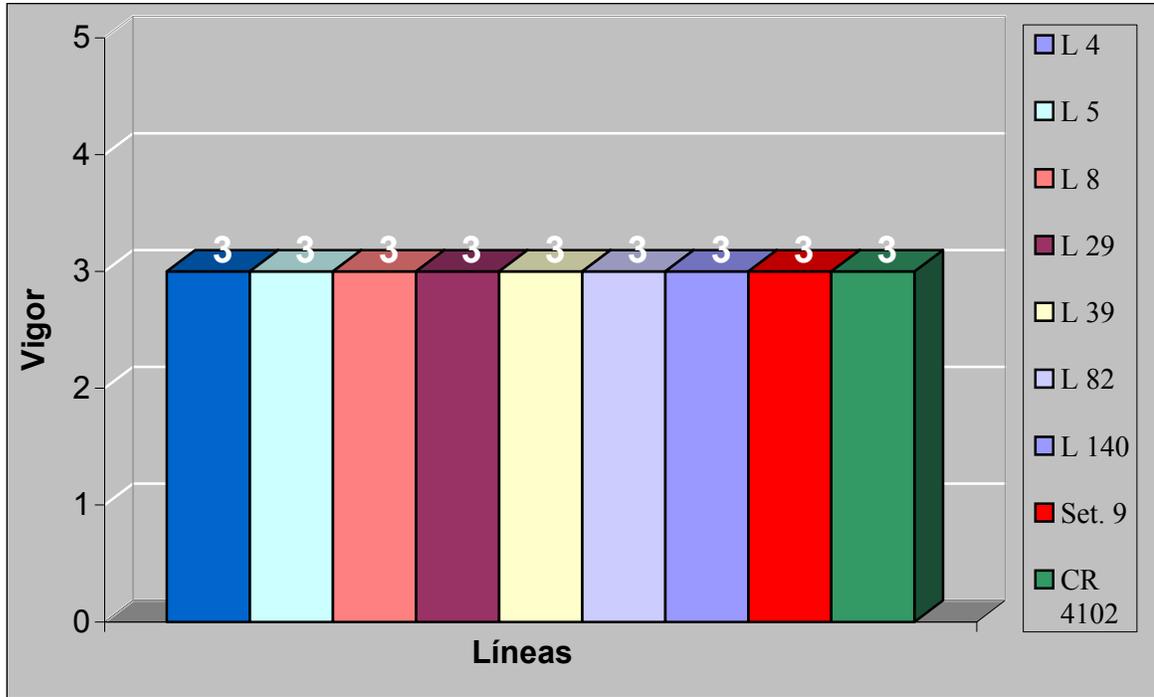


Figura 5. Vigor vegetativo de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

#### 4.1.5 Días a floración (FI)

El intervalo desde la siembra hasta que se presentó alrededor del 50% de floración en las líneas seleccionadas y en los testigos SETESA 9 y CR 4102, estuvo dentro del rango de 52 a 87 días (Cuadro 25)

En la Figura 6, se puede observar que los genotipos L5, y L8 mostraron la mayor precocidad a floración con 52 días, comportamiento que difiere con los testigos CR 4102 y SETESA 9 que presentaron respectivamente 77 y 87 días a floración. En lo referente a las líneas L4, L140, L29, L82 y L39, en orden creciente, presentaron también una mayor precocidad a floración (menor a 72 días) que los testigos CR 4102 y SETESA 9.

De acuerdo a los datos obtenidos, es posible señalar en función de la precocidad a floración de los testigos CR 4102 y SETESA 9 que las líneas L5 y L8 fueron más precoces que las variedades testigo 25 y 35 días respectivamente (Figura 6).

La precocidad a floración presentada por todas las líneas seleccionadas, conlleva a que el productor tenga que realizar un manejo agronómico diferente antes de la floración, especialmente en fertilización y uso de herbicidas post emergentes, que no vayan a afectar la emergencia de la panícula.

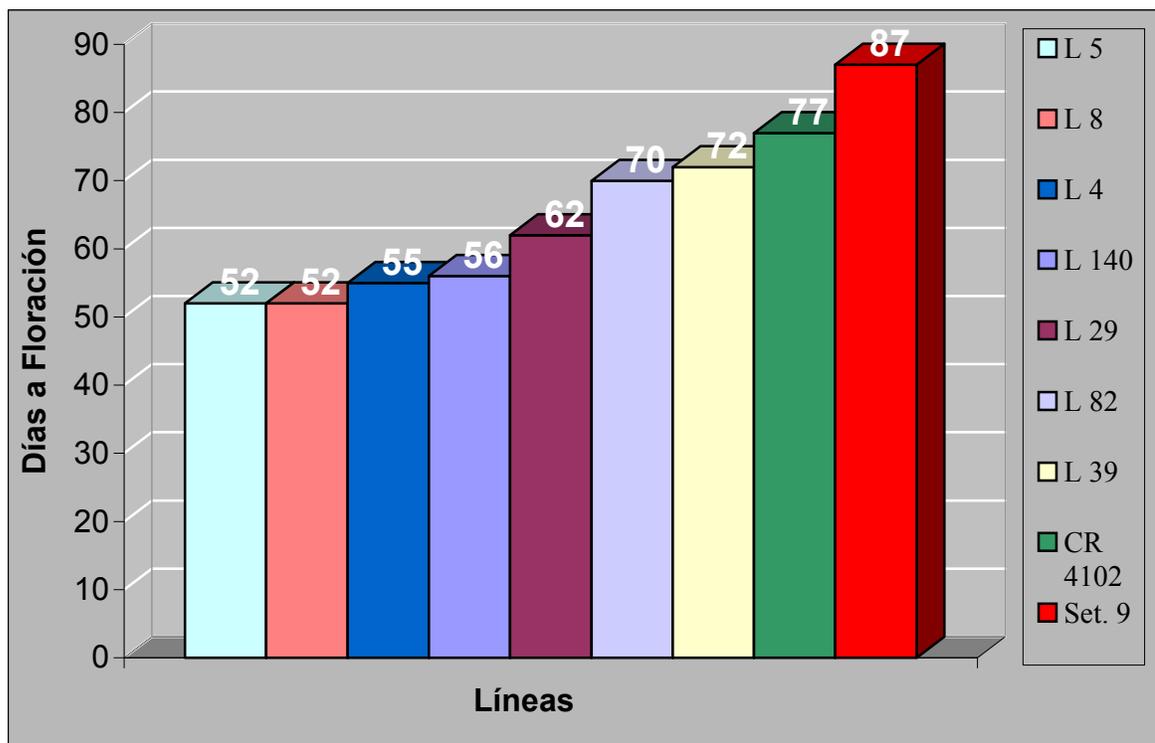


Figura 6. Días a floración de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

#### 4.1.6 Acame (Lg)

En el Cuadro 25 y Figura 7, se observa que tanto las líneas seleccionadas como las variedades testigo SETESA 9 y CR 4102, presentaron resistencia al volcamiento o acame, al registrar un valor de uno en la Escala de Valoración del Sistema de Evaluación Estándar para Arroz.

Es importante mencionar que a pesar que los materiales evaluados presentaron cierta debilidad en sus tallos, que pueden provocar volcamiento o acame en las plantas, esto es compensado con la poca altura que presentan estos genotipos, lo que concuerda con lo dicho por Jennings *et al* (1981), que

manifiesta que la resistencia al volcamiento esta relacionado principalmente con la poca altura. Tallos cortos y fuertes, más que ningún otro carácter, determinan la resistencia al acame.

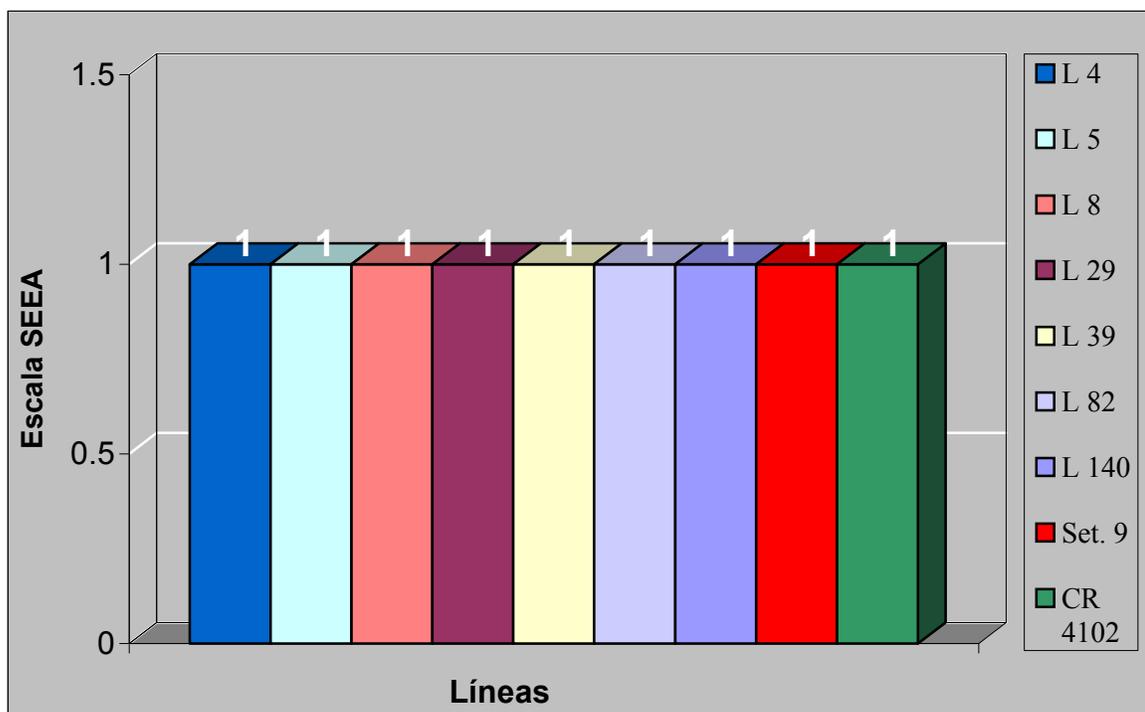


Figura 7. Volcamiento o Acame de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

#### 4.1.7 Ejercicio de la panícula (Exs)

Según la escala de valoración del SEEA (Rosero 1983), todos los materiales evaluados (líneas y variedades) presentaron una ejerción de panícula "bien emergida", a excepto de la línea L82 que presentó una ejerción de panícula "moderadamente emergida" (Cuadro 25). Este calificativo de "panícula bien emergida" se le brinda a las líneas y variedades que tengan una ejerción de panícula igual o superior a 5 cm, como sucedió en la mayoría de las líneas que estuvieron dentro de un rango de ejerción de panícula de 5 a 12 cm, caso contrario de la línea L82, que al estar dentro del rango de ejerción de panícula de 1 a 4 cm se considera una "panícula moderadamente emergida" (Figura 8).

Como se observa en la Figura 8, los genotipos que presentaron mayor ejerción de panícula fueron las líneas L39, L5 y L8 con 12 cm, 10 cm y 10 cm respectivamente, superando al testigo CR4102 con 8 cm y al testigo SETESA 9 con 5 cm. Contrario a lo anterior la línea L82 fue la que presentó menor ejerción de panícula con 4 cm.

Comparando todos los materiales se observa que presentan una ejerción de panícula excelente, tomando en cuenta las condiciones de precipitación y de humedad relativa presentes en la Región Huetar Norte, donde se requieren plantas con una buena ejerción para facilitar la aireación de la panícula y que esta se seque más rápidamente, evitando el ataque de algún patógeno. También es importante mencionar que una buena ejerción evita el vaneo (Jennings *et al* 1985).

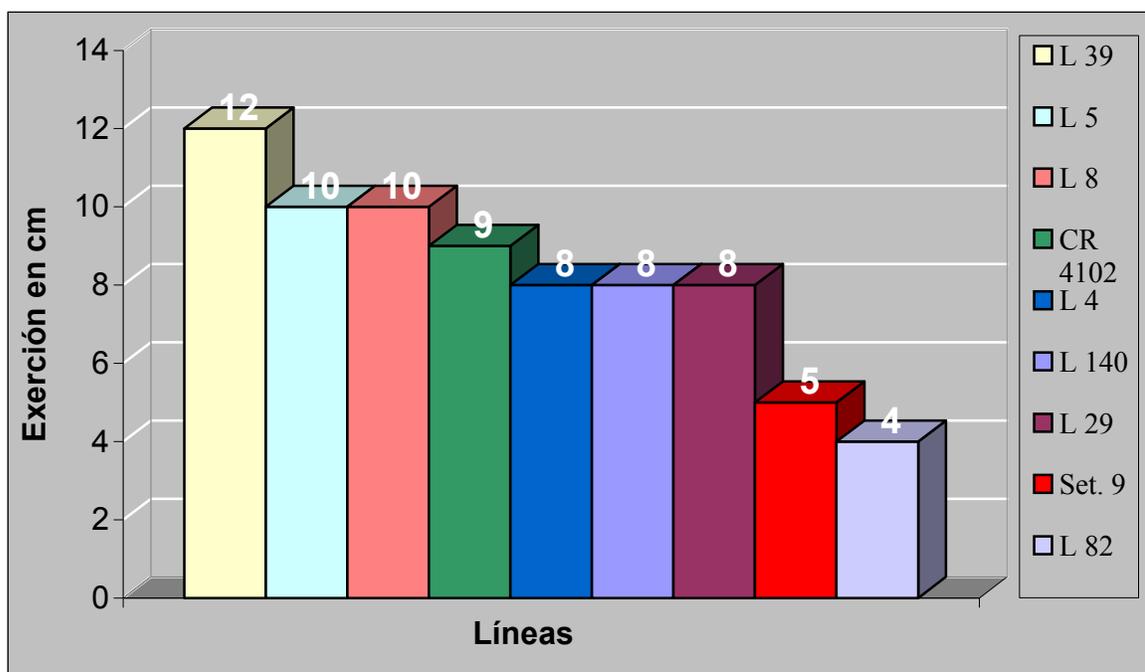


Figura 8. Ejerción de panícula de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

#### 4.1.8 Días a Cosecha (Maduración) (Mat)

El Cuadro 24, muestra los días a cosecha y el tipo de ciclo que presentan cada una de las líneas seleccionadas y los testigos CR 4102 y SETESA 9.

Como se observa en el Cuadro 24 y en la Figura 9, la mayor precocidad en cuanto a maduración se obtuvo con los cultivares L5 y L8 con 82 días a cosecha, seguido de las líneas L4, L140, L29, L82 y L39, en orden creciente de madurez. La maduración más tardía la presentó las variedades testigo CR 4102 y SETESA 9 con 107 y 117 días a cosecha respectivamente.

En general todos los cultivares mostraron un ciclo de madurez menor a los 115 días, lo que es considerado como un ciclo precoz; a excepción del testigo SETESA 9, que presentó un ciclo de madurez a cosecha de 117 días, considerado como ciclo intermedio (Cuadro 24).

Cuadro 24. Días a madurez de cosecha y ciclo de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos, 2004.

Líneas y Variedades	Pedigree	Días a Cosecha (Maduración)	Ciclo
L 5	CT11891-3-3-3-M-1-2-3-M	82	Precoz
L 8	CT11891-3-3-3-M-1-2-4-M	82	Precoz
L 4	CT11891-3-3-3-M-1-3-2-M	85	Precoz
L 140	CIRAD 409	86	Precoz
L 29	CT15021-70-1-4-4	92	Precoz
L 82	WAB894-B-5A2,1-1	100	Precoz
L 39	CT15030-26-3-3-2	102	Precoz
T2	CR 4102	107	Precoz
T1	SETESA 9	117	Intermedio

La precocidad presentada por las líneas preseleccionadas es muy importante para los productores de arroz de la Región Huetar Norte de Costa Rica, porque se acorta el ciclo productivo entre 30 y 40 días con respecto a las variedades de ciclo intermedio y tardío, por lo que permitiría planificar un ciclo productivo acorde con las condiciones de precipitación imperantes en esta zona,

como también realizar dos ciclos productivos al año. Además la precocidad de las líneas fue uno de los criterios expuestos para seleccionar una variedad para la zona, por los productores de arroz en el taller de evaluación y selección participativa de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

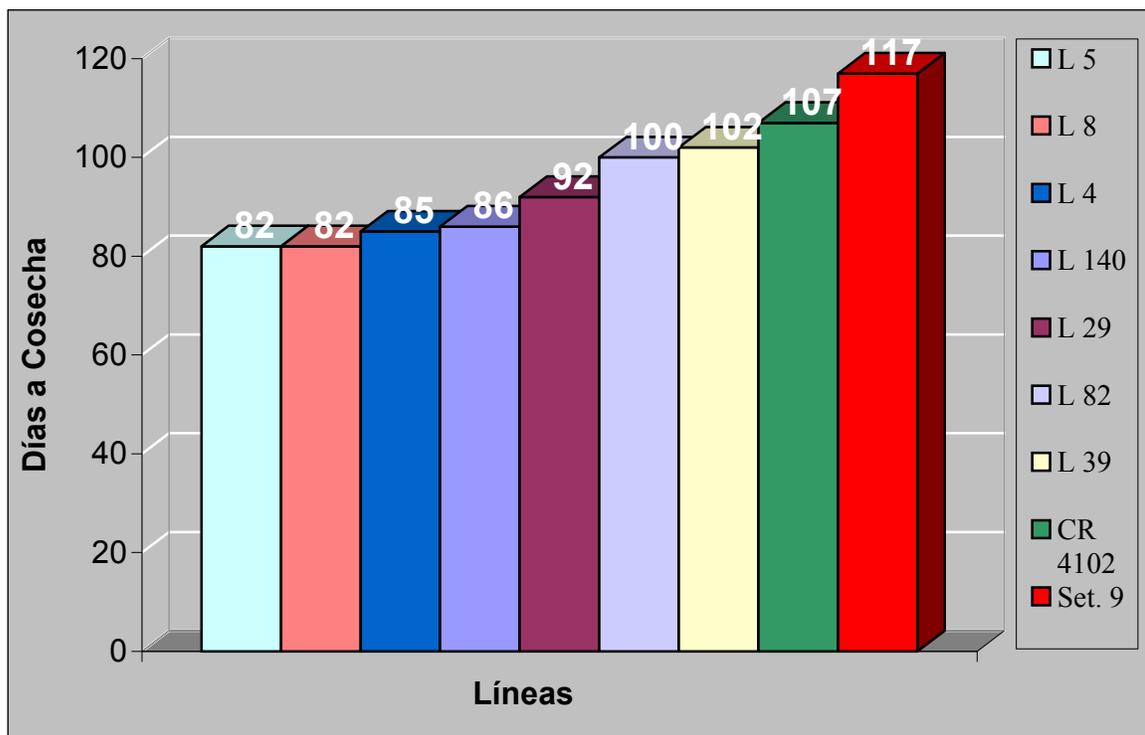


Figura 9. Días a madurez de cosecha y ciclo de líneas y variedades de arroz. Vivero ION – CIAT – SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

Cuadro 25. Características agronómicas del material genético de arroz . VIVERO ION – CIAT SECANO. Finca La Vega, ITCR. San Carlos. 2004.

---

<b>Líneas</b>	<b>Pedigree</b>	<b>Población inicial m</b>	<b>IM</b>	<b>Altura planta</b>	<b>Población (cosecha) m</b>	<b>Vg</b>	<b>Fl</b>	<b>Lg</b>	<b>Exerción panícula cm</b>
---------------	-----------------	------------------------------------	-----------	--------------------------	--------------------------------------	-----------	-----------	-----------	---------------------------------