



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa**  
**FAREM-MATAGALPA**

Tesis para optar al título de Ingeniería Agronómica

Evaluación de 10 líneas de arroz (*Oriza sativa L*) biofortificadas con Hierro y Zinc, tolerantes al manchado del grano y tres variedades comerciales, Las Mangas, San Isidro-Matagalpa, en época de Invierno 2009.

**AUTORES:**

Br. Jairo José Herrera Córdoba

Br. Reynaldo Alejandro Castro López

**TUTORA:**

MSc. Evelyn Calvo Reyes

**ASESOR:**

Ing. Sergio Cuadra Castillo

**Matagalpa, Febrero del 2011**



**INTA**

## DEDICATORIA

Para terminar una carrera universitaria se necesita la ayuda de muchos, pues es una tarea ardua y de muchas vallas que hay que enfrentar cada día para poder seguir adelante y al final conseguir un objetivo único, ser un profesional con muchos conocimientos científicos que de alguna u otra manera ayudarán al desarrollo económico y social de nuestra comunidad urbana y en especial la rural.

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado vida, inteligencia y los buenos deseos de superación para poder terminar hoy la carrera de ingeniería agronómica que tanto soñé terminar un día y que hoy no sólo a mi me hace feliz, sino también a mi familia y a todas aquellas personas que son parte de mi vida.

A mi madre (qepd) **Elda Azucena Córdoba Lazo**, quien desde niño me dio sus consejos, ayuda incondicional para poder ser hoy un profesional y sé que desde el cielo me siguió guiando y motivando para seguir adelante en mi carrera y en la que también ella soñó que terminara.

Dedico también este trabajo a mis abuelitas: **Juana Francisca Córdoba Weimar** (qepd) y **Juana Montenegro Ríos**. Ellas han sido mis segundas madres y quienes me han ayudado incondicionalmente de todas las maneras para finalizar mi carrera.

**A José María Gallego Acero** y **María José Cabo** por brindarme su solidaridad infinita para poder seguir estudiando y su apoyo incondicional en todos los sentidos, pues sin ellos no hubiese sido posible terminar mis estudios.

Dedico este trabajo a mis tres hermanos quienes son motivo de mis deseos de superación y por quienes lucho cada día y a mi tía **Sandra Elena Córdoba Weimar** por su apoyo en los momentos difíciles y buenos de mi vida.

**Br. Jairo José Herrera Córdoba**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios nuestro padre creador, por haberme dado la inteligencia, fuerzas y la paciencia para luchar en momentos difíciles y ayudarme a finalizar lo que tanto anhele tener como son mis estudios universitarios.

A mi abuelita **Miriam López Martínez**, ya que siempre estuvo pendiente de mí dándome ánimos para seguir adelante y estando siempre a mi lado, a mi tía **Sra. Oliveyda López Martínez**, que fue como una madre estando ahí en los momentos más difíciles dándome consejos y guiándome por el camino del bien junto a su esposo el **Ing. Marco Castellón**.

A mi madre **Sra. Silvia López Martínez** que por cosas de la vida no está conmigo pero si ha estado pendiente de mí siendo la persona que estaba en el lugar indicado con sus ansias de que luchara para culminar mi carrera.

A toda mi familia, hermanos, primos, tíos, sobrinos que fueron muy generosos formando así parte importante de mi vida.

Mis amigos que siempre estuvieron ahí en momentos difíciles, dándome la confianza para seguir adelante, a maestros que fueron la base del conocimiento.

**Br. Reynaldo Alejandro Castro López**

## AGRADECIMIENTO

Para finalizar nuestro trabajo fue necesaria la ayuda de muchas personas voluntarias que manera incondicional nos brindaron su tiempo para apoyarnos en nuestras investigación de tesis y así concluir un esfuerzo de cinco años de estudios intensos.

A la **M.Sc. Evelyn Calvo Reyes** por aceptar ser nuestra tutora de nuestro trabajo monográfico ya que gracias a su dedicación y conocimientos logramos finalizar nuestra investigación.

Agradecemos al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) por su colaboración al avance del desarrollo de investigaciones agrícolas y en especial en el cultivo de arroz, con la cual logramos graduarnos como ingenieros agrónomos.

Al investigador zonal del INTA Centro Norte de desarrollo tecnológico del Valle de Sébaco **Ingeniero Sergio Cuadra Castillo** por su asesoría.

Agradecemos de manera generosa a la **Cooperativa Augusto César Sandino** ubicada en la comunidad Las Mangas, San Isidro, Matagalpa por habernos brindado las condiciones necesarias para establecer el experimento de tesis.

Al **M.Sc. Francisco Chavarría Aráuz** y el **M.Sc. Julio Laguna Gámez** por su intensa colaboración como asesores en nuestro trabajo monográfico, ya que sin su apoyo en los momentos necesarios no hubiese sido posible terminar con éxito esta investigación.

A la empresa arrocera **Rosales Vallejos** por habernos ayudado en la realización del análisis de calidad industrial del arroz.

**Br. Jairo José Herrera Córdoba.**

**Br. Reynaldo Alejandro Castro López**

## RESUMEN

En Nicaragua el arroz es el tercer alimento básico en la dieta humana. Sin embargo, a pesar de que la población hace un uso masivo de este alimento, presentan problemas nutricionales relacionados con deficiencias en minerales (Fe y Zn) y vitaminas. Es por ello que durante la época de invierno del 2009, se estableció un ensayo con líneas avanzadas de arroz con alto contenido de hierro y zinc, con tolerancia al manchado del grano. El diseño experimental consistió en un BCA, con 13 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados indican que las 13 líneas evaluadas son altamente productivas con rendimientos potenciales que oscilan desde 7.5 a 9.9 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio nacional es 3.3 t ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos 6, 8 y 9 (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4, CT 18148-6-9-3-3-2-M y CT 18148-10-3-6-4-6-M), alcanzaron los mayores comportamientos productivos con 9.9, 9.8 y 9.4 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Además son de grano tipo largo y de forma media. Los 3 tratamientos más productivos: 6, 8 y 9 se encuentran en la categoría de plantas con tallos moderadamente débiles o intermedios. Todas las líneas evaluadas se clasifican en la escala 1 del CIAT al presentar menos del 1% de lesión visible de Pyricularia tanto al nivel de la hoja, cuello y nudo de la planta. El tratamiento 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M) fue la única línea clasificada en la escala 3 del CIAT (6-10% de incidencia de manchado del grano), los restantes 12 tratamientos se clasifican en la escala 4 (11-20% de incidencia).

**Palabras claves: Arroz, Líneas, Biofortificación, Rendimientos y Pyricularia.**

## OPINIÓN DE LA TUTORA

El presente trabajo monográfico: **“Evaluación de 10 líneas de arroz (*Oriza sativa*) biofortificadas con hierro y zinc, tolerantes al manchado del grano, y tres variedades comerciales, Las Mangas, municipio de San Isidro – Matagalpa, en época de invierno 2009”**, realizado por los bachilleres **Jairo Jose Herrera Córdoba y Reynaldo Alejandro Castro López** para optar al título de Ingeniería Agronómica, me permito afirmar que cumple con las normativas de la UNAN Managua, para esta modalidad de graduación. Es decir, existe correspondencia entre el trabajo presentado y la estructura que define la normativa, además de haber correspondencia entre el problema de investigación, objetivos, hipótesis, contenido del trabajo, conclusiones y recomendaciones. Por lo tanto también contiene la rigurosidad científica exigida para un trabajo como el actual.

También valoro como sobresaliente la aplicación de los conocimientos adquiridos, así como el grado de independencia, creatividad, iniciativa y habilidades desarrolladas, por ambos bachilleres.

El trabajo realizado por los bachilleres Herrera Córdoba y Castro López, es de mucho valor para la región, en especial para los productores arroceros de la zona permitiendo así la validación de 10 líneas de arroz resistentes a enfermedades y manchado del grano que se adaptan a la zona.

Sólo me resta felicitar a los bachilleres Herrera Córdoba y Castro López, por su esfuerzo, inversión, entrega, disposición, paciencia y logros obtenidos, que hoy se ven reflejados en el presente trabajo, que les permitirá coronar su carrera profesional y a las instituciones involucradas como son INTA –CDT San Isidro y Cooperativa Augusto César Sandino, Las Mangas.

MSc. Evelyn Calvo Reyes

Tutora

## INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>I- INTRODUCCION</b> .....	1
<b>II-ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>III-JUSTIFICACION</b> .....	7
<b>IV-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	10
<b>V-OBJETIVOS</b> .....	11
<b>VI-HIPOTESIS GENERAL</b> .....	12
<b>VII-MARCO TEORICO</b> .....	14
7.1-Situacion del arroz .....	14
7.2-Importancia alimenticia del arroz .....	16
7.3-Genereacion de variedades .....	17
7.4-Caracteristicas de variedades .....	19
7.4.1-INTA Malacatoya .....	19
7.4.2-INTA Dorado .....	20
7.4.3-Fedearroz 50.....	21
7.5-Calidad industrial del grano .....	23
7.6-Longitud y forma del grano .....	24
7.7-Arroz biofortificado con hierro y zinc .....	24
7.8-Enfermedades causadas por hongos .....	27
7.8.1-Distribucion e importancia económica .....	27
7.8.2-Biología.....	27
7.8.3-Sintomas y daños .....	27
7.8.4-Metodología para determinar la incidencia de pyricularia.....	28
7.8.4.1-Evaluación en la fase vegetativa .....	28
7.8.4.2-Evaluación en panículas .....	29
7.9-Decoloracion de las Glumas o complejo del Manchado del Grano.....	29
7.9.1-Sintomas.....	29
7.9.2-Epidemiologia .....	30
7.9.3-Evaluacion en la fase de madures fisiológica .....	30
7.10-Problemas de acame en el cultivo del arroz.....	31
7.11-Caracteristicas agronómicas .....	32

<b>VIII-DISEÑO METODOLOGICO</b> .....	36
8.1-Localizacion del experimento .....	36
8.2-Zona de vida.....	36
8.3-Descripción del lugar .....	36
8.4-Diseño Experimental.....	36
8.5-Descripción de los Tratamientos.....	37
8.6-Manejo Agronómico .....	37
8.7-Toma de datos para la medición de las variables.....	39
8.7.1-Procedimiento para medir las variables .....	39
8.7.1.1-Características agronómicas de los cultivares .....	39
8.7.1.2-Reacción a enfermedades y al acame .....	42
8.7.1.3-Valor comercial del grano .....	43
8.8-Operacionalización de variables .....	44
8.9-Análisis Estadísticos .....	47
8.10-Análisis Económicos .....	47

## **IX-BIBLIOGRAFÍA**

## **X-ANEXOS**



## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PÁG.
1- Mayores productores y exportadores de arroz del mundo. ....	1
2-Longitud y forma del grano.....	2
3-Composicion nutritiva del arroz en 100 gramos de porción comestible en crudo .....	3
4-Escala del CIAT para determinar afectación de patógenos .....	30
5-Escala del CIAT para determinar porcentajes de granos manchados .....	32
6-Descripcion de los tratamientos de evaluación de líneas avanzadas de arroz biofortificados en la comunidad las Mangas, Municipio San Isidro-Matagalpa época de invierno, 2009.....	38
7-Estados fenológicos de crecimientos del cultivo de arroz sugerida por el CIAT (1983) .....	40
8- Aplicación de la escala del CIAT para altura de la planta .....	41
9- Aplicación de la escala del CIAT para macollamiento .....	41
10- Aplicación de la escala del CIAT para fertilidad de espiguilla.....	42
11- Aplicación de la escala del CIAT para Pyricularia .....	43
12- Aplicación de la escala del CIAT para manchado del grano .....	43
13- Aplicación de la escala del CIAT para acame de la planta .....	44
14-Operacionalizacion de variables.....	45, 46,47
15-Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y prueba de Tukey para la subvariable de rendimiento de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn .....	19
16 - Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y prueba de Tukey para la subvariable altura de la planta de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn .....	23
17- Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y prueba de Tukey para la subvariable macollas por planta de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn.....	25
18- Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y prueba de Tukey para la subvariable longitud de la panícula de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn	27
19- Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y prueba de Tukey para la subvariable granos por panícula de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn ....	29
20-Prueba de Freedman para la subvariable fertilidad de la panícula.....	31
21- Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y prueba de Tukey para la subvariable fertilidad de la panícula de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn	32

22- Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva para la subvariable peso de mil granos de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn.....	34
23- Días a primordio, floración y madurez fisiológica después de la germinación .....	36
24 –Clasificación de resistencia a Pyricularia según escala del CIAT .....	38
25- Prueba de Freedman para la subvariable manchado del grano .....	40
26 – Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva para la subvariable manchado del grano de 13 líneas de arroz biofortificados con Fe y Zn .....	40
27- Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva para la subvariable plantas acamadas de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.....	43
28-Resultados de análisis de correlación efectuados al componente de rendimiento .	44
29 –Análisis de calidad industrial del ensayo de líneas avanzadas de arroz biofortificado y tolerante al manchado del grano en la comunidad las mangas época de invierno 2009 .....	46
30 - Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y escala del CIAT para la subvariable longitud del grano de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn .....	48
31 – Prueba de Freedman para la subvariable ancho del grano .....	49
32 - Prueba de normalidad, homogeneidad, andeva y escala del CIAT para la subvariable ancho del grano .....	50
33 –Análisis económico del ensayo de líneas avanzadas de arroz biofortificado y tolerante al manchado del grano en la comunidad las Mangas. época de invierno 2009 .....	52
3 - Condiciones climatológicas durante el ciclo del cultivo, según INETER 2009 .....	19

## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>Grafica N°</b>	<b>Página</b>
1 - Producción mundial de arroz cascara.....	16
2 - Principales productores de arroz cascara de Centroamérica .....	17
3 - Condiciones climatológicas durante el ciclo del cultivo, según INETER 2009 .....	19
4 - Rendimiento en Kg por Ha .....	18
5 - Altura de la planta .....	22
6 - Macollas por plantas.....	24
7 - Longitud de la panícula.....	26
8 - Granos por panícula .....	28
9 - Fertilidad de la panícula .....	30
10-Peso de mil granos .....	33
11-Resistencia a Pyricularia .....	37
12-Porcentaje del manchado del grano.....	39
13-Porcentaje de plantas acamadas .....	41
14-Longitud del grano .....	47
15-Ancho del grano .....	49

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1-Datos climáticos durante el periodo de la ejecución del ensayo de líneas avanzadas de arroz biofortificado. San Isidro, invierno/2009.

Anexo 2- Plano de Campo

Anexo 3- Distribución de tratamientos en el campo.

Anexo 4- Libro de campo

Anexo 5- Manejo Agronómico

Anexo 6- Presupuesto

Anexo 7- Análisis de calidad industrial del experimento de arroz realizado en época de invierno 2009.

Anexo 8- Cronograma de actividades del experimento de líneas de arroz biofortificado.

Anexo 9- Hoja de recolección de datos en el campo y después del trillo.

Anexo 10- Ubicación de parcelas experimentales en la Cooperativa Augusto César Sandino comunidad Las Mangas.

Anexo 11- Toma de datos

Anexo 12- Madurez fisiológica del experimento

Anexo 13- Cosecha del cultivo de arroz

## I. INTRODUCCIÓN

El arroz se ha constituido en la principal fuente de proteína y calorías de la población más pobre de América Latina, esto se debe por parte principal de la dieta de millones de personas. Pocos esfuerzos se han hecho para mejorar su calidad nutricional, pero datos científicos recientes indican que el fitomejoramiento se constituye como una técnica eficiente, confiable y de menor costo, que otras intervenciones (ejemplo: fortificación industrial) que tratan de mejorar la calidad nutricional de productos de consumo masivo como el arroz (Agro salud, 2009).

La biofortificación es una nueva técnica que se utiliza actualmente para mejorar la calidad nutricional, rendimiento y resistencia a enfermedades del arroz, mejorando así no sólo la cantidad de micronutrientes, sino también factores que inciden en la calidad industrial.

El consumo per cápita de arroz en Nicaragua casi se duplicó en los últimos diez años, pasando de 29.5 kg a 45 kg, parte importante de ella con producción nacional, que alcanza las 200 mil toneladas anualmente. Sin embargo, la producción arrocería anual de Nicaragua no alcanza a satisfacer las necesidades nacionales, dado que el país debe importar un contingente de 140 mil toneladas, prácticamente todo comprado en el mercado de Estados Unidos (Cuadra 2009).

Por otra parte, el Manchado del grano, asociado a un complejo de hongos y bacterias (*Helminthosporium*, *Sarocladium*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Fusarium Rhynchosporium*, *Pseudomonas glumae*, *P. fuscovaginae*, *P. siringae* pv. *oryzico/a*): ocupa un lugar muy significativo en la problemática fitopatológica de este rubro, debido a que la actividad de tales microorganismos reducen la viabilidad y rendimiento de la semilla certificada particularmente (Cuadra 2009).

La investigación se realizó en la comunidad Las Mangas- San Isidro en la cooperativa Augusto César Sandino, tiene como objetivo evaluar el comportamiento agronómico, en época de invierno, calidad industrial e ingreso bruto de diez líneas biofortificadas provenientes del CIAT Colombia, comparadas con tres variedades comerciales de Nicaragua; con el fin de obtener mejores rendimientos, resistencia a enfermedades y

buena calidad industrial en sus cosechas, contribuyendo a los ingresos de los productores.

El diseño experimental es un Bloque Completamente al Azar (BCA) con cuatro repeticiones, el procesamiento se adaptó con el paquete estadístico sistema analítico mediante cálculo de Andeva, Normalidad y Homogeneidad de la varianza.

## II. ANTECEDENTES

En Nicaragua, como promedio anual, se cultivan 123,500 manzanas de arroz, de las cuales 75,000 manzanas corresponden a arroz seco y 48,500 manzanas a arroz bajo riego (La Prensa, 2005, citado por SIMAS, 2005). El rendimiento de producción es de 90-100 quintales por manzana, pero mejorando las técnicas de producción se pueden cosechar hasta 140 quintales por manzana. Haciendo uso de técnicas como la desinfección de la semilla y la eliminación de maleza, sembrar semilla de calidad en las áreas productivas también son factores que ayudan a mejorar la producción (Mendoza, 2009).

Estudios recientes realizados en una congregación religiosa de Filipinas, establecieron que las personas que consumieron arroz biofortificado con hierro presentaron un nivel más alto de hierro, obteniendo 3.21 miligramos de hierro por cada Kg. de arroz, mientras que el arroz convencional aporta 0.57 mg de hierro por un Kg. de arroz (El Nuevo Diario, 2007).

La biofortificación de cultivos es de suma importancia para aportar nutrientes al organismo humano especialmente en las áreas pobres de América Latina en donde la desnutrición es uno de principales problemas en los niños y mujeres en gestación.

En agosto del 2009, un grupo de investigadores Suizos desarrollaron variedades de arroz biofortificado que contiene seis veces más hierro que los arroces comunes. El equipo de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich (Suiza) espera que su producto contribuya a paliar la carencia de hierro en los países en desarrollo (Johnson y Swissinfo, 2009).

Los investigadores están satisfechos con la nueva variedad de arroz; los arroces cultivados en invernadero se comportan normalmente. Hasta el momento no hay indicios de repercusiones negativas para el ambiente, tampoco en relación al contenido de hierro en el suelo. El objetivo es poner este arroz biofortificado a disposición de los pequeños productores sin costo alguno, sin embargo, pasarán algunos años hasta la disposición de los campesinos debido a que los genotipos aún no son aptos para la explotación agrícola (Johnson y Swissinfo, 2009).

Esta satisfacción de los investigadores se debe a la aceptación por parte de las Naciones Unidas y organizaciones de la salud para ayudar a satisfacer las necesidades nutricionales, sin embargo no están completamente a disposición de los productores por que no se han evaluado, ni validado en cada uno de los países productores de arroz para conocer si se adaptan a las condiciones climáticas de cada país.

Los investigadores suizos esperan que su arroz pueda ofrecer una alternativa en la lucha contra este problema tan extendido como es la desnutrición por la falta de hierro y zinc. El llamado 'arroz dorado' enriquecido con vitamina A, anunciado en el año 2000, fue desarrollado por otro equipo de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich (EPFZ), en colaboración con la Universidad de Friburgo en Alemania (Johnson y Swissinfo, 2009).

Los investigadores suizos esperan que con su estudio sobre arroz biofortificado puedan disminuir considerablemente los grandes índices de personas con problema de anemia debido a la enorme carencia de hierro en la nutrición humana.

Según NotiCIAT. (2009), en Bolivia se han hecho grandes esfuerzos, mediante investigaciones para mejorar la calidad nutricional. “Azucena” y “Saavedra 027” son las dos nuevas variedades de arroz biofortificado con hierro y zinc, que tras varios años de investigaciones ha logrado lanzar al mercado nacional el Centro de Investigación Agrícola Tropical CIAT-Bolivia, a través del Sistema Agroalimentario de Pequeños Productores financiado por el Programa de Apoyo a la Seguridad Alimentaria, con recursos de la Unión Europea y con la cooperación del proyecto Agrosalud del CIAT Colombia.

La variedad Azucena tiene 3.40 partes por millón (ppm) de hierro y 18.57 ppm de zinc, con una diferencia de 0,42 ppm de hierro y 8,97 de zinc frente a las que ya se comercializan en el país. Por su parte, la variedad Saavedra 27 presenta un incremento del 0,54 ppm de hierro y 2,0 ppm de zinc, lo que la hace promisoría para zonas con sistema de cultivo mecanizado (secano favorecido y riego) (Nutrinet, 2009).

La cantidad de hierro y zinc que tienen estas dos variedades bolivianas sobrepasan las cantidades que tienen las variedades comerciales ya existente, lo que viene a mejorar la nutrición de los bolivianos en cuanto a micronutrientes indispensables para la salud humana.



En Cuba se liberó la variedad de arroz IA-Cuba 30, lograda por cruzamiento y selección genética en el Instituto Cubano de Investigaciones del grano y en evaluación desde hace unos cinco años en Camagüey (Cadenagramonte, 2010).

El arroz IA-Cuba 30 responde al Programa Internacional Agro salud, que desde hace unos años se desarrolla en América Latina y el Caribe, financiado por Canadá, que busca potenciar variedades en cultivos biofortificados de arroz, maíz y frijol que tengan en sus componentes elementos necesarios para la salud (Cadenagramonte, 2010).

La desnutrición por falta de micronutrientes, especialmente de hierro, zinc y vitamina A, afecta a más de la mitad de la población mundial. Por lo cual es de gran interés internacional de investigación, dar respuestas a las necesidades por medio de un programa que impulsa el enriquecimiento del contenido de los alimentos de primera necesidad con vitaminas y minerales.

La Misión Técnica de Taiwán ha realizado investigaciones de estudios en coordinación con el INTA para la producción de arroz, mejoramiento genético y producción de semillas para próximos ciclos productivos (Mendoza, 2008).

La Misión Técnica de Taiwán (ICDF), en Nicaragua tiene su centro experimental en la comarca El Horno, municipio de Sébaco, está realizando 13 ensayos de líneas avanzadas resistentes a *Pyricularia grisea* y 14 ensayos de biofortificación, lo que permitirá tener una semilla que le garantizará al productor mejor calidad de granos, mejor rendimiento y resistentes a las enfermedades (Mendoza, 2008).

El ensayo de variedades en campo, siguiendo reglas apropiadas de diseños estadístico y de elaboración de datos, son el único medio científico universalmente reconocido para la evaluación y la identificación de variedades superiores de las especies cultivadas. Tratar de averiguar en un grupo de variedades adecuadas e interesantes para su cultivo en una región de condiciones agroclimáticas determinadas, o bien, comprobar si una variedad concreta es adecuada para ser utilizada por los agricultores de una zona, puede considerarse que son los dos principales objetivos de los ensayos de variedades (Rosello, E. *et al.* 1986, citado por Cuadra, 2009).

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), en conjunto con pequeños y medianos productores realiza investigaciones en diferentes zonas arroceras del país como en la comunidad Las Mangas, en la cual se han realizado

experimentaciones durante épocas de invierno y verano. El objetivo es obtener variedades de mejores rendimientos, adaptabilidad y resistencias a enfermedades.

El Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) de San Isidro, realiza numerosas evaluaciones, validaciones de arroz de riego como la tesis para optar al título de ingeniería agronómica en la UNAN FAREM Matagalpa de Ramírez O. y Palacios V, en la época de invierno 2007 y Huete N. y Pérez E, en la época de verano 2009 y secano en las zonas de Sébaco, Darío, San Isidro y Pantasma con el propósito de obtener variedades promisorias de alto rendimiento. Estos estudios obtuvieron resultados de 8047.8 kg/ha y 9,000 kg/ha.

### III. JUSTIFICACIÓN

Los diversos estudios realizados sobre la biofortificación en el cultivo de arroz ha mejorado en la cantidad de hierro y zinc, tolerantes a enfermedades, buen rendimiento productivo y calidad industrial que poseen estos cultivares en comparación con las variedades tradicionales que no presentan las cantidades de micronutrientes necesarios para la nutrición en los humanos, por tal razón es de suma importancia someter a evaluaciones diversas líneas biofortificadas en condiciones de fincas de diferentes productores.

El arroz proporciona el 80% de las calorías consumidas en casi 3 mil millones de personas en todo el mundo. Sin embargo, es una fuente pobre en micronutrientes y vitaminas, incluyendo los folatos (vitamina B9), contiene un 13% de agua, 7% de albúmina, 75% de almidón, 9.5% de celulosa, aproximadamente un 2% de grasas, sales minerales y vitaminas (Recetas-saludables, 2006).

Las vitaminas están contenidas en la cáscara, la película y el grano. Por esta razón, el arroz refinado contiene menos cantidad de sustancias nutritivas que el arroz en su estado natural (Recetas-saludables, 2006).

Si tenemos en cuenta el conjunto de todos los países en vías de desarrollo, el arroz representa el 27% del consumo de energía y el 20% del consumo de proteínas alimenticias. No obstante, aunque el arroz representa una importante cantidad de la energía alimenticia, presenta un perfil aminoácido incompleto y contiene una escasa cantidad de micronutrientes esenciales. En la actualidad, más de 2,000 millones de personas sufren todavía una malnutrición de micronutrientes. La deficiencia disminuye la capacidad de los niños de aprender, reduce la productividad de los adultos y conlleva una muerte prematura, especialmente en mujeres y niños (Alimentación- Sana, 2006).

Según Moncada (2004), en Nicaragua se contabilizan 17 mil productores de arroz en todo el país, los cuales destinan la producción para el autoconsumo y abastecimiento del mercado local.

En los departamentos de Matagalpa y Jinotega se produce arroz de riego y secano, dicha producción pasa al mercado nacional y subsistencia nutricional que junto al frijol forma la base de la alimentación de las familias campesinas.

Por tal razón es necesario evaluar líneas de arroz con características agronómicas deseables para la zona, seleccionarlas para futuros ciclos agrícolas, que sirvan de alternativas para mejorar la productividad y valor nutritivo para las familias productoras de estos dos principales departamentos productores de granos básicos como son Jinotega y Matagalpa. En la comunidad Las Mangas, la Cooperativa Augusto César Sandino se cultiva la variedad comercial de arroz INTA-Dorado, obteniendo resultados satisfactorios, pero esta variedad no contiene el contenido de hierro y zinc (Rivas, 2009).

Las nuevas evaluaciones de líneas de arroz benefician a los productores arroceros ya que una vez liberadas estas líneas como variedades se pondrán a disposición de los productores, superando así los problemas de rendimientos, resistencia al complejo del manchado del grano y calidad industrial.

El grano de arroz es afectado en su constitución y aspecto, antes o después de la cosecha por un complejo de microorganismos que causa su deformación y pigmentación, lo cual trae como consecuencia la mala calidad industrial. Por esta razón se evalúan líneas que presenten una mayor resistencia al complejo de hongos y bacterias causantes del manchado del grano.

Con la presente investigación que se llevó a cabo se selecciono líneas con buen comportamiento agronómico, promisorias, de alto contenido de hierro y zinc, además que presenten un buen rendimiento, calidad del grano, tolerancia al manchado del grano, tolerancia a enfermedades y adaptación a las condiciones climáticas de la zona donde se está experimentando, logrando de esta manera mejorar la nutrición de la población así como la aceptación de los productores cuando se realicen las respectivas validaciones.

Con los resultados se contribuirá como información básica a los arroceros, investigadores, además de servir de información básica en arroz para estudiantes afines

a las carreras de Ingeniería Agronómica, Ingeniería Industrial, Economía Agrícola, Contabilidad y Mercadotecnia; al mismo tiempo permite graduarnos como Ingenieros Agrónomos.

## **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Nicaragua es el mayor productor de arroz en América central, pero la producción ha sido afectada por el comportamiento agronómico de las variedades cultivadas, además presentan baja resistencia a enfermedades como el manchado grano y un bajo valor comercial del grano (Cuadra, 2009).

### **4.1-Pregunta General.**

¿Cuál es el comportamiento agronómico y valor comercial del grano de 10 líneas de arroz biofortificadas con hierro y zinc, tolerantes al manchado del grano y tres variedades comerciales, en la comunidad Las Mangas Municipio de San Isidro-Matagalpa, época de invierno, 2009?

### **4.2-Preguntas Específicas.**

- 1) ¿Cuáles son las características agronómicas de las líneas de arroz biofortificadas?
- 2) ¿Cuáles son las líneas de arroz resistentes a enfermedades según escala del CIAT?
- 3) ¿Cuáles son las líneas de arroz resistentes al acame mediante observación y escala del CIAT?
- 4) ¿Cómo es la resistencia al Manchado del grano de las líneas de arroz?
- 5) ¿Cuál es el valor comercial del grano de las líneas de arroz evaluadas mediante el análisis de calidad industrial?
- 6) ¿Cuál es el ingreso bruto de las líneas de arroz biofortificadas?

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1- Objetivo General:**

Evaluar el comportamiento agronómico y valor comercial del grano de 10 líneas de arroz biofortificadas con hierro y zinc, tolerantes al manchado del grano y tres variedades comerciales, en la comunidad Las Mangas, Municipio de San Isidro-Matagalpa, época de invierno, 2009.

### **5.2- Objetivos Específicos:**

1. Determinar las características agronómicas de las líneas de arroz biofortificadas con hierro y zinc.
2. Identificar líneas de arroz biofortificados resistentes a enfermedades según escala del CIAT.
3. Seleccionar líneas de arroz biofortificados resistentes al acame mediante la Observación y escala del CIAT.
4. Identificar líneas de arroz Biofortificados resistentes al machado del grano mediante escala del CIAT.
5. Seleccionar líneas de arroz biofortificados con valor comercial del grano según la calidad industrial.
6. Calcular los ingresos brutos de las líneas de arroz biofortificadas.

## **VI. HIPÓTESIS**

### **6.1-Hipotesis General:**

Las líneas de arroz biofortificados con hierro y zinc, con tolerancia al manchado del grano inducirán superiores rendimientos y mejor valor comercial del grano que las tres variedades comerciales en la comunidad Las Mangas, Municipio de San Isidro-Matagalpa, época de invierno, 2009?

### **6.2- Hipótesis Específicas:**

#### **Características agronómicas**

Ho: Ninguna de las líneas a evaluar presentará diferencias estadísticas en las características agronómicas con respecto a las variedades testigos.

Ha: Al menos una de las líneas a evaluar presentará diferencias estadísticas en las características agronómicas con respecto a las variedades testigos.

#### **Enfermedades**

Ho: Ninguna de las líneas de arroz a evaluar presentará diferencia según la escala del CIAT en la resistencia a enfermedades.

Ha: En al menos una de las líneas de arroz a evaluar habrá diferencia según la escala del CIAT en la resistencia a enfermedades.

#### **Resistencia al Acame**

Ho: Ninguna de las líneas de arroz a evaluar presentará diferencia estadística en la resistencia al acame con respecto a las variedades testigos.

Ha: Al menos una de las líneas de arroz a evaluar presentarán diferencia estadísticas en la resistencia al acame.



### **Manchado del grano**

Ho: Ninguna de las líneas de arroz a evaluar presentará diferencia estadística en la resistencia al manchado del grano.

Ha: Al menos una de las líneas de arroz a evaluar presentará diferencia estadística en la resistencia al manchado del grano.

### **Valor comercial del grano del grano**

Ho: Ninguna de las líneas a evaluar presentará diferencia estadística en el valor comercial del grano.

Ha: Al menos una línea de arroz a evaluar presentará diferencia estadística en el valor comercial del grano.

### **Ingresos Brutos**

Ho: Las líneas a evaluar tienen el mismo ingreso bruto.

Ha: Al menos una de las líneas de arroz a evaluar presentará mayor ingreso bruto

## VII. MARCO TEÓRICO

### 7.1- Situación del arroz nivel mundial

El arroz se cultiva desde hace más de 4,000 años. Se calcula que son 7,000 las variedades de arroz en el mundo. Salvo el arroz silvestre de la India, *wild rice*, que contiene la mayor cantidad de fibra y potasio, gran parte de los arroces tienen propiedades nutritivas parecidas, en lo que cambian es en su sabor y textura (Viamontes, 2009).

El arroz que consume la población mundial es arroz que presenta mejor sabor y textura originado de la especie *Oriza sativa*, pero para ir mejorando más su sabor, textura y contenido de micronutrientes se realizan diferentes investigaciones para obtener variedades de mejor aceptación por parte de los consumidores.

Es el segundo cereal de importancia para la alimentación mundial después del trigo, aunque las cifras crecieron, con una producción en el año 2003 de 591 millones de toneladas de arroz cáscara y 354 millones para consumo; siendo los principales países productores: China, India, Indonesia, Bangladesh y Vietnam, los que representan el 72% de la producción mundial (Viamontes, 2009).

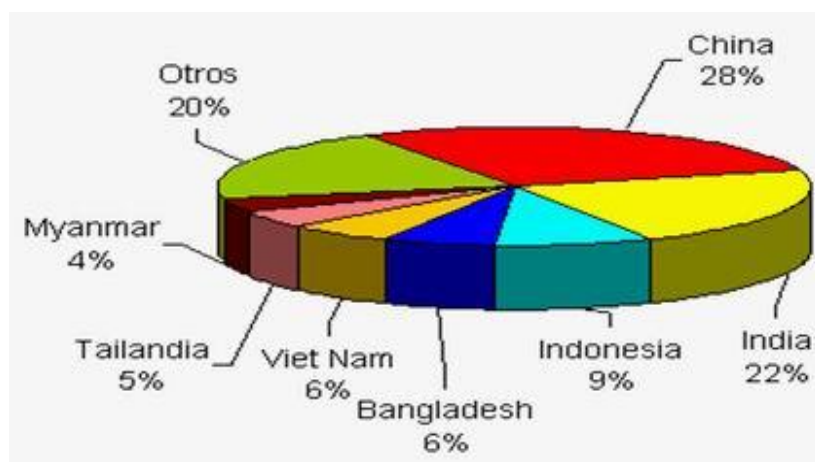
**Tabla 1- Mayores productores y exportadores de arroz del mundo.**

Mayores países productores ( millones de toneladas métricas)	Mayores países exportadores ( millones de toneladas métricas)
1- China      177.5	1-Tailandia    7.6
2-India        123.1	2-Vietnam     3.7
3- Indonesia    40.1	3-EEUU        2.6

Fuente: ANAR y Ministerio de Economía de El Salvador, Citado por (Moncada, 2004).

En la tabla 1 se refleja que China es el mayor productor de arroz en el mundo, pero dicha producción es para el autoconsumo de la población, el cual constituye el principal alimento de más de 1300 millones de personas, lo que justifica su nula exportación, siendo superado en este aspecto por Tailandia, Vietnam y EEUU.

En el siguiente gráfico 1, refleja los países asiáticos productores de arroz, que siendo los mayores productores del mundo, representando el 80 % de la producción mundial y un 20 % lo forman el resto de países productores de arroz.



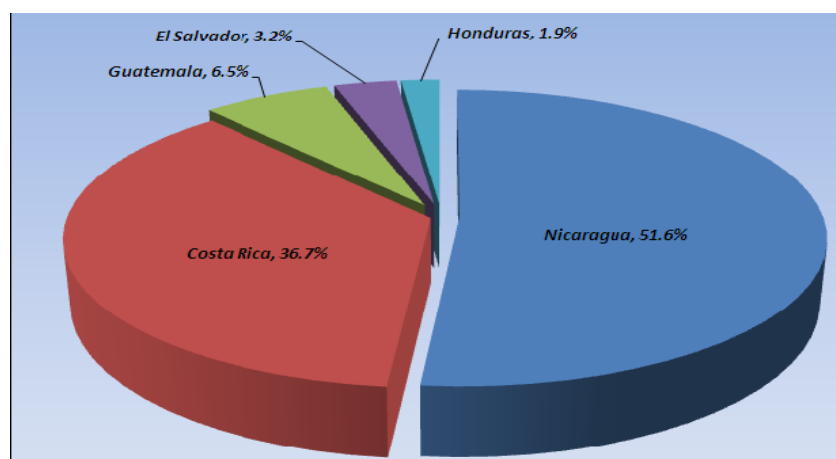
**Gráfico 1-Producción mundial de arroz cáscara**

**Fuente:** Escobar (2007).

Brasil es el primer productor no asiático (2.2% de la producción mundial), seguido de EEUU (1.6%). América Latina y El Caribe sin Brasil, representa el 2% de la producción mundial, mientras que los 27 países de la Unión Europea representan solo 0.4%, principalmente Italia y España, países que producen 50% y 33% de la producción de la UE (Rivas, 2008).

Brasil es uno de los países con mayor desarrollo de América Latina en donde la agricultura se ve beneficiada con grandes avances tecnológicos que lo convierte en el país con mayor producción de arroz de América. Esto lo han logrado mediante investigaciones en los diferentes sitios del país donde se cultiva este alimento obteniendo variedades de excelentes rendimientos y calidad.

El gráfico 2, representa los principales productores de arroz de la región Centroamericana, son en primer lugar: Nicaragua 51.6%, seguido de Costa Rica 36.7%, Guatemala 6.7%, El Salvador 3.2% y Honduras el 1.9% (Rivas, 2008).



**Gráfico 2- Principales productores de arroz en Centroamérica.**

Fuente: Rivas C.2008.

Nicaragua es uno de los grandes productores de arroz de Centroamérica superando a Costa Rica y al resto de los países centroamericanos, pero a pesar que produce unos 4 millones de quintales importa cerca de 2 millones de quintales proveniente de los Estados Unidos, para satisfacer una demanda de aproximadamente 6 millones de quintales (Rivas, 2008).

Los principales productores pueden eventualmente convertirse en importadores, dada la sensibilidad de los cultivos a los riesgos climatológicos o a cambios en las políticas comerciales. Esto adicional a la sobreproducción exportable pueden ser factores que expliquen la inestabilidad en los precios de arroz en el corto plazo. A largo plazo, los precios de arroz vienen presentado una tendencia decreciente, que a la fecha no se revierte.

## **7.2-Importancia nutricional del cultivo del arroz**

El arroz proporciona el 80% de las calorías consumidas en casi 3 mil millones de personas en todo el mundo. Sin embargo, es una fuente pobre en micronutrientes y vitaminas (Asembio, 2007).

El arroz es un alimento básico en la región tropical, especialmente en áreas con problemas nutricionales de países Latinoamericanos y Caribe.

De acuerdo a lo anterior se hacen numerosas investigaciones para mejorar los problemas de anemia, la cual es causada por la falta de hierro en alimentos tan básicos en la dieta Latinoamérica como el arroz.

El almidón es el componente principal del arroz, se encuentra en un 70 - 80%. El almidón es un hidrato de carbono presente en los cereales, en las hortalizas radicales como las zanahorias y en los tubérculos (Eroski, 2001).

El arroz debe estar presente varias veces por semana en una dieta equilibrada de manera que los nutrientes ausentes en el arroz sean reemplazados por otros alimentos ricos en vitaminas y minerales (Eroski, 2001).

Debido a la cantidad de energía que aporta este alimento es consumido en los países con mayor índice de desnutrición como único medio para subsistir al déficit nutritivo.

El contenido de proteínas del arroz ronda el 7% y contiene naturalmente apreciables cantidades de tiamina o vitamina B<sub>1</sub>, riboflavina o vitamina B<sub>2</sub> y niacina o vitamina B<sub>3</sub>, así como fósforo y potasio. Sin embargo, en la práctica, con su refinamiento y pulido, se pierde hasta el 50% de su contenido en minerales y el 85 % de las vitaminas del grupo B, quedando por tanto convertido en un alimento sobre todo energético (Eroski, 2001).

Hay que tener presente que el arroz blanco, debido al proceso al que es sometido se haya desprovisto de nutrientes que se encuentran en el pericarpio del grano, como es la fibra, vitaminas y minerales. He ahí la conveniencia de consumir arroz biofortificado con hierro y zinc.

### **7.3- Generación de variedades del cultivo de arroz**

El arroz es un grano básico importante en varios países de América Central. El área total sembrada en arroz (secano más riego) en la región alcanza las 255 mil hectáreas. En Nicaragua el arroz de secano abarca aproximadamente 85 mil hectáreas y representa el 64% del área total de producción (MAGFOR 2005, citado por Trouche, *et al.* 2006).

En el marco de las relaciones institucionales CIAT-CIO6, el CIRAD7 y CIAT desarrollan en forma colaborativa en Nicaragua un proyecto de investigación en

fitomejoramiento participativo de arroz y sorgo con el objetivo de responder a mejor las necesidades específicas de variedades mejoradas para los pequeños productores (Trouche, *et al.* 2006).

Las nuevas generaciones se han logrado en Nicaragua con la coordinación del INTA con Instituciones Internacionales como el CIAT, vinculadas al fitomejoramiento de líneas con mejor comportamiento agronómico.

Una vez generada la tecnología el mayor beneficiado es el productor en donde obtiene variedades de mejor calidad de acuerdo a las condiciones climáticas actuales y resistencia a plagas y enfermedades.

El zonal del INTA-Centro Sur, a través del programa de granos básicos ha contribuido durante estos años a la generación de nuevas variedades como el INTA 1, INTA DORADO e INTA 2000, genotipos que se adaptan a las condiciones de los sistemas de producción de nuestro país. Los genotipos a validar fueron evaluados en el ciclo primera 2007 en el Areno, comunidad del municipio de El Rama, el genotipo POB 3-13 presentó rendimientos de 5085 kg/ha y el genotipo (23-1-07) presentó rendimientos de 4150 kg/ha, estos genotipos presentaron en el 2007 buena adaptabilidad y tolerancia a enfermedades fungosas (Duarte, 2008).

En Nicaragua la función principal del INTA es la validación y evaluación de nuevos genotipos que reemplacen a aquellas variedades que no alcanzan una producción deseada por el productor.

La generación de tecnología se lleva a cabo en cada uno de los puntos productivos del país donde las líneas se someten a diferentes condiciones de ambientales para determinar en qué ambiente se logra un mejor rendimiento y adaptabilidad.

#### **7.4- Características generales de las variedades de arroz testigos**

Actualmente en las zonas arroceras de Nicaragua las variedades INTA Malacatoya, INTA Dorado y Fedearroz 50 están ampliamente distribuidas como cultivares de riego y de secano.

##### **7.4.1- INTA Malacatoya**

Vigor comercial: Muy bueno

Días a flor: 75-85

Altura de planta: 90 cm

Excursión de espiga: Moderada

Desgrane: Intermedio

Longitud de espiga 24 cm.

Capacidad de macollamiento: Buena

Reacción al acame: Moderadamente resistente

Reacción a Pyricularia: Tolerante

Peso de 1000 granos (g): 28

Número de granos/espiga: 140

Días a cosecha: 105-110

Potencial genético: 117 qq/mz

Recomendado para: Secano y Riego

Origen: CIAT, programa centroamericano.

(INTA, 2000).

##### *Adaptabilidad.*

INTA Malacatoya se puede sembrar desde el nivel del mar hasta 1,200 metros, se adapta a suelos francos arenosos hasta arcillosos con pH 5.5 a 7.5, temperaturas de 20-32 °C con precipitaciones de 1,000-1,600 mm. (INTA, 2000).

#### *Zonas recomendadas.*

Las zonas recomendadas para INTA Malacatoya son: Chinandega, Granada, Rivas, Chontales, Matagalpa, Jalapa municipio de Nueva Segovia, Río San Juan y Siuna municipio de la Región Autónoma de Atlántico Norte (INTA, 2000).

#### *Época de siembra.*

Es una variedad precoz de 105-110 días a cosecha, recomendada para siembra de riego y secano. En riego de verano se recomienda del 15 de diciembre al 15 de enero. En invierno de secano del 1 al 15 de Julio.

#### *Densidad poblacional.*

La densidad de siembra al voleo es de 200-220 libras por manzana; a chorrillo, con uso de maquinaria a 20-30 cm. entre hilera, 180-200 libras por manzana; con tracción animal, 150 libras por manzana y al espeque, 60-70 libras por manzana (INTA, 2000).

### **7.4.2- INTA Dorado**

Variedad de arroz de alta producción

Características agronómicas:

Vigor inicial: Bueno

Días a floración: 80 – 90

Altura de planta cm.: 92

Excursión de panícula: 5-7 cm. (buena)

Densidad de panícula: Intermedia

Color de la testa: Amarillo

Longitud de la panícula: 23.6 (cm.)

Capacidad de macollamiento: Buena

Reacción al acame: Moderadamente resistente

Reacción a Piricularia: Resistente



Peso de 1,000 granos (g): 24.2

Longitud de grano (mm): 8.5

Fertilidad de panícula %: 85

Peso de panícula (g): 2.5

No. grano por panícula: 135

Días a cosecha: 120 – 125

Potencial genético qq/mz: 140 riego, 110 seco

Recomendada para: Riego y seco (INTA, 2000).

*Regiones recomendadas:* Se ha probado con éxito en las principales zonas arroceras de riego del país: Sèbaco municipio de Matagalpa, Malacatoya municipio de Granada, León, Boaco y en las zonas más favorecidas con arroz de seco: Chinandega, Jalapa municipio de Nueva Segovia, Pantasma municipio de Jinotega, Río San Juan y Cárdenas departamento de Rivas (La Prensa, 2003).

*Recomendaciones agronómicas*

*Época de siembra:* Siembra de riego (diciembre y enero) y seco favorecido (última quincena de junio y primera de julio).

La densidad de siembra al voleo es de 200-220 lb/mz, en siembra de chorrillo con máquina convencional a 20 ó 30 cm. entre hilera se puede utilizar 175 lb/mz (La Prensa, 2003).

#### **7.4.3-Fedearroz 50**

Fedearroz 50, lanzada en 1998, rápidamente ocupó gran parte del área de arroz en Colombia y ha sido sembrada en otros países tropicales del hemisferio (Jennings, *et al.* 2002).

La variedad se obtuvo del cruce de japónicas de Taiwán y África occidental como progenitores lejanos. Fedearroz 50 difiere de las otras 300 variedades semi-enanas lanzadas en América Latina durante los últimos 35 años en que tiene hojas de un intenso

color verde, una hoja bandera larga y erecta poco común y un follaje de permanencia verde (Jennings, *et al.* 2002).

El macollamiento, por debajo del promedio, de 70-113 cm, se compensa con sus grandes panículas. Su ciclo es de una a tres semanas más largo que el de otras variedades. Aún teniendo en cuenta que un ciclo prolongado al igual que una hoja bandera de mayor longitud contribuyen a su alta capacidad de rendimiento, se sospecha que el carácter de permanencia verde que envuelve una tasa fotosintética inusualmente alta y que acentúa el contenido de nitrógeno y clorofila, está críticamente involucrado (Jennings, *et al.* 2002).

Según el carácter de permanencia verde es tal, que sus hojas son normales y funcionales al momento de la maduración fisiológica del grano. Entre otras características varietales encontradas en Fedearroz 50, que pudieran relacionarse con este tipo especial de follaje las siguientes características (Jennings, *et al.* 2002).

- Excelente rendimiento de grano entero en el molino.
- Buena tolerancia a quebrado del grano en retraso de cosecha.
- Rendimientos extraordinariamente altos, de siete a diez t/ha., representando entre un 60 a 70% de los rendimientos de la cosecha inicial.

En la medida que se aumenta la densidad de siembra, se disminuye el macollamiento y se hace más propensa a la *Rhizoctonia*. Presenta ciclo entre 115-130 días desde la germinación a la cosecha. Tiene un rendimiento de 7.5 toneladas por hectáreas y una latencia de 40 a 60 días después de cosechado. Es un variedad con resistencia a *Pyricularia orizae*, tolerante a *Helminthosporium* y moderadamente susceptible a *Sarocladium* y *Rhizoctonia* (Caicedo, 2008).

Una excesiva densidad de siembra ocasiona competencia entre las plantas por espacio, luz y nutrientes lo que conlleva a un disminución en al macollamiento, esto también ocasiona una alta humedad al no haber espacio para infiltración de los rayos solares, lo que ocasiona problemas de enfermedades fungosas como la Rhizoctonia (Caicedo, 2008).

Debido a que el arroz se siembra al voleo, cuando este emerge se realiza un raleo manual dejando las plantas más vigorosas, evitando así una densidad de siembra que favorezca a la propagación de enfermedades fungosas y bacterianas.

### **7.5-Calidad Industrial del grano de arroz**

Después del rendimiento, la calidad del grano es el factor más importante considerado por los fitomejoradores según DATTA (1986), citado por Lira y Ruiz (2007), el criterio de calidad es de vital importancia en el porcentaje de granos rotos y de su clasificación, el cual deben ser granos grandes, medianos, esto influye en el precio, lo que determina su calidad industrial, su comercialización y la aceptación del grano en el mercado.

Este proceso se logra pesando una muestra de 1 kg de arroz paddy (arroz-cáscara) seco y limpio, con un porcentaje de humedad del 14%, para obtener a través de un proceso de molinería los porcentajes de calidad industrial de grano (Cuadra, 2009).

La primera operación que se lleva a cabo en la industria consiste en la limpieza y posteriormente el descascarillado. Con este proceso se elimina la cascarilla dura que protege al grano cuando está en la espiga. Así se obtiene el arroz moreno o integral, rico en vitaminas del complejo B, minerales y fibra. Después se somete a un proceso denominado "mondado" con el cual se logra eliminar total o parcialmente la cutícula o salvado que recubre al grano y el germen, pero lamentablemente se eliminan gran parte de vitaminas, minerales y fibra. El germen desaparece totalmente con el último proceso, el pulido, con lo que se logra evitar que el arroz se enrancie mientras esté almacenado, pero se reduce notablemente su calidad nutritiva (Erosky, 2001).

Este proceso industrial ocurre en todos los trillos de Nicaragua, por tal razón se está enriqueciendo el grano de arroz con más micronutrientes, de forma que cuando ocurre el descascarillado queden los nutrientes necesarios en el grano.

El rendimiento industrial es el resultado de la relación de numerosos y variados factores, algunos están relacionados con las propiedades físicas del grano, tales como; tamaño, forma, peso de cascarilla, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización, mientras que otras se refieren a la cosecha y a su manejo, incluido a las labores de recolección, secado, transporte, procesamiento y almacenamiento (CIAT, 1986).

Todas estas características de la calidad del arroz dependen en parte de la variedad y los procedimientos de recolección, secado e industrialización.

Los problemas de mala calidad industrial se están superando mediante la generación de nuevas variedades que tengan una mayor resistencia al proceso del trillado, obteniendo así un mejor valor comercial.

### 7.6-Longitud y forma del grano de arroz

La evaluación de la calidad del grano involucra característica como la longitud y forma del grano (promedio de 10 granos), las normas para evaluar estas características varían entre países, una clasificación útil para granos de arroz pilado o descascarado es la sugerida por Jennings *et al* (1981), citado por Cuadra, (2009).

**Tabla 2- Longitud y Forma del grano**

Designación	Longitud (mm)	Escala	Forma	Longitud/:ancho (mm)	Escala
Extra largo	7.50 +	1	Delgado	3.0 +	1
Largo	6.61 – 7.50	3	Medio	2.1 – 3.0	3
Medio	5.51 – 6.60	5	Ovalado	1.1 – 2.0	5
Corto	- de 5.50	7	Redondo	- de 1.1	9
Extra corto		9			

Cuadra, 2009.

En la tabla 2 se presentan las escalas y formas para evaluar la longitud, forma y el ancho del grano, ya que el productor como el consumidor tienen una mayor preferencia por los arroces de forma delgada y medio.

### 7.7- Arroz biofortificado con hierro y zinc

El mejoramiento genético ofrece oportunidades para enfrentar limitantes nutricionales y garantizar la seguridad alimentaria de las comunidades de Nicaragua. Se han logrado avances importantes en el mejoramiento de cultivares de arroz con alto contenido de hierro y zinc, que deben ser difundidos para beneficio de los productores, cuya participación en este proceso de mejoramiento se busca promover y aprovechar en mayor grado (Martínez, *et al.* 2007)

Nicaragua es uno de los países con mayor índice de desnutrición de América Latina y el Caribe, por tal razón se ha venido mejorando genéticamente en lo que refiere a

micronutrientes y vitaminas. Las variedades de cultivares principales en la dieta nicaragüense como lo es el arroz y el frijol, de manera que se pueda obtener una seguridad alimentaria, así como nutricional en la población de las comunidades productoras y población general del país.

Es importante destacar que estos estudios de biofortificación se realizan con una gran participación de productores de granos básicos, el INTA, organizaciones no gubernamentales y Universidades, todos estos conscientes de la necesidad de mejorar la nutrición de la población del campo y en segundo lugar de la ciudad.

Según Martínez, *et al.* (2006), el proyecto de biofortificación pretende aumentar el contenido de Fe y Zn en las variedades de arroz utilizando métodos de mejoramiento convencionales, incluyendo los métodos de selección masal, pedigree, retrocruzamiento, mejoramiento poblacional y mutagénesis.

El contenido de hierro y zinc se logra mediante cruces convencionales, es decir, se cruza una variedad con alto contenido de micronutrientes, con una resistente a la sequía para luego realizar un retrocruce obteniendo así la variedad deseada (Agrosalud, 2009).

Las líneas biofortificadas no son transgénicas debido a los tipos de cruces que se utilizan para su obtención, por tal razón son recomendadas para pequeños y medianos productores.

Para lograr los objetivos de mejoramiento es necesario identificar buenos progenitores para lo cual se está evaluando el contenido de Fe y Zn en el germoplasma de América Latina presente en el banco de trabajo del CIAT y en los bancos de germoplasma que poseen Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, Nicaragua y República Dominicana. También se debe estudiar la relación e interacción genotipo-ambiente, las condiciones climáticas, de suelos influyen en la expresión del contenido de hierro y zinc en el grano de arroz. Una vez identificados los progenitores con alto contenido de hierro y zinc se realizan cruzamientos entre donantes seleccionados, genotipos con alto potencial de rendimiento, tolerancia a enfermedades e insectos para obtener buena calidad del grano (Martínez. *et al.* 2006).

Esto indica que el mejoramiento genético con hierro y zinc tiene importancia en la nutrición de la población carente de micro elementos fundamentales para un buen

funcionamiento bioquímico. Por tal razón estos estudios se realizan con participación de productores de nuestro país para evaluar mejor la adaptabilidad de estas líneas biofortificadas en condiciones diferentes de clima y suelo, de manera que al final los productores puedan adoptarlas.

**Tabla 3- Composición Nutritiva del arroz en 100 gramos de porción comestible en crudo Según Eroski (2001).**

	Energía (Kcal)	Hidratos de carbono (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Fibra (g)	Fósforo (mg)	Potasio (mg)	Vit. B1 (mg)	Vit. B2 (mg)	Vit. B3 (mg)
<b>Arroz blanco</b>	354,0	77,0	7,60	1,70	0,30	180,0	120,0	0,06	0,03	3,80
<b>Arroz integral</b>	350,0	77,0	8,0	1,10	1,20	300,0	275,0	0,30	0,06	4,60

En la tabla 3, se reflejan la comparación nutritiva entre arroz blanco e integral, donde se puede apreciar un mayor resultado en el arroz integral en cuanto a proteínas, fibras, fósforo, potasio y en el complejo de vitaminas B. El arroz blanco supera al integral en cuanto a energías y grasas; tomando en cuenta estas comparaciones surge la importancia de la biofortificación con hierro y zinc en el arroz blanco.

Se ha incrementado el contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn) en las nuevas líneas para reducir la anemia en mujeres en edad fértil, salud, inteligencia, capacidad productiva de niños y habitantes del campo de escasos recursos. El contenido de Fe y Zn del arroz pulido común es de 1.8 y 18 ppm. Las líneas mejoradas de arroz biofortificados contienen entre 4 y 6 ppm de Fe y entre 18 y 22 ppm de Zn (Pachón, *et al.* 2007).

## **7.8- Enfermedades que afectan al cultivo del arroz**

### **7.8.1- Causadas por hongos**

**Enfermedad:** Piriculariosis, bruzone, quemado, añublo del arroz

**Agente causal:** *Pyricularia grisea*

#### **7.8.1-Distribución e importancia económica de la Pyricularia**

Tiene amplia distribución en el país, pero la existencia de variedades tolerantes a la enfermedad y el manejo de las épocas de siembra reducen la intensidad y distribución de la enfermedad. Esta enfermedad se observa en todas las zonas donde se cultiva el arroz; pero se manifiesta con mayor intensidad en el arroz de secano que en el de riego (Cuadra, 2009).

En este caso se hacen numerosas investigaciones para obtener nuevas variedades tolerantes a este hongo que tiene gran importancia económica.

La distribución del añublo se encuentra distribuida en todos los agroecosistemas de los trópicos donde se cultiva el arroz. El añublo genera grandes pérdidas en la producción de granos donde se cultiva arroz de riego y de secano (Cuadra, 2009).

#### **7.8.2-Biología de la Pyricularia**

Se presenta durante el período comprendido entre el mes de julio y noviembre y en ocasiones, si las condiciones de humedad son favorables, hasta principios de enero. El punto crítico de incidencia corresponde a los meses de septiembre a noviembre. Las siembras que se efectúan durante los meses de mayo a agosto tienen la posibilidad de ser las más afectadas.

#### **7.8.3-Síntomas y daños**

La enfermedad se puede presentar en todas las partes aéreas: hojas, panículas, nudos, tallos y granos bajo formas de manchas elípticas a romboides. Su tamaño, así como su color varían de acuerdo a las condiciones ambientales como también a la susceptibilidad de las variedades. Las manchas típicas ya desarrolladas se presentan de forma elíptica con uno de sus extremos más pronunciados (CIAT, 2006).

Normalmente esta enfermedad fungosa afecta más en los meses de invierno debido a la alta humedad en el ambiente afectando la producción de granos sanos (CIAT, 2006).

Cuando las condiciones son favorables para el incremento de la severidad de la enfermedad, se pueden producir pérdidas superiores al 70 % del rendimiento agrícola y muchos granos cosechados pierden calidad (CIAT, 2006).

Para evitar los problemas de Pyricularia es recomendable tomar en cuenta la época de siembra y el uso de variedades tolerantes a la enfermedad.

#### **7.8.4-Metodología para determinar la incidencia de Pyricularia**

##### *7.8.4.1-Evaluación en la fase vegetativa*

Se parte de tres conceptos básicos:

- a) INCIDENCIA (I): Número de plantas afectadas dentro de una población expresada en %.

$$I = A/B \times 100$$

A: Número de plantas afectadas  
B: Número de plantas observadas

- b) INTENSIDAD (INT): Área de tejido de una planta dañada

(INT): % de AFA en una planta. AFA: Área Foliar Afectada

- c) SEVERIDAD (S): La intensidad pero medida en una población, expresada en %.

$$(S) : \frac{\% \text{ AFA de cada planta}}{\text{Número de plantas observadas}} \times 100$$

(AFA): Área foliar afectada

Para determinar la intensidad se utilizará la fórmula anterior que permite estimar los porcentajes del área foliar afectada en la planta. Se debe muestrear los campos por sus diagonales, seleccionando 100 plantas al azar evaluando en cada una de ellas la hoja dañada cuantificándole el % de AFA. Por la variabilidad y agresividad del hongo, los muestreos se efectuarán semanalmente (González, 2002).



Se recomienda realizar aplicación de fungicida cuando la severidad alcance valores entre 2 y 3 %. La comprobación de eficiencia técnica se realizará entre los 7 a 10 días posteriores a la aplicación (González, 2002).

#### 7.8.4.2-Evaluación en panículas

Consiste en la utilización de un marco de 0,25 m<sup>2</sup> del cual se toman 5 muestras por campo, con distribución al azar, el número de panículas evaluadas deben de estar en el rango de 450-500 por campo. Al momento de realizar la evaluación debe de ser entre los 25-30 días posteriores al inicio de la paniculación. Cuantificando el % de panículas afectadas por cada una de las enfermedades mencionadas, teniendo en cuenta el total de tallos (CIAT, 2006).

### 7.9-Decoloración de las Glumas o Complejo del Manchado del Grano (GID)

Agente causal: Los patógenos más comunes y sus rangos de frecuencia son:

**Tabla 4- Escala del CIAT para determinar afectación de patógenos**

Patógenos más comunes	Rangos (%)
<i>Helminthosporium oryzae</i>	17-83%
<i>Phyllacticta spp</i>	1-16%
<i>Rhynchosporium oryzae</i>	1-8%
<i>Alternaria padwicki</i>	1-3%
<i>Curvularia spp</i>	1-3%

Otros patógenos involucrados son: *Pyricularia*, *Cercospora*, *Dreschlera*, *Sarocladium* y las bacterias *Pseudomonas sp* y *Erwinia sp* (CIAT, 1983).

7.9.1-Síntomas: El hongo produce manchas o lesiones en las hojas, nudos y en las diferentes partes de la panícula y los granos. En la hoja los síntomas consisten en unas manchas típicamente elípticas con terminaciones en punta, frecuentemente con el centro gris o blancuzco, y con un borde marrón rojizo. El tamaño y la forma de la mancha varía dependiendo de las condiciones ambientales, la edad de la mancha, el grado de susceptibilidad del cultivar y del abastecimiento de nitrógeno de la planta, El nudo y la raíz se pudren si se ven atacados por *Pyricularia*. En la panícula se producen lesiones oscuras. Frecuentemente son atacadas las zonas cercanas a la base de la panícula y a veces se cae (Abcagro, 2002).

El principal patógeno del complejo del manchado del grano es el hongo *Helminthosporium oryzae*. Esta enfermedad es más común en los sistemas de secano que en los de riego. Es más severa en suelos ácidos. Los granos se pueden infectar antes o después de la cosecha y esta varía desde manchas pequeñas color café hasta pardeado completo de las glumas. También se puede extender hasta el endospermo y afectar el embrión. Durante la floración ocasiona mayor pérdida en el peso de la semilla (Cuadra, 2009).

*7.9.2-Epidemiología:* Tiempos húmedos (> 80% de HR) en la floración desarrollan la enfermedad y a medida que la humedad se prolongue mayor será la intensidad de la enfermedad. Siembras en suelos ácidos y condiciones ambientales húmedas favorecen estos hongos. Lo mismo suelos deficientes en potasio hacen que las plantas crezcan con deficiencias de nutrientes lo cual las hace más susceptibles a esta enfermedad (Abcagro, 2002).

### **7.9.3-Evaluación en la fase de madures fisiológica del grano de arroz**

INCIDENCIA (I): Número de granos manchados dentro de una población expresada en %.

$$I = A/B \times 100$$

A: Número de granos manchados  
B: Número de granos observados

Según escala del CIAT (1983), el porcentaje de granos manchados se calcula contando el número total de granos manchados en 10 panículas/tratamiento, seleccionadas al azar antes de la cosecha; a su vez, se categorizarán de acuerdo al Sistema de Evaluación Standard para Arroz.

**Tabla 5- Escala del CIAT para determinar porcentaje de granos manchados**

Clasificación	Categorías
0	Ninguna incidencia
1	Menos del 1%
2	1-5%
3	6-10%
4	11-20%
5	21-30%
6	31-40%
7	41-60%
8	61-80%
9	81-100%

### **7.10- Problemas de acame en el cultivo del arroz**

Consiste en el volcamiento de las plantas al no permanecer erectas en el campo. La medición de este problema se evalúa a través de la observación visual en cada uno de los tratamientos.

Según Contin (1990), menciona que en el cultivo del arroz la resistencia al acame disminuye al aumentar la altura de las plantas, por lo tanto la fuerza de los tallos disminuye. Cuando los tallos son cortos y robustos poseen resistencia a doblarse.

En resultados obtenidos de la evaluación de doce líneas avanzadas de arroz por Cuadra (2006), en La Comunidad Las Mangas, indica que un factor muy importante a considerar en el volcamiento, es la velocidad del viento. Esta presentó velocidades promedio de 2.7 y 3.0 m/s (9.7 y 10.8 Km/h) durante los meses correspondientes a la etapa de maduración del grano (noviembre y diciembre).

De acuerdo con lo mencionado por Contín (1990) y Cuadra (2006), existe una característica muy común en las variedades resistentes al acame el cual tiene que ver con el grosor del tallo y la altura, sin embargo, la resistencia a la velocidad del viento depende de la época de siembra en los meses de Noviembre y Diciembre, la velocidad del viento aumenta significativamente convirtiéndose en un factor muy importante que no sólo ocasiona el acame, también provoca quemaduras en las hojas de la planta.

Las plantas más altas, son las más susceptibles al acame debido a que los tallos largos y débiles son mayormente golpeados por las corrientes de vientos provocando su volcamiento.

### **7.11- Características agronómicas de la planta de arroz**

Para poder seleccionar líneas promisorias de alto rendimiento, así como resistencia a las enfermedades es necesario conocer su comportamiento agronómico en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, de manera que se adapten a diferentes condiciones edafoclimáticas de Nicaragua.

#### *Macollamiento en el arroz*

Al igual que la altura de planta, la habilidad para producir hijos o macollamiento en el cultivo del arroz, está influenciada por las condiciones ambientales. Es la etapa más larga del ciclo del cultivo y dura entre 45 a 55 días en las variedades precoces y tardías (Bird y Soto, 1991). Esta parte del ciclo del crecimiento es muy importante ya que tiene relación con el mejoramiento del cultivo y las prácticas agronómicas (Somarriba, 1998).

El macollamiento es uno de los componentes de rendimiento y su máxima expresión estará en dependencia de los nutrientes, agua y espacio. Una combinación de alta habilidad de macollamiento, una agrupación compacta de tallos permitirá que las macollas reciban mayor radiación solar (Somarriba, 1998).

De acuerdo a lo anterior un buen plan de fertilización, una densidad de siembra adecuada y un manejo del riego en las principales etapas fenológicas del cultivo ayudarán a un mejor macollamiento.

Según Cardoza y González (2004), la habilidad de macollamiento es un carácter cuantitativo que está ligado a características genéticas y depende al mismo tiempo de las condiciones en las cuales el cultivo se desarrolle, por ejemplo: densidad de siembra, fertilidad del suelo y temperaturas baja que no permiten la formación de macollamiento.

### *Altura de la planta de arroz.*

Existen variedades o líneas de porte bajo y de porte alto. Las variedades oscilan de 1 a 1.5 m de altura (Zavala y Ojeda, 1988). La altura de la planta de arroz es fuertemente influenciada por las condiciones ambientales (CIAT, 1983).

Los tallos fuertes y cortos más que ningún otro carácter, determinan la resistencia al volcamiento, una proporción favorable de paja por grano, una mayor respuesta al nitrógeno y alta capacidad de rendimiento (Tinarelli, 1989).

La escogencia de una determinada altura al momento de hacer selección varietal adquiere importancia desde el punto de vista agronómico por la relación existente entre la altura de planta y la resistencia al acame; así mismo la cosecha mecánica y natural es otro factor de importancia al considerar la altura en el proceso de selección (Zeledón 1993).

### *Senescencia del arroz.*

Según el CIAT (1983), la senescencia está referida a la madurez de las hojas de la planta de arroz. La rápida senescencia de las hojas superiores puede ir en detrimento de los granos que no se encuentra completamente llenos.

De Datta (1986), plantea que la senescencia inicial se expresa primeramente en las hojas y los vástagos no productivos, es decir, que no poseen panículas, esto se hace evidente en la base de la planta.

La senescencia lenta de la hoja es un problema porque en el arroz la vida de las hojas es corta y para la época de floración solamente las dos hojas superiores son responsables de la fotosíntesis en un 75 – 80% de los carbohidratos que van al grano (CIAT,1983).

Existen otras características importantes en el componente rendimiento como: longitud de panícula, fertilidad de panícula y el peso del grano que ayudan a analizar mejor el comportamiento agronómico de una variedad o línea.

### *Longitud de la panícula.*

Soto (1991), afirma que la longitud de la panícula varía entre 10 y 40 cm aunque la mayoría de las variedades comerciales están entre 20 a 24 cm de largo. De acuerdo a lo anterior se puede deducir que las variedades con panículas largas y buen macollamiento deberían de tener los rendimientos más altos, pero existen longitudes de panículas aceptables que justifican su potencial para poder ser seleccionadas como líneas promisorias de buen porte longitudinal.

Angladette (1975), afirma que los caracteres cuantitativos (macollamiento y longitud de panícula) varían debido a un componente genético y por condiciones ambientales.

Esto quiere decir que en muchas variedades comerciales y líneas evaluadas actualmente tendrán una diferencia en el número de macollamiento, así como de la longitud de la panícula, pero es algo que se tiene que conjugar para poder seleccionar una línea con rendimientos aceptables.

### *Fertilidad de la espiga.*

Con un buen manejo agronómico y un crecimiento apropiado se obtiene un alto rendimiento. La fertilidad de la espiguilla es un prerrequisito obvio para obtener altos rendimientos, los porcentajes de una esterilidad normal de las espiguillas son de 10 a 15%, un porcentaje más alto es preocupante aunque se puede aceptar un 20%. La esterilidad es común en materiales generales de arroz y esta tiene tres causas principales: temperatura externa, volcamiento, esterilidad híbrida y/o compatibilidad genética. (Jenning *et al*, 1981).

Una vez lograda la madurez fisiológica, la fertilidad de la espiga nos da una pauta de los rendimientos que se tienen, es decir, entre más fértil sea una espiga mejores y altos rendimientos productivos.

CIAT (1983), señala que la fertilidad de espiguillas se puede maximizar si durante la fase reproductiva, la radiación solar es alta y si las plantas son sanas y vigorosas.

Las gramíneas son plantas C4 que presentan las mayores eficiencias fotosintéticas y un uso más eficiente del agua, además necesitan de una alta radiación solar para este proceso fotosintético, por tal razón para establecer una plantación de arroz se debe de elegir zonas con alta radiación solar para obtener mejores rendimientos.

#### *Peso del grano de arroz.*

El peso de los granos es una característica varietal determinada en gran parte por el tamaño de la cáscara. Según Pérez, *et al.* (1985), el peso del grano es el componente más determinante en el rendimiento de grano.

El peso de 1000 granos es un carácter muy estable en buenas condiciones del cultivo y depende fundamentalmente de la variedad, sin embargo, un incremento en rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor peso en el grano, los granos largos y extralargos son los que obtienen mayor peso de los cuales fluctúan entre 25 y 35 gramos (López, 1991).

Este pesaje ayuda a correlacionar con los demás componente de rendimiento la influencia de mayor importancia que tiene el grano en los rendimientos productivos.

Los altos rendimientos se dan cuando el 70 y el 80% de la materia seca necesaria para el llenado del grano se forman por fotosíntesis, después del espigamiento el 20 y 30% restante se forma por traslocación de elementos sintetizados antes del espigamiento (Zavala y Ojeda, 1988).

La anterior explicación se refiere que si las condiciones climáticas son bastante favorables, pero principalmente la radiación solar y una buena fertilización edáfica, así como foliar, aportarán grandemente en un llenado del grano de manera excelente.

La época de siembra interfiere grandemente en la calidad del llenado del grano, ya que la poca radiación solar afecta el proceso fotosintético como sucede en la época de invierno, el cual es el factor de más relevancia en el llenado del grano y solidificación del mismo.

## VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

### 8.1-Localización del Experimento

El estudio experimental se estableció durante la época de invierno del 2009, en la Cooperativa Augusto César Sandino en colaboración con el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). La cooperativa está ubicada en la comunidad Las Mangas, Municipio de San Isidro-Matagalpa.

### 8.2-Zona de Vida

Según la clasificación bioclimática de Holdrige, la zona de vida ideal para este ensayo sería tipo Bosque Seco Tropical (bs-T). Siendo este tipo de Zona de Vida la ideal para el cultivo del arroz (Cuadra, 2009).

### 8.3- Descripción del lugar

La zona presenta una temperatura promedio anual de 26<sup>0</sup>C, siendo la temperatura mínima de 24.7 <sup>0</sup> C y la máxima 26.1 <sup>0</sup> C durante el periodo del experimento según la toma de datos de INETER en el 2009. Las precipitaciones pluviales oscilan entre los 730 a 850 mm/año; la altura es de 465 msnm con pendientes menores del 4%, presenta suelos pardos oscuros, franco arcillosos profundos (60 cm.) y con un buen drenaje. Los suelos pertenecen al orden de los molisoles y de la serie San Isidro Clase II, su pH es muy ligeramente ácido (Ramírez, 2007) (anexo 1).

**Tabla 6-** Descripción de la ubicación del experimento de líneas de arroz Biofortificado, tiempo de siembra y cosecha. Municipio de San Isidro, comunidad Las Mangas, época de invierno del 2009.

Departamento	Municipio	Localidad	Fecha de		
			Siembra	Emergen.	Cosecha
Matagalpa	San Isidro	Las Mangas	Jul.15/09	Jul.21/09	Noviembre/09



#### 8.4-Diseño Experimental

El diseño utilizado fue el de Bloques Completos al Azar (BCA), que consistió de 10 líneas provenientes del CIAT y 3 variedades comerciales con 4 repeticiones. Cada parcela experimental, consistió de 5 surcos de 5 metros de largo cada uno. La separación entre surco fue de 0.25 m. El área de cada parcela experimental fue de 6.25 m<sup>2</sup>.

La parcela útil consistió en los 3 surcos centrales de la parcela experimental, para un área total de 3.75 m<sup>2</sup>, para un área total experimental de 375 m<sup>2</sup> (Anexo 2).

#### 8.5- Descripción y distribución de los tratamientos

Se evaluaron 10 genotipos de líneas avanzadas con alto contenido de hierro y zinc y con tolerancia al manchado del grano. Además se incluyó las variedades testigos, INTA Malacatoya, INTA Dorado y Fe de Arroz-50, se incluyó el Fe de Arroz 50 como testigo porque es una de las líneas con ciclo largo, entre 115 y 130 días, esto sirvió para comparar los ciclos de las líneas en evaluación (Anexo 3).

**Tabla 7. Descripción de los tratamientos de evaluación de líneas avanzadas de arroz biofortificado en la comunidad Las Mangas, Municipio de San Isidro-Matagalpa época de invierno, 2009.**

Tratamiento	Identificación de las Líneas	Tratamiento	Identificación de las Líneas
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	8	CT 18148-6-9-3-3-2-M
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	9	CT 18148-10-3-6-4-6-M
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	10	CT 18148-10-4-2-3-3-M
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	11	*INTA MALACATOYA
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	12	*INTA DORADO
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	13	*FE DE ARROZ-50
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M		

\*Variedad Testigo.

## 8.6- Manejo Agronómico

La preparación del suelo fue mecanizada y consistió en chapoda, un pase con rotadisco, dos pases de grada y nivelación o banqueo. El surqueo del terreno y la siembra se realizó en seco, a una distancia de 0.25 metros entre surco. La semilla se depositó a chorrillo ralo a razón de 142 kg ha<sup>-1</sup> de semilla (2.2 qq/ mz).

El control de malezas de hojas anchas, gramíneas y ciperáceas, se realizó con Glifosato, 4.2 L, 2 días antes de sembrar, Comand, 1.4 L, 15 después de sembrado. 2-4D, 0.21 L, + Sirius, 0.21 L, 18 después de sembrado, también fue manejado antes del establecimiento del cultivo hasta los primeros 40 días después de establecido. Para ello se realizó medidas de control mecánico, manual y químico (Glifosato, Pendimetalin, Cyhalofopbutil, etc.). Además, se realizaron limpiezas manuales para la eliminación de plantas atípicas y facilitar la labor de la cosecha, a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.

El control de plagas insectiles se realizó mediante recuentos periódicos, utilizando como base los umbrales de daño económico. Para control del chinche de la espiga (*Oebalus insularis*), los umbrales de daño estuvieron en dependencia del estado fenológico del cultivo: pre y floración=2.2 chinches/jamaso, grano lechoso = 0.67 chinches/jamaso, grano ceroso = 4.34 chinches/jamaso. Para gusanos del complejo *Spodoptera* el umbral fue del 30% de afectación en la fase vegetativa del cultivo.

Para el control de plagas se utilizaron las siguientes fórmulas y dosis:

Rienda a razón de ½ litro por manzana, Muralla 300cc por manzana y Cypermetrina 250 cc por manzana.

No se realizaron aplicaciones preventivas de fungicidas con la finalidad de evaluar la reacción de las líneas al complejo del manchado del grano (Cuadra, 2009).

La fertilización se realizó de la siguiente forma:

1. Fertilización base: Fórmula 12-30-10, 129 kg ha<sup>-1</sup> al momento de la siembra aplicada al voleo.
2. Complementación de fertilización nitrogenada: Fórmula Urea 46%, 259 kg ha<sup>-1</sup>, en forma fraccionada de la siguiente forma:
  - Primer fraccionamiento (20 dde) 97 kg ha<sup>-1</sup>
  - Segundo fraccionamiento (40 dde); 64.7 kg ha<sup>-1</sup>.
  - Tercer fraccionamiento (60 dde); 97 kg ha<sup>-1</sup> cada uno.
3. Complementación de fertilización potásica: Fórmula MOP (0-0-60), 64.7 kg ha<sup>-1</sup>, en forma fraccionada de la siguiente forma:

Primer fraccionamiento (40 dde) y segundo fraccionamiento (60 dde); 32.3 kg ha<sup>-1</sup> cada uno.

En cuanto a las láminas de riego estas se complementaron con el invierno y se mantuvieron en dependencia del crecimiento del cultivo. Se inició con láminas de 5 a 10 cm en las fases iniciales (vegetativa), hasta los 20 cm durante la etapa reproductiva.

### **8.7. Toma de datos para la medición de las variables**

La escala de evaluación estándar para arroz del CIAT (1983), se utilizó para evaluar cualitativamente la mayoría de las variables. El tamaño de muestra para caracteres cuantitativos de crecimiento y desarrollo fue de 10 plantas elegidas al azar en el área central de la parcela útil de cada tratamiento. El resultado de la evaluación de cada variable se registró considerando el estado fenológico de la planta.

**Tabla 8. Estados fenológicos de crecimiento del cultivo de arroz sugerida por el CIAT (1983).**

Calificación	Categorías
00	Germinación
01	Plántula
02	Ahijamiento
03	Elongación del tallo
04	Cambio de primordio
05	Panzoneo
06	Floración
07	Estado lechoso del grano
08	Estado pastoso del grano
09	Maduración fisiológica

### **8.7.1 Procedimiento para medir las variables**

#### **8.7.1.1 Características agronómicas de los cultivares**

Peso de campo (rendimiento), al momento de la cosecha se procedió a pesar el arroz en granza en kg. del área de cada parcela útil por tratamiento:  $3 \times 0.25 \times 5 = 3.75 \text{ m}^2$  para realizar los cálculos en Kg. /ha en estado de crecimiento 9.

Porcentaje de humedad de la granza

Se determinó al momento de la cosecha de una muestra de 200 g por medio del probador de humedad.

Altura de planta

Se tomó la medida en cm desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja, en 10 plantas al azar /cultivar/observación o tratamiento.

**Tabla 9- Aplicación de la escala CIAT para altura de planta**

Clasificación	Categorías
1	Menos de 100 cm planta semi enana.
5	101-130 cm Intermedias.
9	Más de 130 cm altas.

- Macollas/ planta

Se tomaron 10 plantas al azar y se contó el número de tallos o macollas por planta y luego se calculó el promedio de macollas por planta en cada una de las parcelas experimentales.

**Tabla 10- Aplicación de la escala CIAT para Macollamiento**

Clasificación	Categorías
1	Muy prolifera más de 20 hijos
3	Buena de 15 a 19 hijos
5	Mediana de 11 a 14 hijos
7	Pobre de 7 a 10 hijos
9	Muy pobre menos de 7 hijos

#### Longitud de panícula

Para determinar este carácter se seleccionaron al azar diez panículas, la medición se realizó desde el nudo ciliar hasta el último grano, el cual se expresa en centímetro, esto se realizó en cada uno de los tratamientos.

#### Granos /panícula

Se seleccionaron del área de la parcela útil 10 panículas al azar, luego se procedió a contar el número total de granos entre el número de panículas (10) y se calculó el promedio respectivo.

#### Fertilidad panícula

De 10 panículas tomadas al azar por cada tratamiento, se contaron los granos totales, granos vanos manchados y sin manchar, granos enteros manchados y sin machar, luego se realizó el respectivo cálculo para obtener el porcentaje de fertilidad.

**Tabla 11- Aplicación de la escala CIAT para fertilidad de espiguillas**

Clasificación	Categorías
1	Altamente fértiles (más del 90%)
3	Fértiles (75-89%)
5	Parcialmente fértiles (50-74%)
7	Estériles (10-49%)
9	Altamente estériles (menos del 10%)

#### Peso de granos

Se pesaron 1000 granos por cada tratamiento, para obtener el peso de 1000 granos con grado de humedad del 14% este porcentaje de humedad se logró exponiendo las muestras al sol. El dato se expresó en gramos.

#### Días a Primordio, floración y madurez fisiológica

Se registró el número de días, tomando la fecha desde la emergencia hasta cuando el 50% de las plantas estaban iniciando panzoneo (primordio), florecidas o en madurez fisiológica.

#### **8.7.1.2 Reacción a enfermedades y al acame**

La evaluación a la Pyricularia es importante tomarlo en cuenta porque una vez avanzada la enfermedad en una categoría alta tiende a manchar el grano afectando su calidad industrial.

Se evaluó la reacción a Pyricularia en el cuello de la panícula y en los nódulos.

Se realizó mediante la observación de los tratamientos según el porcentaje de panículas o de nudos afectados. Tiempo de evaluación, en el estado de crecimiento 3, 7 y 8 (crecimiento del tallo, estado lechoso y pastoso del grano), según el porcentaje del área total foliar afectada.

**Tabla 12- Aplicación de escala CIAT para Pyricularia**

Clasificación	Categorías
0	Ninguna lesión visible
1	Menos del 1%
3	1-5%
5	6-25%
7	26-50%
9	51-100%

#### Evaluación del manchado del grano

De 10 panículas tomadas al azar por cada tratamiento antes de la cosecha, se contaron los granos totales enteros y los granos afectados (manchados), para calcular el porcentaje de granos enfermos. Tiempo de evaluación, en estado de crecimiento 9.

**Tabla 13- Aplicación de escala CIAT para Manchado del Grano**

Clasificación	Categorías
0	<b>Ninguna incidencia</b>
1	Menos del 1%
2	1-5%
3	6-10%
4	11-20%
5	21-30%
6	31-40%
7	41-60%
8	61-80%
9	81-100%

#### Evaluación de reacción al acame

Se observó el porcentaje de plantas acamadas en cada parcela útil para cada tratamiento. Tiempo de evaluación en el estado de crecimiento 9.

**Tabla 14- Aplicación de la escala CIAT para acame de planta**

Clasificación	Categorías
1	Tallos fuertes 100% de plantas sin volcamiento.
3	Tallos moderadamente fuertes. La mayoría de las plantas sin volcamiento (85 al 99%).
5	Tallos moderadamente débiles o intermedios. Entre el 50 y 84% de volcamiento de plantas.
7	Tallos débiles. La mayoría de las plantas casi caídas (< del 50%).
9	Tallos muy débiles. Todas las plantas volcadas.

### **8.7.1.3 Valor comercial del grano**

#### Calidad industrial

Se pesó 1 kg de arroz paddy (arroz cáscara) seco y limpio, con un porcentaje de humedad del 14%, para obtener a través de un proceso de molinería los porcentajes de calidad industrial de grano (Anexo 2).

#### Longitud y forma del grano

Se midió la longitud y el ancho del grano descascarillado en milímetros, se tomaron Veinte granos por tratamiento.



### 8.8-Operacionalización de Variables

**Tabla 15** - Matriz de Operacionalización de variables.

Objetivo específico	Variable	Sub. Variable, dimensiones, categoría	Indicadores	Medios
Determinar las características agronómicas de las líneas de arroz	Características agronómicas de las líneas	Peso de campo(kg)	Peso en kg. área de parcela útil por tratamiento	Pesa en kg
		Altura de planta	1 = Menos de 100 cm (planta semienana). 3 = 101-130 cm (planta Intermedia). 7 = Más de 130 cm (planta alta).	Cinta métrica
		Macollas planta	1 = Muy prolifera más de 20 hijos 3 = Buena de 15 a 19 hijos 5 = Mediana de 11 a 14 hijos 7 = Pobre de 7 a 10 hijos 9 = Muy pobre menos de 7 hijos	Hoja de datos
		Longitud de panícula	Se tomaron al azar diez panículas, la medición es desde el nudo ciliar hasta el último grano, se expresó en cm.	Cinta métrica
		Granos Panícula	Promedio de granos/panícula en 10 panículas al azar.	Hoja de datos

		Fertilidad panícula	<p>1 = Altamente fértiles (más del 90%)  3 = Fértiles (75-89%)  5 = Parcialmente fértiles (50-74%)  7 = Estériles (10-49%)  9 = Altamente estériles (menos del 10%)</p>	Hoja de datos y escala del CIAT
		Peso de 1000 granos	Se pesaron 1000 granos por cada tratamiento. El dato se expresó en gramos.	Pesa en gramos
		Días a primordio, floración y madurez	Se registró el número de días, desde la emergencia hasta cuando el 50% de las plantas estén iniciando panzoneo, florecidas o en madurez fisiológica.	Hoja de datos
Identificar líneas de arroz resistentes a las enfermedades y al acame.	Reacción a enfermedades y al acame	Evaluación de reacción a Pyricularia en el cuello de la panícula y en los nódulos	<p>0 = Sin infección  1 = Menos del 1% (Pocas ramificaciones secundarias afectadas).  3 = 1-5% (Varias ramificaciones secundarias afectadas o ramificación principal afectada).  5 = 6-25% (Eje o base de la panícula parcialmente afectada).  7 = 26-50% (Eje o base de la panícula totalmente afectada con más del 30% de grano lleno).  9 = 51-100% (Base de la panícula o entrenudo superior afectado totalmente con menos del 30% de grano lleno).</p>	Hoja de datos
		Evaluación de reacción al acame	<p>1 = Tallos fuertes. 100% de plantas sin acame.  3 = Tallos moderadamente fuertes. La mayoría de las plantas sin acame (85 al 99%).  5 = Tallos moderadamente débiles o intermedios.</p>	Hoja de datos y escala del CIAT

			Entre el 50 y 84% de plantas acamadas. 7= Tallos débiles. La mayoría de las plantas casi caídas (< del 50%). 9= Tallos muy débiles. 100% las plantas caídas.	
Identificar líneas de arroz resistentes al machado del grano	Reacción al manchado del grano	Evaluación de reacción a manchado del grano	Porcentajes de granos manchados	Hoja de datos y escala de CIAT
Identificar líneas de arroz con valor comercial del grano	Valor comercial del grano	Calidad industrial	Se pesaron 250 gramos de arroz paddy seco y limpio, con un porcentaje de humedad del 14%, para obtener a través de un proceso de molinería los porcentajes de calidad industrial de grano.	Hoja de datos, probador de humedad, pilón
		Longitud y forma del grano	Clasificación para granos de arroz pilado o descascarado es la sugerida por Jennings <i>et al</i> (1981).	Hoja de datos, vernier
Calcular los ingresos brutos de las líneas de arroz biofortificadas	Ingresos brutos	Rendimientos por hectárea comparados con el análisis de calidad industrial	Precio por toneladas por hectáreas según calidad del grano	Córdobas por hectárea

### **8.9-Análisis Estadísticos**

Se realizaron los respectivos análisis para comprobar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos. Para el caso de normalidad de los datos se realizó la prueba de Shapiro-Wilk y en el caso de homogeneidad se utilizó la prueba de Levene. Sin estas pruebas, cualquier inferencia que se realice sobre los resultados carecería de validez.

Se utilizó el análisis de Varianza (ANDEVA) para probar la hipótesis de igualdad entre medias de tratamientos. Las medias de los tratamientos individuales fueron separadas utilizando la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de significancia ( $\alpha=0.05$ ). Las variables que no cumplan los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza fueron analizadas utilizando la prueba de Freedman.

Se realizaron análisis de correlación de Pearson, para determinar el nivel de asociación entre las variables del componente del rendimiento.

El programa utilizado para el análisis de los datos fue: SAS

Los Software Word y Excell 2007 fueron utilizados para elaborar el informe final

### **8.10-Análisis Económico**

El Análisis Económico se basó en los ingresos brutos, donde únicamente se consideró el rendimiento de las líneas y el valor económico de la granza con respecto a la calidad industrial para obtener los cálculos en cada uno de los tratamientos.

## **IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

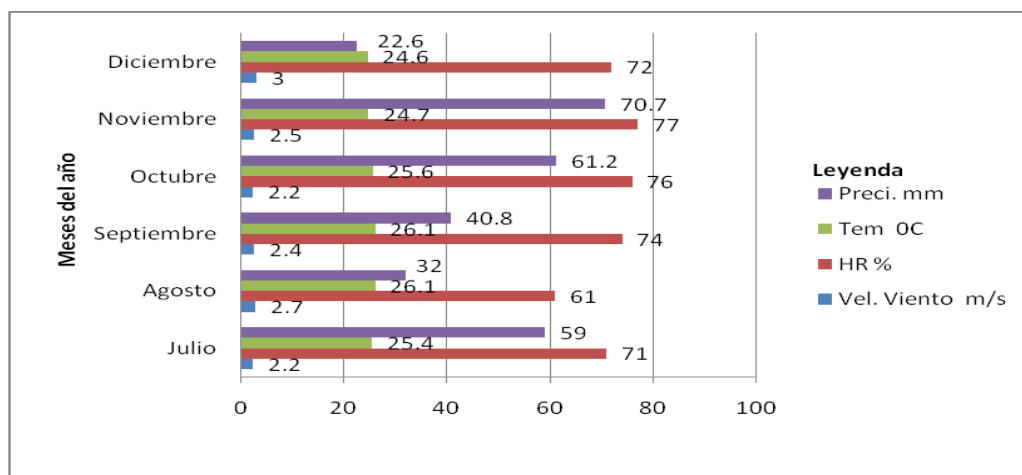
Finalizada la fase de campo del experimento de arroz biofortificado se presentan los siguientes resultados en base a la operacionalización de las variables.

### **9.1-VARIABLES DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS**

En la variable características agronómicas están las subvariables peso de campo, altura de la planta, macollas por planta, longitud de la panícula, granos por panícula, fertilidad de la panícula, peso de mil granos, días a primordio, floración y madurez fisiológica.

Los parámetros a tomar en cuenta para la variable rendimiento están las subvariables: Macollas productivas por planta, Longitud de panícula, Granos por panícula, Peso de 1000 granos, Longitud y Ancho del grano.

El Análisis de Varianza (ANDEVA) demuestra con un 99% de confianza que existe efecto real entre al menos un par de tratamientos (líneas) en las variables rendimiento y fertilidad de la panícula. En cambio, para las variables macollas por planta, longitud de la panícula, granos por panícula y peso de mil granos no se determinó efecto significativo. Los datos merecen confianza, ya que los coeficientes de variación obtenidos en las variables del componente del rendimiento son considerados aceptables (C.V. = entre 3.24 y 18.54%) y comparables con los presentados en otros experimentos del mismo tipo.



**Gráfico 3- Condiciones climatológicas durante el ciclo del cultivo**  
**Fuente: INETER, 2009.**

El gráfico 3 demuestra todas las condiciones climáticas con las cuales se desarrolló la evaluación de las diez líneas de arroz biofortificado durante la época de invierno del 2009.

#### **9.1.1- Peso de campo de granos en granza o paddy (Rendimiento)**

Los meses de octubre y noviembre, corresponden al periodo desde la pre floración hasta la cosecha del experimento y según los resultados obtenidos las horas de insolación de este año para este periodo fue de 540.9 hrs/luz y con una nubosidad promedio de 3.0 octas (cielo parcialmente nublado). El rendimiento promedio de las 13 líneas de arroz evaluadas en este experimento fue de 8.6 t ha<sup>-1</sup>.

En un experimento similar establecido con 12 líneas evaluadas, pero en el verano del 2009, se obtuvo un rendimiento de 9.0 t ha<sup>-1</sup> con 583.5 hrs/luz y con una nubosidad promedio de 2.5 octas (escasa nubosidad) (Huete y Pérez, 2009).

Este aumento se debe a la diferencia de horas luz correspondiente a la época de verano, en la cual hay mayor radiación solar, lo que beneficia al cultivo de arroz por ser una planta altamente fotosintética.

Según el análisis de varianza se demuestra que se cumple con la prueba Shapiro Wilk para normalidad, no siendo así la prueba Levene para homogeneidad, por lo cual se realiza análisis la prueba de Freedman debido a que los tratamientos cumplen con los supuestos de normalidad.

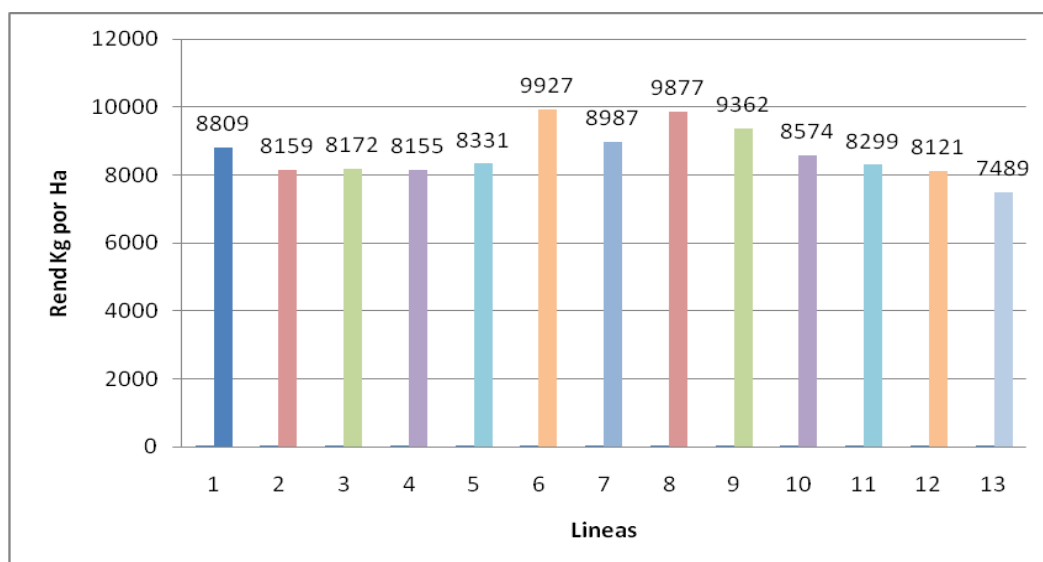


Gráfico 4- Rendimiento de arroz en Kg por Ha.

Las 13 líneas evaluadas tienen altos rendimientos que oscilan desde 7.5 hasta 9.9 TN ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio de las 13 líneas de arroz evaluadas en este experimento fue de 8.6 TN ha<sup>-1</sup>. La producción nacional de arroz es de 3.3 TN por ha<sup>-1</sup>, por lo tanto el incremento del cultivar de mayor comportamiento productivo y la media nacional es del 200%.

Según la prueba de Tukey, los rendimientos obtenidos por los tratamientos 6 y 8 representada por el código (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4 y CT 18148-6-9-3-3-2-M), son altamente significativos, resultando estadísticamente superiores a la media obtenida por el tratamiento 13 (Fe de Arroz-50), que fue el genotipo de menor comportamiento productivo. Los tratamientos 6 y 8 (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4) y (CT 18148-6-9-3-3-2-M), alcanzaron producciones de 9927 Kg/ha y 9877 Kg/ha respectivamente. El tercer mejor rendimiento lo alcanzó el tratamiento 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M), con 9362 Kg/ha.

Los otros 2 testigos INTA Malacatoya (T 11) e INTA Dorado (T 12), ocuparon la octava y penúltima posición con 8299 Kg/ha y 8121 Kg/ha.

**Tabla 16 -Prueba de Freedman para la subvariable de rendimiento.**

N	13
Chi-cuadrado	40.775
gl	4
Sig. asintót.	.000

Según esta prueba se determina que existe diferencia estadística entre los tratamientos, por tal razón se realiza la separación de medias.

**Tabla 17-Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA y Prueba de Tukey para la subvariable de rendimiento de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Rendimiento ( Kg Ha <sup>-1</sup> 14 % humedad)
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	8809 AB
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	8159 AB
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	8172 AB
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	8155 AB
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	8331 AB
6	<b>CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4</b>	<b>9927 A</b>
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	8987 AB
8	<b>CT 18148-6-9-3-3-2-M</b>	<b>9877 A</b>
9	<b>CT 18148-10-3-6-4-6-M</b>	<b>9362 AB</b>
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	8574 AB
11	<b>INTA MALACATOYA</b>	<b>8299 AB</b>
12	INTA DORADO	8121 AB
13	FEDE ARROZ-50	7489 B
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.2373NS
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.0005**
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>		0.0092**
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>		0.0001**
<b>Media</b>		8635.4
<b>DMS</b>		2194.9
<b>C.V</b>		10.1462

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .

\*\*Altamente significativo, NS No significativo y C.V: coeficiente de variación.

D.M.S (Diferencia Mínima Significativa)



La prueba de separación de medias determinó tres categorías diferentes. Las líneas CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4 y CT 18148-6-9-3-3-2-M, alcanzaron los máximos rendimientos con 9.92 TN Ha<sup>-1</sup> y 9.87 TN Ha<sup>-1</sup> categorizados según Tukey en categoría A, comparados con el testigo Fede Arroz 50 que obtuvo rendimiento más bajo con 7.48 TN Ha<sup>-1</sup> y clasificado según Tukey en categoría B. Los restantes diez tratamientos obtuvieron categoría AB según Tukey.

### 9.1.2- Altura de la planta

Existen variedades o líneas de porte bajo y porte alto donde las variedades comerciales su altura oscila entre 1-1.5 m. El rendimiento y la respuesta al nitrógeno de las variedades de arroz están fuertemente correlacionadas inversamente con la altura de la planta, altas dosis de nitrógeno ocasionan alturas superiores a 1.5 metros teniendo como consecuencia un mayor porcentaje de acame (CIAT, 1983).

Al realizar los análisis de varianza para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos son normales según la prueba de Shapiro-Wilk y homogéneos según la prueba de Levene. Por lo tanto no se debe hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos

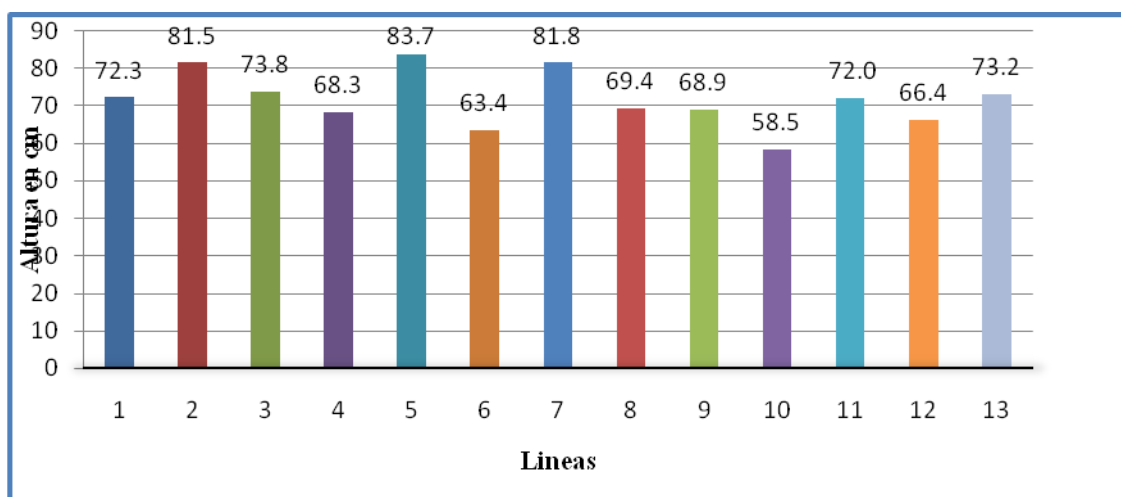


Gráfico 5- Altura promedio de la planta

En los resultados obtenidos el rango de altura de planta que presentaron estos materiales fueron significativamente diferentes. El tratamiento 5 (CT 15679-17-1-4-5-2-M), 7 (CT

15679-17-1-2-2-1-M), 2(FLO 3724-3P-5-1P-3P-M) y 13(FE DE ARROZ-50), alcanzaron la mayor altura con 83.7, 81.8, 81.5 y 73.2 cm siendo estadísticamente superior a las alcanzadas por los tratamientos 1 (FLO 3001-MP2-1P-3P-M), 4 (CT 15691-4-5-2-2-1-M ), 6 (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4), 8 (CT 18148-6-9-3-3-2-M ), 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M ), 10 (CT 18148-10-4-2-3-3-M) 11(INTA MALACATOYA ), 12 (INTA DORADO) y cuyas alturas fluctuaron entre 58.5 y 72.2cm. Todas las líneas evaluadas se clasificaron en la categoría 1 del CIAT (plantas semi enanas con alturas menores de 100 cm).

La altura de la planta de arroz es una función de la longitud y número de los entrenudos, tanto la longitud como el número de los entrenudos, son caracteres varietales definidos. El medio ambiente puede variarlos, pero en condiciones semejantes tienen valores constantes (CIAT, 1983).

Los tallos fuertes y cortos más que ningún otro carácter, determinan la resistencia al volcamiento, una proporción favorable de paja por grano, una mayor respuesta al nitrógeno y alta capacidad de rendimiento (Tinarelli, 1989).

**Tabla 18- Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA y Prueba de Tukey para la subvariable altura de planta de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Altura/plantas		
		Med. cm	TK	CIAT

1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	72.3	BC	1
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	81.5	AB	1
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	73.8	ABC	1
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	68.3	CD	1
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	<b>83.7</b>	<b>A</b>	1
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	63.4	CD	1
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	<b>81.8</b>	<b>AB</b>	1
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	69.4	CD	1
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	68.9	CD	1
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	<b>58.5</b>	<b>D</b>	1
11	INTA MALACATOYA	72.0	BC	1
12	INTA DORADO	<b>66.4</b>	<b>CD</b>	1
13	FE DE ARROZ-50	73.2	ABC	1
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.4623NS		
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.3903NS		
<b>Pr &gt; F Para Genotipo</b>		0.0001**		
<b>Pr &gt; F Para Bloque</b>		0.0056**		
<b>Media</b>		71.748		
<b>DMS</b>		11.375		
<b>CV</b>		6.3289		

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .

\*\* Altamente significativo, NS No significativo y C.V: coeficiente de variación.

D.M.S (Diferencia Mínima Significativa)

En la subvariable altura de la planta se determinó diferencia altamente significativa y diferenciándose seis categorías diferentes según Tukey, siendo la línea 5 con mayor altura, obteniendo medidas de 83.7 cm, resultando con categoría A, comparadas con la variedad testigo INTA Dorado que obtuvo medida de 66.4 cm, obteniendo según Tukey categoría CD. La línea diez se ubicó en el último lugar con una medida de 58.5 cm, asignándosele una categoría D.

### 9.1.3-Macollas Plantas

Al realizar el análisis de varianza en la subvariable número de macollas productivas por planta se determinó diferencias estadísticas altamente significativas entre los bloques evaluados pero no para los tratamientos. El número de macollas varió entre 8.7 y 12.3 macollas productivas por planta. Los tratamientos 7 (CT 15679-17-1-2-2-1-M), 11

(INTA MALACATOYA) y 12 (INTA DORADO) fueron los que presentaron las mayores producciones de macollas por planta con 12.3, 11.5 y 11.3 respectivamente, sin embargo estadísticamente son iguales.

Al aplicar la escala CIAT para macollamiento, el 69% de las líneas (9 tratamientos) se clasifican la categoría cinco lo que significa que son líneas con mediana capacidad de macollamiento (11 a 14 hijos). El restante 31% (4 tratamientos) de las líneas evaluadas, presentaron una capacidad pobre de macollamiento (7 a 10 hijos), clasificándose en la categoría 7.

Según Cardoza y González (2004), la habilidad de macollamiento es un carácter cuantitativo que está ligado a características genéticas y depende al mismo tiempo de las condiciones en las cuales el cultivo se desarrolle, por ejemplo: densidad de siembra, fertilidad del suelo y temperaturas bajas que no permiten la formación de macollas.

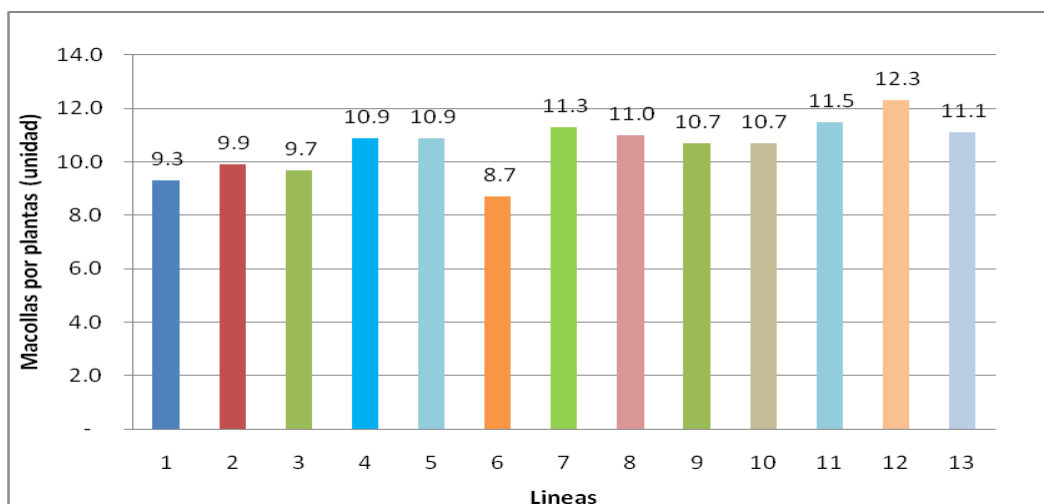


Gráfico 6- Macollas promedio por plantas

Con respecto al macollamiento es una variable importante a medir en un estudio de arroz ya que de esta variable depende el éxito de una buena producción.

Para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos son normales según la prueba de Shapiro-Wilk y homogéneos según la prueba de Levene.

**Tabla 19- Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA y Prueba de Tukey para la subvariable de macollas por plantas de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Macollas por plantas		
		Med.cm	TK	CIAT
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	9.3	A	7
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	9.9	A	7
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	9.7	A	7
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	10.9	A	5
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	10.9	A	5
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	<b>8.7</b>	A	<b>7</b>
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	<b>11.3</b>	A	<b>5</b>
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	11.0	A	5
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	10.7	A	5
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	10.7	A	5
11	INTA MALACATOYA	11.5	A	5
12	INTA DORADO	<b>12.3</b>	A	<b>5</b>
13	FE DE ARROZ-50	11.1	A	5
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.6504NS		
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.8513NS		
<b>Pr &gt; F Para Genotipo</b>		0.447 NS		
<b>Pr &gt; F Para Bloque</b>		0.0001**		
<b>Media</b>		10.61		
<b>DMS</b>		47.975		
<b>CV</b>		18.0475		

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .

\*\* Altamente significativo, NS No significativo y C.V: coeficiente de variación.

D.M.S (Diferencia Mínima Significativa)

Se obtuvo solamente una categoría según Tukey, lo que refleja que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. Cabe destacar que las variedades testigos superaron a las líneas en evaluación en cuanto a esta variable. Según ANDEVA se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los bloques pero no en los tratamientos evaluados.

#### 9.1.4- Longitud de la panícula

Con respecto a la longitud de panícula, destacan los tratamientos 7 (CT 15679-17-1-2-2-1-M), 1 (FLO 3001-MP2-1P-3P-M), 3 (CT 15696-3-4-2-3-3-M) con 26.5, 25.2 y 25.0 cm, respectivamente. Sin embargo, estos resultados son estadísticamente similares a las obtenidas por otros diez tratamiento cuyas longitudes oscilaron entre 22.5 y 24.7 cm.

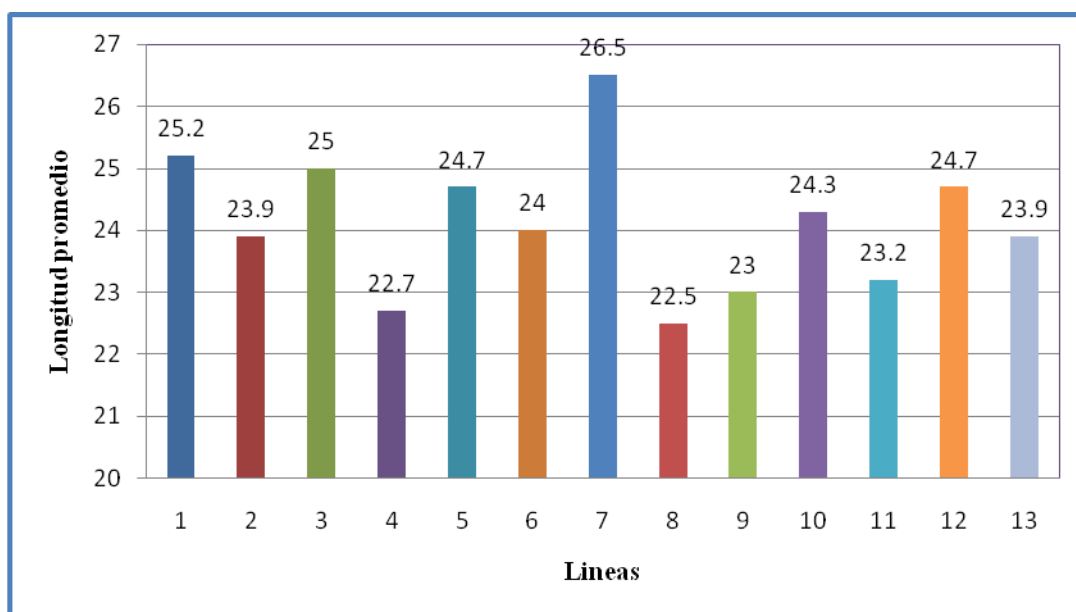


Gráfico 7- Longitud promedio de la panícula.

La línea 7 (CT 15679-17-1-2-2-1-M) se destaca como la línea que presenta la mayor longitud de panícula y según Jennings, *et al.* (1981), la línea que combina buen macollamiento con panículas largas, debería de esperarse rendimiento más altos.

Muchos investigadores se preocupan innecesariamente por el tamaño de las panículas como objetivo de mejoramiento, Soto (1991), afirma que la longitud de la panícula varía entre 10 y 40 cm aunque la mayoría de las variedades comerciales están entre 20 a 24 cm de largo.

Según los resultados la línea 7 fue la que obtuvo buen macollamiento y mayor longitud de la panícula, pero no fue la más productiva por lo tanto la afirmación de Jennings no es válida.

Al realizar los análisis de varianza para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos son normales según la prueba de Shapiro-Wilk y no homogéneos según la prueba de Levene. Por lo

tanto se debe hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos cumplen con los supuestos de normalidad.

**Tabla 20 -Prueba de Freedman para la subvariable longitud de la panícula**

N	13
Chi-cuadrado	26.831
gl	4
Sig. asintót.	.000

Según esta prueba se determina que existe diferencia estadística entre los tratamientos, por tal razón se realiza la separación de medias, agrupándose todas las líneas y variedades en una sola categoría.

**Tabla 21-Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA para la subvariable de longitud de la panícula de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Long. /Panic.(Cm)
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	25.2 A
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	23.9 A
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	25.0 A
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	22.7 A
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	24.7 A
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	24.0 A
<b>7</b>	<b>CT 15679-17-1-2-2-1-M</b>	<b>26.5</b> A
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	22.5 A
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	23.0 A
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	24.3 A

11	INTA MALACATOYA	23.2 A
12	INTA DORADO	24.7 A
13	FEDE ARROZ-50	23.9 A
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.1778NS
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.0187*
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>		0.3016NS
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>		0.7709NS
<b>Media</b>		24.10769
<b>DMS</b>		50.355
<b>C.V</b>		8.33

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .

\* Significativo, NS No significativo y C.V coeficiente de variación.

D.M.S (Diferencia Mínima Significativa)

### 9.1.5-Granos por panícula

Las líneas que sobresalen con el mayor número de granos por panícula son los tratamientos 2 (FLO 3724-3P-5-1P-3P-M) y 1 (FLO 3001-MP2-1P-3P-M) con 171.9 y 157.2 granos por panícula respectivamente. Aunque estos resultados son similares estadísticamente al obtenido por las demás líneas evaluada.



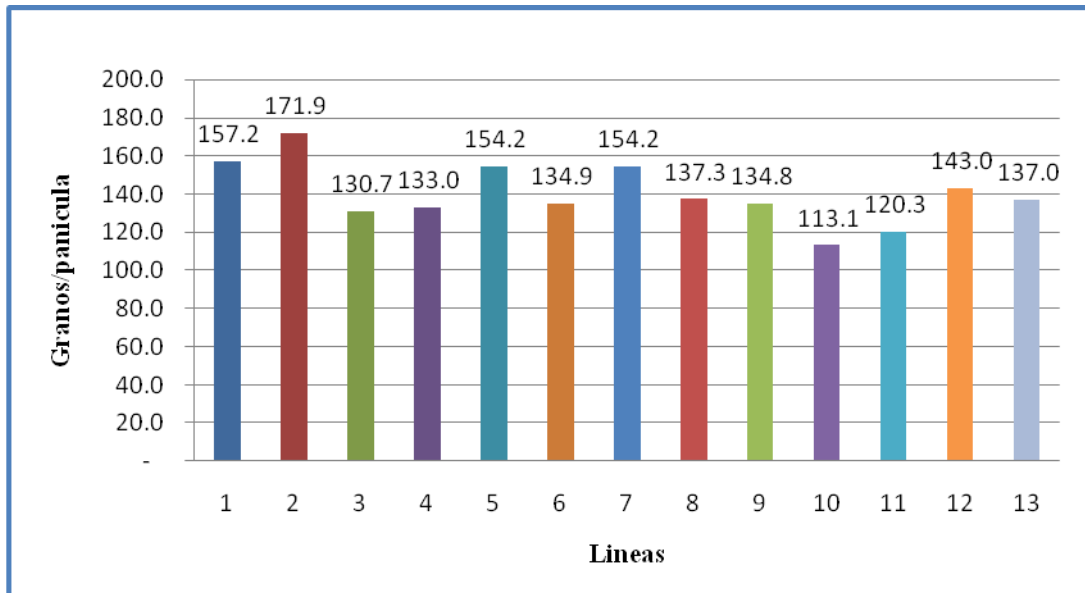


Gráfico 8- Granos promedio por panícula.

La mayoría de las variedades comerciales oscilan entre 100 – 150 gramos por panícula. De Datta (1986), expresa que el clima afecta directamente los procesos fisiológicos, que influyen en el crecimiento, desarrollo, formación de granos de arroz y que el área foliar total de una población de arroz es un factor estrechamente relacionado con la producción de grano.

El número de granos por panícula constituye un carácter varietal; de 50-60 a 200-300 granos, la cantidad menor corresponde frecuentemente a la panícula más larga y menos densa (Angladette, 1969).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio la línea 7 (CT 15679-17-1-2-2-1-M) fue la que obtuvo mayor longitud de panícula, sin embargo, en la subvariable granos por panícula no obtuvo la mayor cantidad de granos, esto quiere decir que entre más larga es la panícula es menos densa, pero tiene una aceptable correlación de 0.36134.

Al realizar los análisis de varianza para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos son normales según la prueba de Shapiro-Wilk y homogéneos según la prueba de Levene. Por lo tanto no se debe hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos.

**Tabla 22 -Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA para la subvariable granos por panícula plantas de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Gran/Panic
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	157.2 A
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	171.9 A
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	130.7 A
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	133.0 A
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	154.2 A
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	134.9 A
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	154.2 A
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	137.3 A
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	134.8 A
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	113.1 A
11	INTA MALACATOYA	120.3 A
12	INTA DORADO	143.0 A
13	FEDE ARROZ-50	137.0 A
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.6717NS
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.2922NS
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>		0.1685NS
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>		0.2739NS
<b>Media</b>		140.12
<b>DMS</b>		65.108
<b>C.V</b>		18.5484

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .

NS No significativo y C.V: coeficiente de variación.

D.M.S (Diferencia Mínima Significativa)

### 9.1.6-Fertilidad de la panícula

Existen 10 tratamientos: 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M ), 10 (CT 18148-10-4-2-3-3-M ), 4 (CT 15691-4-5-2-2-1-M ), 11 (INTA MALACATOYA ), 6 (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4 ), 3 (CT 15696-3-4-2-3-3-M ), 7 (CT 15679-17-1-2-2-1-M ), 8 (CT 18148-6-9-3-3-2-M ), 5 (CT 15679-17-1-4-5-2-M ) y 12 (INTA DORADO), que presentaron porcentaje de fertilidad con valores desde 62.9 hasta 78.0% respectivamente y fueron estadísticamente superiores al obtenido por el tratamiento 2 (FLO 3724-3P-5-1P-3P-M) con 43.4%. Según la escala de fertilidad del CIAT, 2 de los tratamientos se clasifican en la escala 3 o sea plantas fértiles (75 al 89%), los cuales son los tratamientos 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M y) y 10 (CT 18148-10-4-2-3-3-M), 10 tratamientos se clasifican en la categoría 5, o sea parcialmente fértiles (50 al 74%) y solamente el tratamiento 2 (FLO 3724-3P-5-1P-3P-M) fue clasificado en la categoría 7, o sea plantas estériles (10 al 40% de esterilidad).

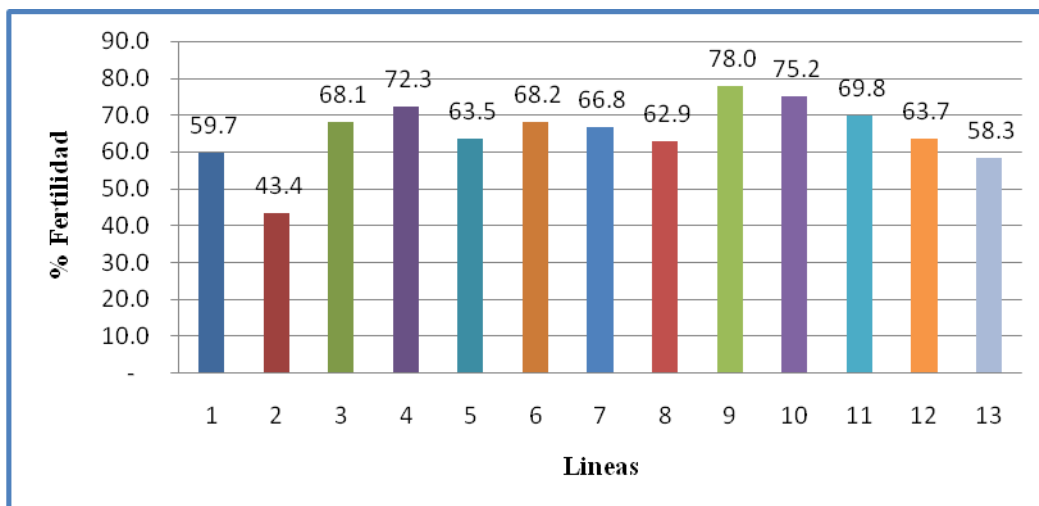


Gráfico 9- Fertilidad de la panícula.

Según Tinarelli (1989), las bajas temperaturas durante la maduración influyen sobre el porcentaje de granos completamente maduro. Con temperaturas medias diarias inferiores a 18 °C, el peso de mil granos disminuye y a temperatura constante de 16 °C, el porcentaje de grano completamente maduro es virtualmente cero.

En la zona de estudio la temperatura mínima fue de 24.7 °C y la máxima de 26.1°C, lo que justifica el buen peso de mil granos maduros.

Al realizar los análisis de varianza para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos no son normales según la prueba de Shapiro-Wilk, pero si son homogéneos según la prueba de Levene. Por lo tanto se debe de hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos no cumplen con los supuestos de normalidad.

**Tabla 23 -Prueba de Freedman para la subvariable fertilidad de la panícula.**

N	13
Chi-cuadrado	27.661
GL	4
Sig. asintót	.000

Prueba de Freedman

Según esta prueba se determina que existe diferencia estadística entre los tratamientos, por tal razón se realiza la separación de medias.

**Tabla 24 - Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA y Prueba de Tukey para la subvariable Fertilidad de la panícula de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Fertilidad de la panícula		
		%	TK	CIAT
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	59.7	AB	5
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	43.4	B	7
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	68.1	A	5
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	72.3	A	5
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	63.5	A	5
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	68.2	A	5
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	66.8	A	5
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	62.9	A	5
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	<b>78.0</b>	<b>A</b>	<b>3</b>
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	<b>75.2</b>	<b>A</b>	<b>3</b>
11	INTA MALACATOYA	<b>69.8</b>	<b>A</b>	<b>5</b>
12	INTA DORADO	63.7	A	5
13	FE DE ARROZ-50	58.3	AB	5
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.0296*		
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.1697NS		
<b>Pr &gt; F Para Genotipo</b>		0.0005**		
<b>Pr &gt; F Para Bloque</b>		0.7816 NS		
<b>Media</b>		65.36		
<b>DMS</b>		0.358		

CV	2.9433
----	--------

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .

\*\* Altamente significativo, \* Significativo, NS No significativo y C.V: coeficiente de variación. D.M.S (Diferencia Mínima Significativa).

Según Tukey se encontraron tres categorías diferentes, lo que significa que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Los porcentajes oscilaron entre 78% el cual fue el más alto y 43.4% que fue la más bajo con una media del 65.36, las líneas con mayor porcentaje de fertilidad de la panícula fueron las líneas 3,4,5,6,7,8,9,10,11 4 (CT 15691-4-5-2-2-1-M), 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M), 10 (CT 18148-10-4-2-3-3-M) con 72.3, 78 Y 75.2 %, además las líneas 5, 6, 7, 8 y 11 también son estadísticamente iguales, ya que se agrupan en la categoría A.

### 9.1.7- Peso de mil granos

Los tratamientos 3 (CT 15696-3-4-2-3-3-M), 11 (INTA MALACATOYA) y 12 (INTA DORADO), alcanzaron el mayor peso por mil granos con 35.35, 33.6 y 32.85 gramos, siendo estadísticamente iguales a los pesos obtenidos por los demás tratamientos.

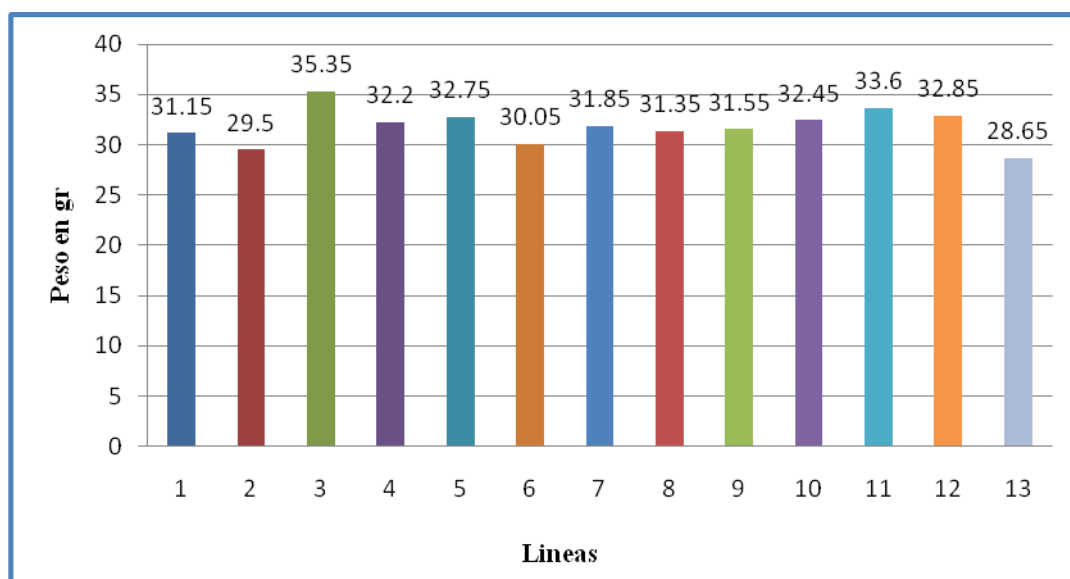


Gráfico 10- Peso promedio de mil granos

El peso del grano varía en un rango bastante amplio oscilando entre 8-50 mg/grano, en el caso de la cáscara normalmente oscila entre 20 y 21% total del grano, aparentemente no es posible mejorar el rendimiento del arroz molinado, disminuyendo el peso de la

cáscara, sin embargo, el rendimiento se podría aumentar incrementando el tamaño del grano, ya que se ha definido que variedades con granos grande en el periodo de maduración acumulan más almidón. Los granos largos a extra-largos son los que obtienen mayor peso los cuales fluctúan entre 25-35 g (Jennings, *et al.*1985).

Al realizar los análisis de varianza para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos son normales según la prueba de Shapiro-Wilk y homogéneos según la prueba de Levene. Por lo tanto no se debe hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, pero además no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

**Tabla 25 -Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA para la subvariable peso de mil granos de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Peso de mil Granos (Gr)
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	31.15 A
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	29.5 A
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	<b>35.35 A</b>
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	32.2 A
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	32.75 A
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	30.05 A
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	31.85 A
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	31.35 A
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	31.55 A
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	32.45 A
11	INTA MALACATOYA	<b>33.6 A</b>
12	INTA DORADO	<b>32.85 A</b>
13	FEDE ARROZ-50	28.65 A
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.3340NS
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.5605NS
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>		0.2580NS
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>		0.8176NS
<b>Media</b>		25.508
<b>DMS</b>		7.91
<b>C.V</b>		12.4969

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .  
 NS No significativo y C.V: coeficiente de variación.  
 D.M.S (Diferencia Mínima Significativa)

### **9.1.8- Días a primordio, floración y madurez**

Somarriba (1998), establece que la iniciación de la panícula se da con la diferenciación del primordio de la panícula (cambio de primordio), lo que ocurre de 30 a 34 días antes de la emergencia de la hoja bandera, indicando que el primordio de la panícula no es aun visible y se observó 12 días más tarde dentro del tallo como una estructura cónica de 0.5 a 1.5 mm de largo, presentado un aspecto vellosa llamado “punto de algodón”

En una variedad de vida corta (105 días a partir de la siembra hasta la madurez), el primordio de la panícula comienza a diferenciarse casi 40 días después de la siembra y puede observarse 11 días después (inicio visual de la panícula) como un cono blanco emplumado de 1-1.5 mm de longitud (De Datta, 1986).

El tratamiento 11 (INTA Malacatoya), fue la línea que presentó el menor número de días a primordio con 64 dde. Esta línea a los 64 días después de la emergencia alcanzó la diferenciación visual de la panícula en el ámbito de campo. En cambio el tratamiento 13 (Fede Arroz 50) fue la línea que presentó el mayor número de días a la diferenciación visual con un promedio de 75 días.

La floración se produce aproximadamente 25 días después del engrosamiento prefloral del tallo, independientemente de la variedad y que este proceso continúa sucesivamente hasta que todas las espiguillas de la panoja hayan florecido (Contín, 1990).

En los genotipos estudiados, los rangos de floración fluctuaron entre 84 y 95 días después de la emergencia. También el testigo 11 (INTA Malacatoya), alcanzó la floración más tempranamente (84 dde) y el testigo 13 (Fede Arroz 50) fue el identificado como el más tardío, floreciendo a los 95 dde.

En esta subvariable no se realiza análisis de varianza (ANDEVA), ya que los datos obtenidos son mediante el conteo de días de dichos parámetros a medir como es los días a primordio, floración y madurez fisiológica.

**Tabla 26- Días a primordio, floración y madurez fisiológica después de la germinación**

Trat	Lineas	Primordio	Floración	Madurez
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	72	92	127
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	73	93	<b>128</b>
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	69	89	124
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	68	88	123
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	70	90	125
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	68	88	123
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	68	88	123
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	68	88	123
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	67	87	122
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	65	85	<b>120</b>
11	INTA MALACATOYA	<b>64</b>	<b>84</b>	<b>119</b>
12	INTA DORADO	73	93	128
13	FEDE ARROZ-50	<b>75</b>	<b>95</b>	<b>130</b>

Los granos alcanzan la maduración aproximadamente a los 35 días después de la floración. La planta está fisiológicamente madura cuando el 80% de los granos han madurado, pero también muestran un color amarillo pálido, la panícula se inclina a 180° y se apoya hacia delante en el nudo del cuello. Las ramas del raquis en la mitad de la panícula tiende a separarse y la de la punta cuelgan, debido al peso de los granos.

El momento óptimo de recolección es cuando la panícula alcanza su madurez fisiológica con una humedad de grano de campo del 20 a 27%. (Somarriba, 1998). El periodo de maduración del grano de los genotipos evaluados varió de 119 a 130 días a madurez después de emergencia.

Lo anterior correspondió también a la variedad 11 (INTA Malacatoya), que se caracterizaron por ser la más precoz (119 dde) y el tratamiento 13 (Fe de Arroz 50) como el más tardío con 130 días a cosecha después de la emergencia.



## 9.2- Reacción a enfermedades y al acame

### 9.2.1- Resistencia a Pyricularia

La Pyricularia o quema del arroz es causada por *Pyricularia*. Esta enfermedad se observa en todas las zonas donde se cultiva el arroz; pero se manifiesta con mayor intensidad en el arroz de secano que en el de riego. En regímenes de bajas temperaturas nocturnas (20 a 24°C) y de gran humedad, relativa (80%), la agudeza de la infección es grande en variedades susceptibles. Además con la mayor aplicación de fertilizantes en las variedades modernas, aumenta la amenaza de esta enfermedad.

Carbonel *et al.*, (2001) menciona que las temperaturas óptimas para que se desarrolle dicha enfermedad (germinación de las conidiosporas del hongo) son 28 °C y con una humedad relativa de 85-93%.

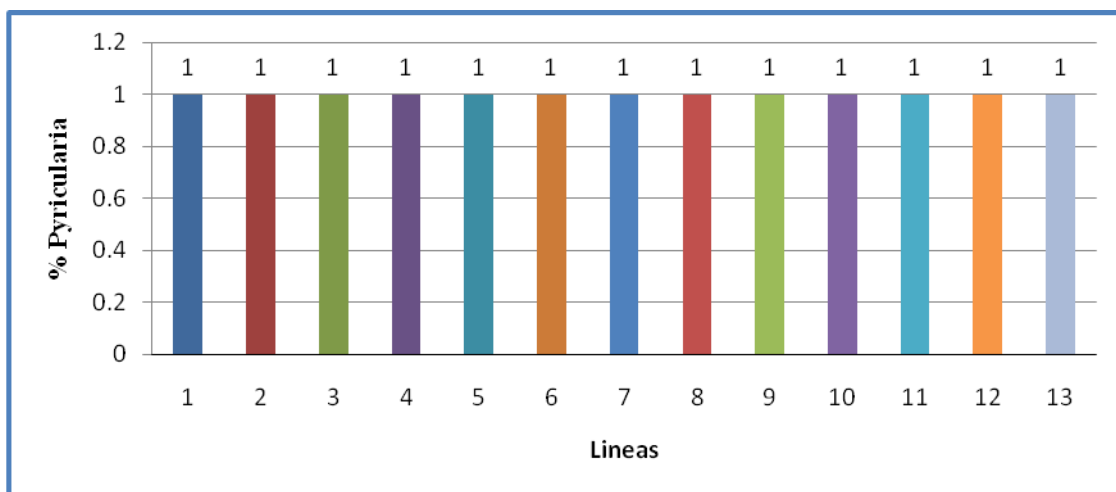


Gráfico 11- Resistencia a Pyricularia.

Según las observaciones de campo, todos los genotipos evaluados se clasifican en la escala 1 del CIAT al presentar menos del 1% de lesión visible de la enfermedad tanto al nivel de la hoja, cuello y nudo de la planta.

La ausencia de esta enfermedad se debe a que las condiciones climáticas que prevalecieron en el transcurso de la fase de campo del ensayo. La temperatura y humedad relativa promedio durante el periodo de campo fue de 25.4°C (con un mínimo

de 24.7 °C y un máximo de 26.1°C) y 71.8% de humedad relativa (con un mínimo de 61% y un máximo de 77%) (INETER, 2009).

**Tabla 27- Clasificación de Resistencia a Pyricularia según escala CIAT**

Trat.	Líneas	Categoría	Escala
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
11	INTA MALACATOYA	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
12	INTA DORADO	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1
13	FE DE ARROZ-50	Pocas ramificaciones secundarias afectadas	1

### 9.2.2- Porcentaje del manchado del grano

Según las observaciones de campo, el tratamiento 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M) fue el único genotipo clasificado en la escala 3 del CIAT (6-10% de incidencia), los restantes 12 tratamientos se clasifican en la escala 4 (11-20% de incidencia). La incidencia de esta enfermedad posiblemente este influenciada por las condiciones climáticas que prevalecieron en las etapas de prefloración, floración, etapas lechosa y pastosa del grano. La humedad relativa promedio durante el periodo de campo fue de 71.8%, con un mínimo de 61% y un máximo de 77%.

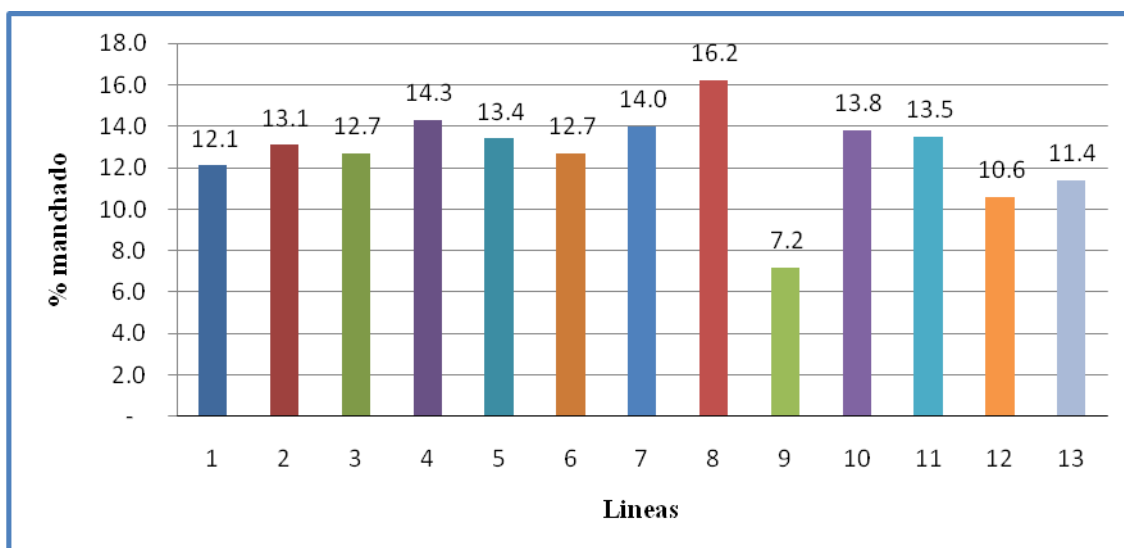


Gráfico 12- Porcentaje del manchado del grano.

Tiempos húmedos (> 80% de HR) en la floración desarrollan la enfermedad y a medida que la humedad se prolongue mayor será la intensidad de la enfermedad. Siembras en suelos ácidos y condiciones ambientales húmedas favorecen estos hongos como son: *Helminthosporium oryzae*, *Pyricularia*, *Curvularia spp.* Los suelos deficientes en potasio propician la existencia de esta enfermedad.

Al realizar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos no son normales según la prueba de Shapiro-Wilk, tampoco son homogéneos según la prueba de Levene. Por lo tanto se debe hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos no cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos.

**Tabla 28 - Prueba de Freedman para la subvariable manchado del grano.**

N	13
Chi-cuadrado	27.135
GL	4
Sig. asintót	.000

Según esta prueba se determina que existe diferencia estadística entre los tratamientos, por tal razón se agrupan en una sola categoría según Tukey. También se categorizaron según la escala del CIAT.

**Tabla 29 -Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA y escala del CIAT para la subvariable manchado del grano de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Manchado del grano (%)	Escala del CIAT
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	12.1 A	4
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	13.1 A	4
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	12.7 A	4
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	14.3 A	4
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	13.4 A	4
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	12.7 A	4
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	14 A	4
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	16.2 A	4
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	<b>7.2</b> A	<b>3</b>
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	13.8 A	4
11	INTA MALACATOYA	13.5 A	4
12	INTA DORADO	10.6 A	4
13	FEDE ARROZ-50	11.4 A	4
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.0341*	
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.0402*	
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>		0.4184NS	
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>		0.5677NS	
<b>Media</b>		3.86	
<b>DMS</b>		0.9502	
<b>C.V</b>		9.8256	

\* Significativo, NS No significativo y C.V: coeficiente de variación.  
D.M.S (Diferencia Minina Significativa)

### 9.2.3- Reacción al acame

Los 3 tratamientos con más rendimientos productivos: 6 (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4), 8 (CT 18148-6-9-3-3-2-M) y 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M), se encuentran en la categoría de plantas con tallos moderadamente débiles o intermedios, lo que las hace más resistente al acame.

Se encontró diferencia estadística en la variable plantas acamadas, por lo que se realiza la separación de medias. Cuando se analizó el acame de los tratamientos, mediante el sistema de evaluación estándar para arroz del CIAT, se determinó que el 7.7% (1 tratamiento) de los genotipos evaluados se clasifican en la categoría 3 del CIAT como plantas con tallos moderadamente fuertes (La mayoría de las plantas sin volcamiento entre 85 al 99%) y esta correspondió al tratamiento 9(CT 18148-10-3-6-4-6-M).

Por otra parte el restante 93.3% (12 tratamientos) presentó un comportamiento de tallos débiles o intermedios (50-84% de las plantas con volcamiento), clasificándose en la categoría 5 según escala CIAT. Fernández *et al*, (1985) afirma que la estatura baja y la dureza del tallo son cualidades esenciales en variedades de altos rendimientos, ya que minimizan el volcamiento y poseen una mayor relación grano/paja.

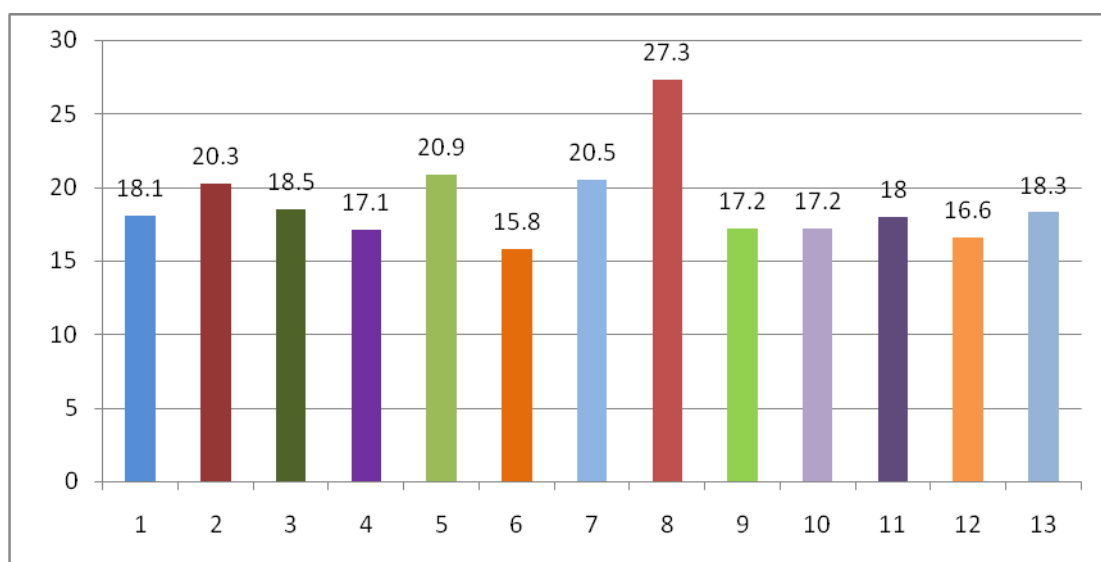


Grafico 13- Porcentaje de plantas acamadas.

Un factor muy importante a considerar en el volcamiento, es la velocidad del viento. Esta presentó velocidades promedio de 2.2 y 2.5 m/s (7.9 y 9.0 km/h) durante los meses correspondientes a la etapa de maduración del grano (octubre y noviembre).

Contín (1990), menciona que en el cultivo del arroz la resistencia al acame disminuye al aumentar la altura de las plantas, por lo tanto la fuerza de los tallos aumenta cuando los tallos son cortos y robustos, por lo tanto poseen resistencia a doblarse.

De acuerdo a lo anterior en la relación tallo acame es importante para determinar la resistencia al volcamiento, ya que a mayor altura y tallos débiles la planta presentará tendencia a doblarse.

Al realizar los análisis de varianza para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos no son normales según la prueba de Shapiro-Wilk, pero si homogéneos según la prueba de Levene.

Por lo tanto se debe hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos no cumplen con los supuestos de normalidad de los datos.

**Tabla 30 - Prueba de Freedman para la subvariable plantas acamadas.**

N	13
Chi-cuadrado	26.851
gl	4
Sig. asintót.	.000

Según esta prueba se determina que existe diferencia estadística entre los tratamientos, por tal razón se realiza la separación de medias y también se categorizaron según la escala del CIAT.

**Tabla 31- Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA para la subvariable plantas acamadas de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	% Plantas acamadas		
		%	TK	CIAT
	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	18.1	BC	5
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	20.3	AB	5
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	18.5	ABC	5
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	17.1	CD	5
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	<b>20.9</b>	<b>A</b>	<b>5</b>
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	<b>15.8</b>	<b>CD</b>	<b>3</b>
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	20.5	AB	5

8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	17.3	CD	5
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	<b>17.2</b>	<b>CD</b>	<b>3</b>
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	17.2	CD	3
11	INTA MALACATOYA	18.0	BC	5
12	INTA DORADO	16.6	CD	5
13	FE DE ARROZ-50	18.3	ABC	5
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.0060**		
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.2513NS		
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>		<.0001**		
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>		0.032*		
<b>Media</b>		1.77		
<b>DMS</b>		11.375		
<b>C.V</b>		65.748		

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .

\*\*Altamente significativo, \* Significativo, NS No significativo y C.V: coeficiente de variación. D.M.S (Diferencia Minina Significativa)

Al realizar la separación de medias en la variable porcentajes de plantas acamadas los tratamientos se agruparon en cinco categorías diferentes, la línea 5 alcanzó mayor porcentajes de plantas acamadas con 20.9 %, siendo estadísticamente superior a las líneas CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4 e INTA Dorado con 15.8 y 16.6 % de plantas acamadas.

### 9.3-Prueba de correlación

Las pruebas de correlación realizadas entre los componentes del rendimiento determinaron la existencia de tres tipos de asociaciones. Se encontraron coeficientes medios de correlación entre las variables Rendimiento-Fertilidad de la Panícula indicando un buen nivel de asociación lineal positiva entre estas asociaciones. Otra asociación, aunque con un nivel bajo fue Rendimiento-Macollas por Planta.

También se encontraron coeficientes de correlación próximos a 0 y cercanos a -1, indicando no asociación y una fuerte asociación lineal negativa respectivamente. Del análisis anterior, se puede afirmar categóricamente que las principales variables que

influyeron en el Rendimiento fueron en orden de importancia: Fertilidad de la Panícula seguido por Macollas por Planta.

**Tabla 32- Resultados de análisis de Correlación efectuados al componente del rendimiento.**

VARIABLES	ANALISIS DE CORRELACION					
	Rend.	Macollas	Gran./Pan.	Fert./Pan.	Long./Pan.	PMG
Rendimiento (kg/ha)	1.0000	<b>0.0346</b>	-0.08616	<b>0.128</b>	-0.11728	-0.0698
		0.8076	0.5436	0.3658	0.4076	0.6229
Macollas/Pta. (unds)	0.0346	1.0000	-0.0221	0.01367	0.15602	0.20253
	0.8076		0.8764	0.9233	0.2694	0.1499
Granos/Panic. (unds)	-0.08616	-0.0221	1.0000	-0.47483	0.36134	-0.01571
	0.5436	0.8764		0.0004	0.0085	0.912
Fertilidad. /Panic. (%)	0.128	0.01367	<b>-0.47483</b>	1.0000	-0.21154	0.19601
	0.3658	0.9233	0.0004		0.1322	0.1637
Longit./Panic. (cm)	-0.11728	0.15602	0.36134	-0.21154	1.0000	0.14408
	0.4076	0.2694	0.0085	0.1322		0.3082
Peso Mil Granos (gr)	-0.0698	0.20253	-0.01571	0.19601	0.14408	1.0000
	0.6229	0.1499	0.912	0.1637	0.3082	
Pearson Correlation Coefficients, N = 52						
Prob >  r  under H0: Rho=0						

#### 9.4- Valor comercial del grano

##### 9.4.1-Calidad industrial del arroz

Después del rendimiento, la calidad del grano es el factor más importante considerado por los fitomejoradores, si los consumidores aceptan el sabor, textura, aroma o aspecto de una variedad recién desarrollada su utilidad es favorecida considerablemente dado las buenas características de calidad del grano (De Datta, 1986).

Angladette (1969) asegura que el criterio de calidad es de vital importancia en el porcentaje de granos rotos y de su clasificación el cual puede ser: granos quebrados



grandes, medianos y menudos, todo esto influye directamente en el precio por lo que determina su calidad industrial y por consiguiente su comercialización y la aceptación del grano en el mercado.

Cuando se evaluó la calidad industrial, se tomó una muestra de 200 gramos donde se analizó la prueba de calidad molinera de todos los tratamientos. Los cultivares CT 18148-10-3-6-4-6-M (T9), CT 15679-17-1-2-2-1-M (T7), CT 18148-6-9-3-3-2-M(T8) y CT 18148-10-4-2-3-3-M(10), inducen las mejores relaciones entero quebrado (E/Q) con 93/07, 92/8, 91/09 y 90/10 comparado con el testigo INTA Dorado que obtuvo una calidad molinera de 86/14 superando la calidad 80/20 respectivamente. Sin embargo, el análisis también determinó que existen otras siete líneas cuyas relaciones E/Q superan la calidad 80/20. Solamente el tratamiento CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4 (T6) presentó un nivel de calidad inferior al 80/20, obteniendo una calidad de 73/27.

**Tabla 33- Análisis de calidad industrial del ensayo de líneas avanzadas de arroz biofortificadas y tolerantes al manchado del grano en la comunidad las Mangas. Época de invierno 2009.**

Trat	Líneas	Rendimiento de pilada					Índice de pilada
		PB gr	PN gr	AI %	AO %	AE %	Relación E/Q
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	200	100	140.02	125.60	104.8	84/16
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	200	100	144.40	125.40	103.80	85/15
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	200	100	144.00	129.40	107.8	83/17
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	200	100	142.20	130.00	113.4	87/13
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	200	100	146.00	125.90	107.50	87/13
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	200	100	147.60	131.40	95.7	73/27
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	200	100	148.50	131.20	119.90	<b>92/8</b>
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	200	100	149.50	134.50	121.8	<b>91/09</b>
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	200	100	150.80	137.10	127.4	<b>93/07</b>
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	200	100	154.90	136.90	121.50	<b>90/10</b>
11	*INTA MALACATOYA	200	100	143.30	123.40	100.50	82/17
12	*INTA DORADO	200	100	141.00	126.60	109.2	<b>86/14</b>
13	*FE DE ARROZ-50	200	100	143.20	123.20	101.00	84/16

P.B.=Peso Bruto; P.N.=Peso Neto; A.I.=Arroz Integral; A.O.=Arroz Oro; A.E.= Arroz Entero; Relac. E/Q=Relación Entero/Quebrado. Análisis realizado en el laboratorio de la Empresa Rosales Vallejos en el municipio de Sébaco.

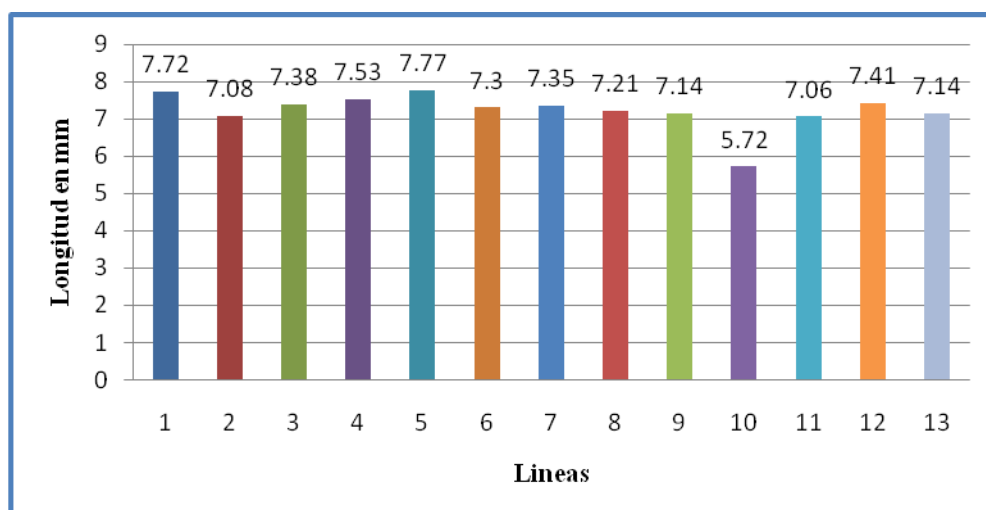
La calidad del arroz como la de los otros cereales que se preparan para la alimentación humana es una combinación de muchas características. Al productor le interesan las características que afectan el secado del arroz y su calidad para el mercado.

Al molinero le interesan las características de molienda del arroz. Al industrial le interesa la calidad del arroz para cocción y la alimentación. Todas estas características de la calidad del arroz dependen en parte de la variedad y de los procedimientos de recolección, secado e industrialización.

No se realiza ANDEVA por que los datos de analizan en un laboratorio en donde se realizan los cálculos para llegar a obtener la relación entero quebrado de cada una de las líneas y variedades de arroz en evaluación.

#### 9.4.2- Longitud del grano

Según la escala de CIAT se determinaron los tratamientos en la escala 1, 3 y 5. Por la longitud del grano, Los tratamientos 1 (FLO 3001-MP2-1P-3P-M), 4 (CT 15691-4-5-2-2-1-M) y 5 (CT 15679-17-1-4-5-2-M) están en la categoría de extralargo (7.5 mm a más). Otros 9 tratamientos se categorizan como de grano largo (6.61 a 7.5 mm), entre estos se encuentran los de mejor comportamiento productivo. Solamente el tratamiento 10 (CT 18148-10-4-2-3-3-M) se caracteriza como grano medio (5.51 a 6.60 mm). Por la forma del grano, 7 tratamientos se categorizan como de grano medio (2.1 a 3.0 mm) y el resto como ovalado (1.1 a 2.0 mm).



### Gráfico 14- Longitud promedio del grano

La evaluación de la calidad del grano involucra característica como la longitud y forma del grano (promedio de 10 granos), las normas para evaluar estas características varían entre países, una clasificación útil para granos de arroz pilado o descascarado es la sugerida por Jennings *et al* (1981), Citado por Cuadra, (2009).

Según el análisis de varianza se demuestra que se cumple con la prueba Shapiro Wilk para normalidad, no siendo así la prueba Levene para homogeneidad, por lo cual se realiza análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos no cumplen con los supuestos de homogeneidad.

En la subvariable longitud del grano se realizó separación de medias y los datos también se categorizaron según la escala del CIAT.

**Tabla 34 - Prueba de Freedman para la subvariable longitud del grano.**

N	13
Chi-cuadrado	27.550
gl	4
Sig. asintót.	.000

Según esta prueba se determina que existe diferencia estadística entre los tratamientos.

**Tabla 35 -Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA y escala del CIAT para la subvariable longitud del grano de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn**

Trat	Líneas	Longitud del grano(mm)		
		Tukey		Escala del CIAT
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	7.72	A	1
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	7.08	A	3
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	7.38	A	3
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	7.53	A	1
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	<b>7.77</b>	<b>A</b>	<b>1</b>
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	7.3	A	3
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	7.35	A	3
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	7.21	A	3
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	7.14	A	3

10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	<b>5.72</b>	<b>A</b>	<b>5</b>
11	INTA MALACATOYA	7.06	A	3
12	INTA DORADO	<b>7.41</b>	<b>A</b>	<b>3</b>
13	FEDE ARROZ-50	7.14	A	3
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>				0.8791NS
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>				0.0001**
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>				0.2228 NS
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>				0.372 NS
<b>Media</b>				73.326
<b>DMS</b>				0.5522
<b>C.V</b>				3.0063

\*\*Altamente significativo, NS No significativo y C.V: coeficiente de variación.  
D.M.S (Diferencia Mínima Significativa), NS No Significativo.

### 9.4.3- Ancho del grano

En el ancho del grano existen 7 tratamientos que se caracterizan por su forma como granos medios (2.1 a 3.0 mm), con medida de 2.10 mm y clasificados en la escala 3 del CIAT. Los 6 restantes tratamientos se categorizan por su forma como granos ovalados (1.1 a 2.0 mm), con medidas de 1.90 a 2.00 mm y clasificados en la escala 5 del CIAT.

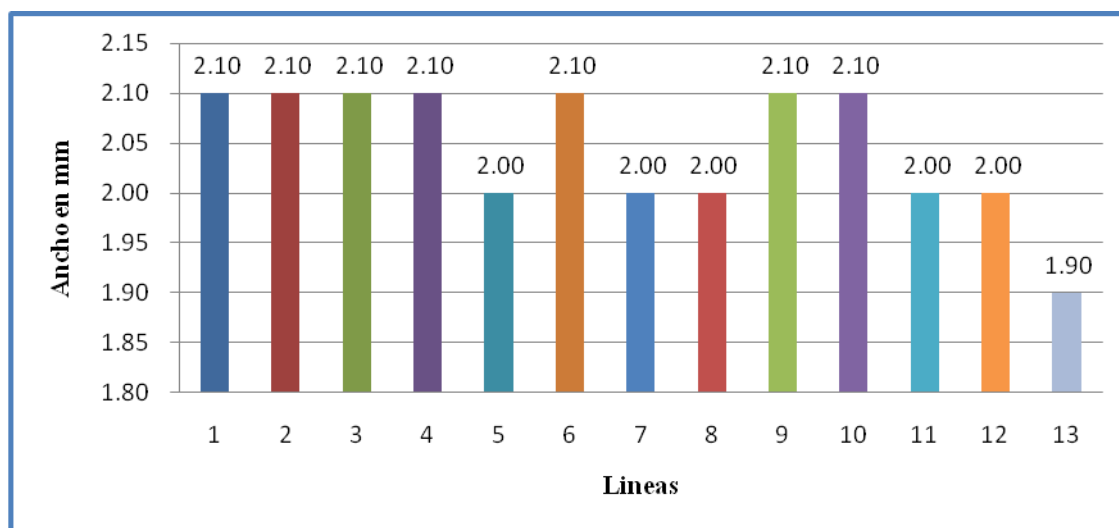


Gráfico 15- Ancho promedio del grano

Al realizar los análisis de varianza para probar las hipótesis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, se comprobó que los datos no son normales según la prueba de Shapiro-Wilk, pero si son homogéneos según la prueba de Levene. Por lo tanto se debe de hacer un análisis utilizando la prueba de Freedman debido a que los tratamientos no cumplen con los supuestos de normalidad.

**Tabla 36-Prueba de Freedman para la subvariable ancho del grano.**

N	13
Chi-cuadrado	30.992
GL	4
Sig. asintót	.000

Según esta prueba se determina que existe diferencia estadística entre los tratamientos, por tal razón se realiza la separación de medias.

**Tabla 37 - Prueba de Normalidad, Homogeneidad, ANDEVA y escala del CIAT para la subvariable ancho del grano de 13 líneas de arroz biofortificado con Fe y Zn.**

Trat	Líneas	Ancho del grano (mm)	
		Tukey	Escala del CIAT
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	2.1 A	3
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	2.1 A	3
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	2.1 A	3
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	2.1 A	3
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	2 AB	5
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	2.1 A	3
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	2 AB	5
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	2 AB	5
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	2.1 A	3
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	2.1 A	3
11	INTA MALACATOYA	2 AB	5
12	INTA DORADO	2 AB	5
13	FEDE ARROZ-50	1.9 B	5
<b>Shapiro-Wilk Tests para Normalidad</b>		0.0013**	
<b>Levene's Test para Homogeneidad</b>		0.1552NS	
<b>Efecto de tratamiento: Pr &gt; F</b>		0.032*	
<b>Efecto de Bloque: Pr &gt; F</b>		0.0262*	
<b>Media</b>		2.045	
<b>DMS</b>		0.1662	
<b>C.V</b>		3.24	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $\alpha=0.05$ .  
 \*\* Altamente significativo, \* Significativo, NS No significativo y C.V coeficiente de variación. D.M.S (Diferencia Mínima Significativa)

Según la escala del CIAT los tratamientos se agrupan en las categorías 5 y 3 con medidas de 2.0 y 2.1 mm. Al realizar el análisis de separación de medias se notó que existe diferencia significativa entre 7 tratamientos que tienen medidas de 2.1 mm: FLO (3001-MP2-1P-3P-M), (FLO 3724-3P-5-1P-3P-M), (CT15696-3-4-2-3-3-M),(CT 15691-4-5-2-2-1-M), (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4), (CT 18148-10-3-6-4-6-M), (CT 18148-10-4-2-3-3-M), el resto de los tratamientos presentaron medidas inferiores, siendo el testigo Fede arroz-50 con la menor medida que fue de 1.9 mm.

Según la prueba de Tukey se encontraron 3 categorías, 7 tratamientos se agrupan en la categoría A, 5 tratamientos se agrupan en la categoría AB y solamente la variedad testigo Fede arroz resulto en la categoría B, lo que significa que son estadísticamente diferentes.

### **9.5-Análisis Económico**

Para efecto del análisis económico se interpretaron los ingresos brutos por hectárea, consistiendo en el resultado del rendimiento de las líneas, multiplicado por el valor del kilogramo de granza paddy. La venta al momento de la cosecha se paga de acuerdo a la calidad industrial establecida por AGRICORP. El cálculo del valor de la granza, se realizó en base a un precio de C\$430.00 por 45.45 kilogramos de granza paddy (qq), con un 13% de humedad, 45% de arroz entero, 67% de arroz oro y una relación entero quebrado 70/30.

Los mayores ingresos brutos son alcanzados por los tratamientos CT 15679-17-1-2-2-1-M (T7), CT 18148-6-9-3-3-2-M (T8) y CT 18148-10-3-6-4-6-M (T9) con ingresos superiores a los C\$ 96177.71/Ha. Estos resultados estuvieron influenciados además del buen valor de la granza (C\$/kg 10.70 a 10.89), por el alto rendimiento alcanzado por algunas de estas líneas como las líneas 8 y 9. De la líneas testigos la que mejor ingreso bruto obtuvo fue el INTA Dorado C\$ 81853.25/Ha. Lo anterior resulta del efecto de inducir un buen valor comercial de la granza combinado con un alto nivel productivo. Valor.

**Tabla 38- Análisis económico del ensayo de líneas avanzadas de arroz biofortificadas y tolerantes al manchado del grano en la comunidad Las Mangas. Época de invierno 2009.**

Trat	Líneas	Rend	Valor granza (C\$)		Ingresos Brutos (C\$/Ha)
		(Kg/ha)	(45.45 Kg)	(Kg)	
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	8809	447.80	9.85	86791.42
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	8159	445.50	9.80	79974.36
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	8172	459.5	10.11	82619.01
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	8155	471.6	10.38	84618.22
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	8331	453.65	9.98	83154.19
<b>6</b>	<b>CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4</b>	<b>9927</b>	438.30	9.64	95731.66
<b>7</b>	<b>CT 15679-17-1-2-2-1-M</b>	8987	<b>486.40</b>	<b>10.70</b>	<b>96177.71</b>
<b>8</b>	<b>CT 18148-6-9-3-3-2-M</b>	<b>9877</b>	<b>495.15</b>	<b>10.89</b>	<b>107603.88</b>
<b>9</b>	<b>CT 18148-10-3-6-4-6-M</b>	<b>9362</b>	<b>491.35</b>	<b>10.81</b>	<b>101210.53</b>
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	8574	498.15	10.96	93974.44
<b>11</b>	<b>*INTA MALACATOYA</b>	<b>8299</b>	435.90	9.59	79593.71
<b>12</b>	<b>*INTA DORADO</b>	8121	<b>458.10</b>	<b>10.08</b>	<b>81853.25</b>
13	*FE DE ARROZ-50	7489	436.60	9.61	71940.54

## X. CONCLUSIONES

Se rechaza la hipótesis nula en las subvariables peso de campo, altura de la planta y fertilidad de la panícula y se acepta para macollas por plantas, longitud de la panícula, granos por panículas, peso de mil granos y días a primordio, floración, madurez fisiológicas.

Según las observaciones realizadas en el experimento todas las líneas evaluadas se clasifican en la escala 1 del CIAT al presentar menos del 1% de lesión visible de Pyricularia tanto al nivel de la hoja, cuello y nudo de la planta.

Se rechaza la hipótesis nula en la variable acame de la planta. La línea 4 y 6 presentaron los porcentajes más bajos con un 17.1 % y 15.8 %. El INTA Dorado obtuvo el porcentaje más bajo de acame con un 16.6.

Se acepta la hipótesis nula en la variable manchado del grano. La línea 9 fue la única con mayor resistencia con 7.2 % y ubicado en la escala tres del CIAT. El INTA Dorado obtuvo una resistencia de 10.6 % ubicándose en la escala cuatro del CIAT.

Con respecto al valor comercial del grano las línea 9 obtuvo la mejor relación entero quebrado con 93/07 seguida de la línea 7 obteniendo una relación E/Q de 92/8. De los testigos el que mejor índice de pilada obtuvo fue el INTA Dorado con 86/14.

En la longitud del grano se acepta la hipótesis nula y se rechaza para el ancho del grano siendo las líneas 1 y 5 con mejores longitudes.



Con respecto al análisis económico los mayores ingresos brutos son alcanzados por las líneas 7, 8 y 9 con ingresos superiores a los C\$ 96177.71/Ha. El testigo que mayor ingreso bruto obtuvo fue el INTA Dorado con C\$ 81853.25/Ha.

## **XI-RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados se recomiendan las líneas, 6, 8 y 9 (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4), (CT 18148-6-9-3-3-2-M) y (CT 18148-10-3-6-4-6-M) por que obtuvieron los mejores rendimientos y resistencia a la Pyricularia, Además son de grano tipo largo y de forma media.

Con respecto al manchado del grano se recomienda la línea 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M), ya que fue la única línea con menor incidencia con esta enfermedad.

De las líneas biofortificadas la más precoz fue la línea 10 (CT 18148-10-4-2-3-3-M) con 120 días después de la emergencia, por tanto se recomienda para futuras validaciones.

En cuanto a la variable resistencia al acame se recomiendan las líneas 6 (CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4), 8 (CT 18148-6-9-3-3-2-M) y 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M), dado que se encuentran en la categoría de plantas con tallos moderadamente débiles o intermedios.

Con respecto a la calidad industrial se recomienda la línea 9 (CT 18148-10-3-6-4-6-M) ya que obtuvo la mejor relación entero quebrado con 93/07 seguida de la línea 7 (CT 15679-17-1-2-2-1-M) obteniendo una relación E/Q de 92/8.

Los mayores ingresos brutos los obtuvieron las líneas CT 15679-17-1-2-2-1-M (T7), CT 18148-6-9-3-3-2-M(T8) y CT18148-10-3-6-4-6-M(T9), por lo tanto se recomiendan por alcanzar ingresos superiores a los C\$ 96177.71/Ha

Realizar otros estudios similares en otras zonas productivas de arroz de Nicaragua en las épocas de invierno y verano.

Realizar las respectivas validaciones de las mejores líneas en los respectivos sistemas de producción del Centro Norte de Nicaragua.

## XII. BIBLIOGRAFIA

- Agrosalud, 2009. Conozca a Agrosalud.. [En línea]  
<[http://www.agrosalud.org/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=3&Itemid=36](http://www.agrosalud.org/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=3&Itemid=36)> Consultado el 31 de Enero.
- Alimentación Sana, 2009. El Arroz Importante alimento. [En línea]  
< <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/arroz.htm>>  
Consultado el 26 de enero del 2010.
- Angladette, A 1969. El Arroz. Técnicas Agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blume. Barcelona, España. 846 p.
- Angladette, A 1975. El Arroz. Técnicas Agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blume. Barcelona, España. 864 p.
- Asembio, 2007. Arroz biofortificado: el turno del ácido fólico. Asociación de empresas de biotecnología AG. . [En línea] <<http://www.asembio.cl/noticias-31-10-2007.html>>  
Consultado el 17 de enero del 2010.
- Bird W.F. y Soto S. 1991. El cultivo del arroz en Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Investigación y Granos Básicos. 45 p.
- Cadenagramonte, 2010. Camaguey presentará al mundo novedosa variedad de arroz biofortificado. [En línea]  
<[http://www.cadenagramonte.icrt.cu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=659:camaguey-presentara-al-mundo-novedosa-variedad-de-arroz-biofortificado&catid=1:camaguey&Itemid=2](http://www.cadenagramonte.icrt.cu/index.php?option=com_content&view=article&id=659:camaguey-presentara-al-mundo-novedosa-variedad-de-arroz-biofortificado&catid=1:camaguey&Itemid=2)> Cuba. Actualizada el 18/02/2010 16:50:07. Consultado el 21/01/2010.
- Carbonel R. Yanis A. *et al.* 2001. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Publicación del fondo latinoamericano para el arroz de riego (FLAR). 76 p.
- Cardoza y González, E. 2004. Evaluación y pruebas de rendimientos de catorce líneas promisorias y dos variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L) bajo condiciones de riego en el Valle de Sébaco, Matagalpa. Primera 2003. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua 35 p.
- Caicedo, Y. 2008. Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecificas de arroz (*Oriza sativa*/*Oriza latifolio*) comparadas con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento número ocho de Sacarías Municipio de

Buenaventura, Colombia. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Universidad del Pacífico.[En línea]<[http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Tesis\\_Lineas\\_Salahondita\\_Univ%20Pacifico%20\\_4\\_11\\_08.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Tesis_Lineas_Salahondita_Univ%20Pacifico%20_4_11_08.pdf)> Consultado el 20 enero 2010.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT), 1983 Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz. Manual Arroceros, Traductor y Adaptador. Cali, Colombia. 230 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT), 1986. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Ecosistema con Relación al mejoramiento del Arroz. 37 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2004. Patentan variedad de achachairú.

[En línea]<[http://ciatbo.org/informacion/pdf/noticiat\\_15.pdf](http://ciatbo.org/informacion/pdf/noticiat_15.pdf) > Consultado el 21/01/2010 20 P.

Contín, A. 1990. Cultivo del arroz. Manual de producción. Editorial LIMUSA, cuarta edición. México D, F., México.

Cuadra S. 2009. Pruebas de comparación de resultados de líneas avanzadas de arroz biofortificado y tolerante al manchado del grano centro norte de Nicaragua P 22.

Eroski, 2001. Alimentación. El arroz [En línea]  
<<http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/cereales-y-derivados/2001/07/05/34967.php>. > Actualización 16 de enero del 2009, Consultado el 01/02/2010.

De Datta, S.K. 1986. Producción de Arroz. Fundamentos Prácticos. Editorial Limusa. Primera Edición. D.F. México. 690 p.

Duarte N, 2008. Evaluación agronómica de 10 genotipos de arroz (*Oriza Sativa*) biofortificados con alto contenido de hierro y zinc comparado con el INTA Dorado en condiciones de San Miguelito, época de Primera. Protocolo de Investigación Juigalpa, Chontales. INTA.

Escobar, J. Comercialización agrícola en el Perú. Grade –AID. [En Línea] <<http://www.monografias.com/trabajos58/produccion-arroz/produccion-arroz2.shtml>> Consultado el 30 de enero de 2010.

El Nuevo Diario, dominicana. 2007. La biofortificación de productos agrícolas: alternativa nutricional en América Latina. [En línea] <<http://www.elnuevodiario.com.do/app/article.aspx?id=74607>> Consultado el 16/01/2010.

Fernández, F; Vergara, B.S; Yapit, N. y García, O. 1985. Crecimiento etapas de desarrollo de la planta de arroz. Arroz: Investigación y Producción. Referencias de los cursos de capacitación sobre arroz dictados por el CIAT, Cali, Colombia. p.80 – 100.

Huete N y Pérez E. 2009. Evaluación de 10 Líneas Avanzadas de Arroz (*Oriza Sativa*) Biofortificadas y Tolerantes al Manchado del Grano con dos variedades comerciales como testigo en la comunidad de Las Mangas, municipio de San Isidro – Matagalpa, en época de verano 2009. Informe final de trabajo monográfico para optar al título de ingeniero agrónomo. UNAN CUR Matagalpa, 47 p.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, (INTA ), 2000. Generalidades sobre INTA Malacatoya, variedad mejorada de arroz (*oryza sativa l.*) De excelente vigor y precocidad. [En línea] <[http://funica.org.ni/docs//gran\\_basic\\_17.pdf](http://funica.org.ni/docs//gran_basic_17.pdf)> Consultado el 02/02/2010.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2009). Condiciones climatológicas en las que se desarrollo el cultivo del arroz.

Jennings, Coffman y Kaufman. 1981. Mejoramiento de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Calí, Colombia.

Jennings P. R. 1985. Mejoramiento de arroz. 237 p

Jennings P y Berríos L, 2002. Una estrategia de mejoramiento para incrementar el potencial de rendimiento en arroz. 4 P. Cali Colombia.

Johnson I y Swissinfo ch, 2009. Científicos desarrollan arroz enriquecido con hierro. [En línea] <[http://www.swissinfo.ch/spa/Portada/Actualidad/Cientificos\\_desarrollan\\_arroz\\_enriquecido\\_con\\_hierro.html?cid=907370](http://www.swissinfo.ch/spa/Portada/Actualidad/Cientificos_desarrollan_arroz_enriquecido_con_hierro.html?cid=907370) > Última actualización 15 de marzo del 2010 Consultado el 25/01/2010.

La Prensa, Nic. 2003. A conocer tu semilla para sembrar futuro. [En línea] <<http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2003/julio/17/supcomerciales/articulos/articulos-20030707-06.html>> Consultado el 02/02/2010.

López B, L. 1991. Cultivos Herbáceos Cereales. Primera Edición. Barcelona, España.

MAG - FOR. 2005. Agricultura y Desarrollo. Pro rural en ciclo agrícola 2005/2006. Dirección General de Políticas Agropecuarias y Forestales. Nicaragua. N° (67). 16 p.

Martínez C, Borrero J. y Tomhe J. 2006. Variedades de arroz con mayor valor nutricional para combatir la desnutrición en América latina. I curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. [En línea] <<http://agr.unne.edu.ar/fao/Cuba-ppt/2VARIIDADES%20DE%20ARROZ.pdf> > 11 p.

Martínez C, Borrero J. y Tomhe J. 2007. Desarrollo de germoplasma con mayor valor nutricional para combatir la desnutrición en América Latina. Mesa de arroz y sorgo. Resúmenes, 4 págs. LIII Congreso PCCMCA, Antigua-Guatemala.

Mendoza F. 2008. Mejorarán semillas y cultivos de arroz. [En línea] <<http://impreso.elnuevodiario.com.ni/2008/07/11/departamentales/80502>> Consultado el 21/01/2010.

Moncada M. 2004. El Año del Arroz. [En línea] <<http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2004/enero/07/economia/economia-20040107-02.html>> Consultado el 22 de enero 2010.

Nutrinet, 2009. Bolivia lanza al mercado nacional dos nuevas variedades de arroz biofortificado <<http://nutrinet.org/servicios/noticias/48/998-bolivia-lanza-al-mercado-nacional-dos-nuevas-variedades-de-arroz-biofortificado>> Consultado el 21 de Enero del 2010.

Pachón H. 2007. Conferencia magistral sobre biodisponibilidad de micros nutrientes en el fríjol. LIII Congreso PCCMCA, Antigua-Guatemala.

Pérez J. W. Acevedo.A. Quintanilla.1985. Relación entre rendimientos y caracteres morfológicos en Arroz Nicaragua. Ciencia y técnica en agricultura. La Habana Cuba. 230 p.

Ramírez, O y Palacios V. 2007. Evaluación de 12 líneas avanzadas de Arroz Biofortificado con Fe y Zn y dos Variedades comerciales, Comunidad Las Mangas, Municipio San Isidro-Matagalpa, época de invierno 2007.Tesis para optar al título de Ing. Agr.UNAN CUR-MAT, 61 p.

Recetas saludables, 2006. ¿Cuál es el valor nutrido del arroz? [En línea] <<http://www.recetas-saludables.com/articuloarroz.html>. > Consultado el 26 de enero de 2010.

Rivas C, 2008. El Arroz en Nicaragua. [línea] <<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/arroz-nicaragua/arroz-nicaragua.pdf>> P 52.

Rivas, R. 2009. Presidente de la cooperativa Augusto Cesar Sandino (Entrevista personal). Realizada por Jairo Córdoba y Alejandro Castro.

Saludalia, 2009. Vivir sano, nutrición y minerales. [En línea] <[http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parserurl.jsp?url=web\\_saludalia/vivir\\_sano/doc/nutricion/doc/doc\\_minerales.xml](http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parserurl.jsp?url=web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/doc_minerales.xml)> Actualizada en Febrero del 2010. Consultado el 29/01/2010.

Solociencia, 2009. El arroz biofortificado, rico en hierro, mejora la nutrición en las mujeres. [En línea] <<http://www.solociencia.com/medicina/06010515.htm>> Actualizada el 22/01/09 - 00:57. Consultada el 10 de Enero del 2010.

Somarriba. R. C. 1998. Texto de granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Escuela de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua. 197 p.

Tinarellí, A. 1989. El arroz. Capítulo 12, Segunda edición. EDAGRICOLE, Bologna, Italia. P 295 – 298.

Trouche G y Narváez L. et. al. 2006. Fitomejoramiento participativo del arroz de secano en Nicaragua: metodologías, resultados y lecciones aprendidas, en línea Informe anual 2003-2004. Encuestas Agropecuarias de la Dirección de Estadísticas del Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua (MAGFOR), <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/437/43717303.pdf>> 18 p. Consultado el 27 de enero.

Viamontes, M. 2010. El arroz: un cereal imprescindible. [En línea] <<http://www.sld.cu/saludvida/temas.php?idv=4366>> Actualizada el 18 de Febrero del 2010. Consultada el 10 Enero del 2010.

Zavala, I.M y Ojeda, L.R 1998. Fitotecnia especial tomo 1. Editorial Pueblo y Educación. Habana, Cuba. 237 p.

Zeledón, R.P. 1983. Estudios de observación de 112 líneas de Arroz (*Oriza sativa*.l) tesis Ing.Agr: UNA. Managua, Nicaragua, 34 p.

# ANEXOS

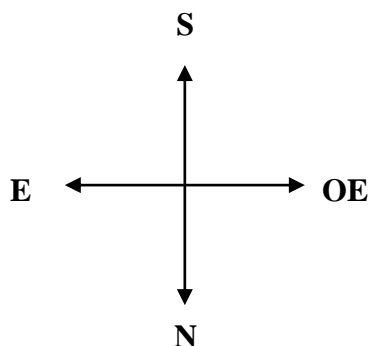


**Anexo 1.** Datos climáticos durante el periodo de la ejecución del ensayo de líneas avanzadas de arroz biofortificado. San Isidro, invierno/2009.

<b>Datos Climáticos</b>	<b>Mes/2009</b>					
	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
Nubosidad media (octas)	4	3	3	3	3	3
Insolación total (Hrs./luz)	174	226	222	214	195	242
Temperatura media (°C)	25.4	26.1	26.1	25.6	24.7	24.6
H° Relativa media (%)	71	61	74	76	77	72
Dirección del viento medio	S/E	S/E	S/E	S/E	S/E	S/E
Velocidad/viento media (m/s)	2.2	2.7	2.4	2.2	2.5	3.0
Precipitación total (mm)	59.0	32.0	40.8	61.2	70.7	22.6

Datos proporcionados en la estación meteorológica de INETER, ubicada en el CEVAS. San Isidro, Matagalpa.

Anexo 2- Plano de Campo



413 5	412 1	411 11	410 3	409 4	408 6	407 2	406 13	405 7	404 10	403 9	402 12	401 8
<b>Bloque IV</b>												
301 6	302 5	303 1	304 8	305 10	306 13	307 12	308 11	309 9	310 3	311 7	312 4	313 2
<b>Bloque III</b>												
213 13	212 3	211 10	210 7	209 4	208 5	207 2	206 9	205 11	204 1	203 12	202 6	201 8
<b>Bloque II</b>												
101 1	102 2	103 3	104 4	105 5	106 6	107 7	108 8	109 9	110 10	111 11	112 12	113 13
<b>Bloque I</b>												

- Fila Superior = Parcela.
- Fila Inferior = Tratamiento

**Anexo 3-Distribución de tratamientos en el campo.**

<b>Trat.</b>	<b>Líneas</b>	<b>B I</b>	<b>B II</b>	<b>B III</b>	<b>B IV</b>
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M	101	204	303	412
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M	102	207	313	407
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M	103	212	310	410
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M	104	209	312	409
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M	105	208	302	413
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M-4	106	202	301	408
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M	107	210	311	405
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M	108	201	304	401
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M	109	206	309	403
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M	110	211	305	404
11	*INTA MALACATOYA	111	205	308	411
12	*INTA DORADO	112	203	307	402
13	*FE DE ARROZ-50	113	213	306	406

## Anexo 4- LIBRO DE CAMPO

### I. Datos Generales:

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_  
Localidad : \_\_\_\_\_ Nombre de la finca: \_\_\_\_\_  
Nombre del productor: \_\_\_\_\_  
Fecha de siembra: \_\_\_\_\_ Fecha de cosecha: \_\_\_\_\_  
Ciclo de siembra/año: \_\_\_\_\_

### II. Características Edafoclimáticas

- a) Altitud: \_\_\_\_\_ (m.s.n.m) b) Pp anual (mm): \_\_\_\_\_ c) T° media anual (°C): \_\_\_\_\_  
d) Coordenadas: Latitud \_\_\_\_\_, Longitud \_\_\_\_\_ e)  
Pendiente/terreno: \_\_\_\_ (%) d) Drenaje: Excesivo ( ) Moderado: ( ) Imperfecto: ( )  
f) Humedad durante la germinación: Abundante ( ) Optima ( ) Seco ( )  
g) Humedad al macollamiento: Abundante ( ) Optima ( ) Seco ( )  
h) Humedad al inicio de primordio: Abundante ( ) Optima ( ) Seco ( )  
i) Humedad en estado de floración: Abundante ( ) Optima ( ) Seco ( )  
j) Humedad en la cosecha: Abundante ( ) Optima ( ) Seco ( )

## **Anexo 5- Manejo Agronómico**

A) Variedades testigos: INTA Dorado, INTA Malacatoya y FE De Arroz-50

B) Preparación del suelo: Mecanizado, la preparación del suelo consistirá en una chapoda, un pase con rotadisco, dos pases de grada y nivelación o banqueo. El surqueo del terreno y la siembra se realizará en seco.

**Anexo 6-** Presupuesto costo de producción

<b>Concepto</b>	<b>U/M</b>	<b>Costo Unit. (C\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo/1 AET (C\$)</b>
<b>Insumos</b>				
Germoplasma	kg			
Fertilizante 12-30-10	qq	1100	1	1100
Fertilizante Urea 46%	qq	800	1	800
Fertilizante MOP	qq	900	1	900
Herbicida Glifosato	L	150	1	150
Herbicida Sirius	L	250	1	250
Herbicida Comand	L	1000	1	900
Insecticida Cypermetrina	L	150	1	150
Insecticida Muralla	L	100	1	100
Ph master + Adherente	L	155	1	155
<b>Sub Total</b>				<b>3105</b>
<b>Logística</b>				
Materiales de Oficina y Campo, y Análisis				1445
Combustible				1750
Viáticos				700
<b>Sub Total</b>				<b>3895</b>
<b>Total</b>				<b>7000</b>

**Anexo 7.** Análisis de calidad industrial del experimento de arroz realizado en época de invierno 2009.

Trat.	Genotipo	Rendimiento de pilada					Índice de pilada Relación E/Q
		P.B. (gr)	P.N. (%)	A.I. (%)	A.O. (%)	A.E. (%)	
1	FLO 3001-MP2-1P-3P-M						
2	FLO 3724-3P-5-1P-3P-M						
3	CT 15696-3-4-2-3-3-M						
4	CT 15691-4-5-2-2-1-M						
5	CT 15679-17-1-4-5-2-M						
6	CT 15716-6-1-2-3-2SR-M- 4						
7	CT 15679-17-1-2-2-1-M						
8	CT 18148-6-9-3-3-2-M						
9	CT 18148-10-3-6-4-6-M						
10	CT 18148-10-4-2-3-3-M						
11	*INTA MALACATOYA						
12	*INTA DORADO						
13	*FE DE ARROZ-50						

**P.B.=Peso bruto; P.N.=Peso neto; A.I.=Arroz integral; A.O.=Arroz oro; A.E.=Arroz entero; Relac. E/Q=Relación entero/quebrado**















**Anexo 10- Ubicación de parcelas experimentales en la Cooperativa Augusto César Sandino, comunidad las Mangas.**



**Anexo 11- Toma de datos**



**Anexo 12-Madurez fisiológica del experimento.**



**Anexo 13- Cosecha del cultivo de arroz**

