



UNIVERSIDAD "JOSÉ MARTÍ PÉREZ"
SANCTI SPÍRITUS
DEPARTAMENTO AGROPECUARIO

Trabajo de Diploma



**TÍTULO: CARACTERIZACIÓN AGROINDUSTRIAL DE
LÍNEAS DE ARROZ CON PERICARPIO ROJO**

AUTOR: Luis Manuel Martínez Sosa.

Orientador Científico: M.Sc Jorge García de la Osa

CURSO: 2009-2010

"Año 52 de la Revolución."

RESUMEN

El trabajo fue realizado en condiciones de campo de la Estación Territorial de Investigaciones del Arroz "Sur del Jíbaro" durante los años 2004 al 2010. Consistió inicialmente en una prospección efectuada a campos de producción y semilla del CAI "Sur del Jíbaro" y áreas de cultivo del sector cooperativo y campesino de la provincia de Sancti- Spíritus para coleccionar la diversidad de arroz rojo presente y posteriormente seleccionar líneas que presenten características agroindustriales favorables. Se manifestó una amplia variabilidad genética en el arroz rojo, pero solo el 15 % presentó características agronómicas favorables. Se determinó que las líneas de arroz con pericarpio rojo seleccionadas manifestaron un elevado potencial productivo alcanzando rendimientos agrícolas superiores a la variedad J- 104 y un 58 % de estos valores por encima de la IACuba- 31. Las líneas seleccionadas mostraron un elevado rendimiento industrial con valores de granos enteros integrales que oscilaron de 73.09 a 83.33% en la campaña de frío y 77.38 a 81.87% en primavera así como porcentajes de granos enteros pulidos superior al 52% en ambas campañas. Las líneas de arroz con pericarpio rojo presentaron una pobre tolerancia a *P. grisea* y *T. orizicolus* solo la línea 17b fue resistente al hongo y las líneas 26, 17a y 12 manifestaron un comportamiento intermedio, mientras, que la línea 26 fue la única resistente a Sogata y las líneas 12, 18 y 23b presentaron una reacción intermedia. Fueron las líneas 26, 18, 23b y 12 las de mejor comportamiento integral.

ABSTRAC

This work was made under field conditions in the Rice Research Territorial Station "Sur del Jibaro" during the years 2004 to 2010. It first consisted in an exploration carried out over the seed and productions fields of the "Sur del Jibaro" CAI and crop areas of the cooperative and farmer branch of the province of Sancti-Spiritus in order to collect the variety of red rice present, and after, to select the lines that show favorable agroindustrial characteristics. It was manifested a wide genetic variation in the red rice, but just the 15% presented favorable agricultural characteristics. It was found that the chosen rice lines with red pericarp showed high productive potential which reached higher agricultural efficiency than the J-104 variety and a 58% of this values superior to the IACuba-31. The chosen lines showed a high industrial efficiency with integral whole grain values which oscillated from 73,09 to 83,33% in the cold season and from 77,38 to 81.87% in spring, as well as polish whole grain percentages higher to 52% in both campaigns. The rice lines with red pericarp showed a poor tolerance to *P. Grisea* y *T. Orizicolus*. Just the 17b line was resistant to the fungus and the 26,17a y 12 lines manifested an intermediate behaviour, while the 26 line was the unique resistant to Sogata and the 12, 18 y 23b showed an intermediate reaction. The 26, 18, 23b and 12 were the lines of better integral behaviour.

INDICE

	Páginas
1- INTRODUCCIÓN	5-7
2- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8-18
2.1. Origen, Clasificación y distribución del arroz rojo	8-14
2.2. Comportamiento agrícola	14-15
2.3. Comportamiento industrial	15-16
2.4. Variedades con destino a la alimentación	16-17
2.5. Utilización de forma macrobiótica	17-18
3- MATERIALES Y METODOS	19-22
3.1. Prospección	19
3.2. Estudios observacionales de rendimientos	19-21
3.3. Estudios regionales de rendimientos	21-22
4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23-46
4.1. Prospección	23
4.2. Estudios observacionales de rendimientos	23-33
4.3. Estudios regionales de rendimientos	34-46
5- CONCLUSIONES	47
6- RECOMENDACIONES	48
7- BIBLIOGRAFÍA	49-54

1. INTRODUCCIÓN

El arroz constituye el alimento básico para casi la mitad de la población del mundo. Extensas regiones de Asia, África y América dependen de este cereal para sobrevivir. Los tres cereales más importantes en el mundo son el arroz, el trigo y el maíz. El arroz suministra el 20 % del total de energía en forma de alimento que consume la población mundial, por el 19 % del trigo y el 5 % del maíz. En algunos países, como Bangla Desh, representa el 70 % del total, en Filipinas el 50 % y en China el 40 % (FAO, 2004).

En Cuba, el arroz está siempre presente en la mesa donde representa una parte importante de todo el alimento que consume a diario, con una per cápita anual de 79.78 Kg., (FAO, 2008) pero este consumo es casi exclusivamente de arroz blanco.

El arroz puede ser consumido en otras formas que no sea el arroz blanco, todas ellas rico en hidratos de carbono, siendo el arroz integral la más importante de ellas, ya que constituye una fuente de energía muy valiosa que proporciona unas 350 calorías por cada 100 gr. El arroz integral a diferencia de otros cereales, no contiene gluten, siendo muy adecuado para los que presentan alguna enfermedad celiaca que presentan incompatibilidades a este componente. En cualquier tipo de dieta debe consumirse integral dado que la mayor parte de la fibra se concentra en las capas externas del grano formadas por celulosa, siendo ésta 10 veces superior al arroz blanco.

El autor ha podido concretar en la literatura revisada que el arroz de pericarpio rojo puede ser una alternativa para la producción de el arroz integral, el cual es rico en vitaminas, minerales y oligoelementos que se encuentran fundamentalmente en el germen o embrión y en las llamadas capas aleurónicas, que envuelven al endospermo. El germen de estos es rico en vitaminas del grupo B.

Además del almidón, las proteínas y minerales, el arroz integral es fuente también de diversas sustancias bioactivas que parecen ejercer efecto benéfico sobre la salud

humana. Se destaca el Selenio, gamma-oryzanol, la vitamina E y los compuestos fenólicos. El arroz integral posee aproximadamente 10 % de salvado y su consumo viene a ser recomendado como una dieta saludable (Goffman & Bergman, 2004; Heinemann et al., 2008). Estudios epidemiológicos han demostrado una relación inversa entre el consumo de granos integrales y el riesgo de diversas enfermedades crónicas.

Estudios similares realizados por Lanfer (2008) mostraron que los contenidos de fenólicos solubles (libres, conjugados solubles), fueron seis veces mayores en genotipos de arroz con pericarpio pigmentado que no pigmentados, debido a la presencia de proantocianidinas y antocianidinas.

Cuando el grano de arroz se blanquea cualesquiera que sea la variedad se reducen considerablemente los principales nutrientes, el fósforo en 57 %, el hierro en 81%, las vitaminas B1 y B6 en 98 y 66% respectivamente. En general tanto los aminoácidos esenciales como no esenciales muestran una cuantiosa reducción al llevarlo de integral a blanco, perdiendo sus propiedades curativas. Estos resultados reafirma aun más la necesidad de consumir arroz integral para cualquier tipo de dieta, incluso si esta fuera con fines nutritivos y no curativos. (Pérez et. al., 2008)

En estudio diagnóstico realizado por el autor de este trabajo, se ha podido comprobar la importancia que reviste el arroz rojo con fines medicinales y propiedades antioxidantes, para ello se realizó la siembra de diferentes líneas con el objetivo de seleccionar una o varias de ellas, las cuales presenten características agronómicas e industriales favorables con el propósito final de obtener una variedad con destino a la alimentación macrobiótica y al turismo.

Considerando el análisis de trabajos realizados, tanto en Cuba como en el mundo con respecto al empleo de líneas de arroz con pericarpio rojo con fines medicinales, se define como **problema científico de la investigación**: ¿Cómo se comportan las

diferentes líneas de arroz rojo en condiciones de campo e industrial para el empleo en alimentación macrobiótica o para el turismo?

A partir del mismo se determina como **hipótesis de la investigación** si caracterizamos el comportamiento agroindustrial de las líneas de arroz rojo existentes en la CAI Sur del Jíbaro, entonces se podrá seleccionar una de ellas para garantizar su empleo en alimentación macrobiótica o para el turismo.

El **objetivo general**, entonces, consiste en seleccionar una o varias líneas de arroz con pericarpio rojo, las cuales presenten buen comportamiento agroindustrial y sean tolerantes a *Togamosodes orizicolus* y *Piricularia grisea* con el propósito de obtener una variedad con destino a la alimentación macrobiótica y para el turismo.

Para dar cumplimiento al objetivo general proponemos los **objetivos específicos** siguientes:

Revisar la bibliografía sobre aspectos relacionados con las propiedades agroindustriales del arroz rojo.

Determinar líneas de arroz con pericarpio rojo tolerantes a *T. orizicolus* y *P. grisea*.

Evaluar a nivel de campo y de laboratorio las líneas de arroz rojo, con el fin de analizar el rendimiento agroindustrial.

Por todo lo antes expuesto, la **novedad científica** de este trabajo es que por primera vez en Cuba se realiza un estudio de prospección para coleccionar y posteriormente seleccionar líneas de arroz con pericarpio rojo que manifiesten características agroindustriales favorables que puedan utilizarse en el futuro para mejorar la salud del hombre en la alimentación macrobiótica o como un plato exótico para el turismo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ORIGEN, CLASIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL ARROZ ROJO

El origen filogenético de las formas de arroz-maleza está estrechamente relacionado con el del arroz cultivado. Muchas plantas comparten la mayoría de las características de las dos especies cultivadas, *Oryza sativa*.L y *O. glaberrima* (Khush, 1997).

Los granos del arroz-maleza frecuentemente presentan el pericarpio rojo *Oryza sativa*.L y por esta razón el término *arroz rojo* *Oryza sativa*.L es comúnmente adoptado en la literatura internacional para identificar estas plantas salvajes. Este término, sin embargo, no es completamente apropiado ya que también existen granos rojos en algunas variedades cultivadas de arroz y porque, por otro lado, el color rojo *Oryza sativa*.L puede estar ausente en varias formas de arroz-maleza (FAO, 1999).

Otras especies endémicas del arroz no precisamente arroz rojo, existen en otras partes del mundo. Siendo *Oryza Barthii* A. Chev, *O. Longistaminata* A. chev. y *O. punctata* Kotschy ex steudel las de mayor importancia en África (Holm et al., 1997).

La especie *Oryza Latifolia* Desv., tiene importancia local en Costa Rica, Nicaragua y Venezuela mientras que *O. Rufipogon* Griff. en este último país. Siete especies de *Oryza* han sido reportadas como malezas en arroz en el mundo. (Holm et al., 1979). Se ha informado de infestaciones de arroz-maleza en 40-75 por ciento del área arrocera de los países europeos, 55 por ciento en Senegal (Diallo, 1999), 80 por ciento en Cuba (García de la Osa y Rivero, 1999) y 60 por ciento en Costa Rica (Fletes, 1999) *O. sativa*, que también es conocida como arroz asiático, comprende los grupos varietales *indica*, *japónica* y *javánica* y se cultiva en todo el mundo.

En la mayoría de las zonas arroceras la difusión del arroz-maleza comenzó a ser significativa después del cambio del transplante del arroz a la siembra directa y se ha

convertido en un problema serio en los últimos 15 años, especialmente en los países europeos después de la siembra de variedades de tallo débil, semi-enanas, de tipo *indica* (Tarditi y Vercesi, 1993). La difusión ha sido favorecida por la siembra de semillas comerciales de arroz que contienen semillas del arroz-maleza.

El arroz rojo *Oryza sativa*.L es clasificado taxonómicamente como *Oryza sativa* L. al igual que el arroz comercial (Craigmiles, 1978) no presentándose diferencia en la estructura fina de las semillas y coleóptilos de éste con relación a algunas variedades de arroz, sin embargo, notables diferencias se observan en la estructura morfológica de ambos (Hoagland and Paul, 1978).

La coloración de los granos resulta de la pigmentación del pericarpio y del tegumento seminal. Los granos pueden tomar diferentes tonalidades que varían desde el amarillo- pajoso, amarillo- dorado, rojo, cobrizo, marrón, púrpura y negro. (Abrov y Rolisninikov, 1971).

La pigmentación del grano por su componente químico es una mezcla de Cajetol, Tamina, Kateqino y Flavofano; la cual de acuerdo a su proporción tanto en el pericarpio como en el tegumento seminal determinan la variación del color de marrón a rojo. En los granos púrpuras la pigmentación está compuesta de antocianidinos y antocianinos que se encuentran principalmente en las células del pericarpio (Abrov y Rolisninikov, 1971).

Las semillas de la mayoría de los biotipos de *Oryza sativa* y *O. glaberrima* presentan un pericarpio pigmentado causado por la presencia de un contenido variable de diferentes antocianinas, catequinas y taninos catecólicos (Baldi, 1971).

La capa roja de los granos de arroz-maleza podría ser eliminada con un trabajo adicional en el molino pero esta operación da lugar a la rotura de los granos y a una disminución del valor comercial (Smith, 1981; Diarra *et al.*, 1985a, b).

Aunque la mayoría de los biotipos tienen coloraciones rojizas, pueden presentarse algunos con coloración blanca en el pericarpio los cuales interfieren de igual forma en la producción del arroz cultivado. Algunos de estos biotipos fueron reportados por (Montealegre y Clavijo, 1992).

El color del pericarpio es controlado por un par de genes donde el rojo *Oryza sativa*.L es dominante (Grist, 1975; Hernández et al., 1976) sin embargo otros genes complementarios pueden estar involucrados (González, 1985). La coloración de los pigmentos es hereditaria pero factores ambientales tales como la luz, temperatura y acumulación de azúcares tienen influencia (Abrov y Rolisninikov, 1971).

Las plantas de arroz-maleza presentan una gran variedad de características anatómicas, biológicas y fisiológicas (Craigmiles, 1978; Kwon et al., 1992; Vaughan et al., 2001). Un estudio llevado a cabo en 26 muestras de arroz-maleza de Uruguay reveló dos grupos principales. Un grupo incluyó plantas con glumas negras, ápice púrpura y arista larga, mostrando caracteres salvajes evidentes, mientras que el otro grupo tenía paja, glumas y ápice y no tenía aristas, simulando variedades cultivadas (Federici et al., 2001).

No se sabe exactamente donde se originó el arroz rojo. Se cree que proviene de Asia (*Oryza sativa* L.) considerada la cuna del cultivo y donde se encuentran la mayor cantidad de especies silvestres. Sin embargo también se tiene referencias sobre la existencia de este en África (*Oryza Glaberrima steudel*) miles de años antes de Cristo. (Jaramillo, 1987).

Según Svinariov (1960) la aparición de formas rojas en los arroceros blancos puede ser explicada por la acción anormal de las condiciones del medio que originan procesos de segregación secundaria de las variedades multihíbridas en el arroz de cultivo; por lo cual aparece gran cantidad de formas análogas a los arroces silvestres.

De acuerdo a estudios financiados por la Comunidad Europea, los arrozces-maleza recolectados en los arrozales de la zona del Mediterráneo pertenecían al grupo *japónica* y los arrozces-maleza de Brasil eran muy cercanos al grupo *indica* (Ghesquière, 1999). En este estudio no se encontraron alelomorfos de los arrozces-maleza que pudieran servir como marcadores de diagnóstico para determinar fácilmente el origen varietal de las formas de arroz-maleza. De cualquier manera, existe una buena evidencia que demuestra que el origen primario del arroz rojo *Oryza sativa*.L puede provenir de cruzamientos distantes entre variedades *indica* y *japónica*. Vaughan et al. (2001) señalaron que varias muestras de biotipos de arroz-maleza recolectadas en los Estados Unidos de América pertenecían no solo a las subespecies *indica* y *japónica* sino también a las especies *Oryza rufipogon* y *O. Nivara*

La mayoría de los autores consideran que los arroceros rojos tienen su origen en el cruzamiento natural entre los arroceros blancos de cultivo y los arroceros rojos silvestres. (Abrov y Rolisninikov, 1971).

El arroz rojo *Oryza sativa*.L fue reconocido como maleza del arroz en Carolina del Norte y Carolina del Sur en 1846 (Craigmiles, 1978 ; Smith ,1981) siendo la más ampliamente distribuida y de más difícil control en campos de arroz de Louisiana en 1900 (Dondson, 1900).

En México esta maleza se introdujo a través de semilla para la siembra procedente del sur de los Estados Unidos (Hernández, 1971), mientras que en Venezuela se cree que fue introducido con semillas de arroz provenientes de Estados Unidos en 1948, propagándose rápidamente hasta ser considerada en 1985 una de las principales malezas en tierras bajas e irrigadas. (Ortiz, 1999)

No se conoce con exactitud el origen del arroz rojo *Oryza sativa*.L. En Cuba se supone que pudo ser introducido en la época de la colonia en semillas de variedades procedentes de España o más tarde en semillas de variedades importadas de

Estados Unidos durante el proceso de incrementación arroceras iniciado en 1927 (Arango, 1954). Esto último es más aceptado pues desde 1900 el arroz rojo *Oryza sativa.L* había sido reconocido como maleza severa en Louisiana. (Dondson, 1900)

Pérez et al., (1973) en recorrido realizado por áreas arroceras y pantanosas de la provincia de Pinar del Río colectaron plantas con características intermedias de *Oryza sativa* y *Oryza perennis* var. *Cubensis* de cuyos descendientes obtuvo progenies similares a los arroces negros o barbudos, típicos de nuestras arroceras, considerando el cruzamiento natural de estas especies como una posible causa del surgimiento de nuevos biotipos de arroz rojo. (Oka, 1960), citado por Pérez et al. (1973), encontró en áreas pantanosas de nuestro país cruces naturales de *O. perennis* con la variedad Century Patna 231.

Aunque el arroz rojo *Oryza sativa.L* había sido considerado por Arango (1954), una de las principales malezas que afectaban el cultivo del arroz en esa época, no es hasta 1968 con el desarrollo del programa arroceros y la apertura de nuevas áreas de cultivo que demandaban gran cantidad de semillas que comienza un período de multiplicación acelerada de las mezclas o arroz rojo, lo cual fue propiciado, entre otras causas, por la utilización de semilla sin certificar existente en el país y la introducción procedente de México de semilla de las variedades IR-8 e IR-160 que contenían biotipos de esta maleza que luego fueron diseminados por todas las zonas arroceras (Martínez Grillo, 1999).

Según Antigua y Galano (1981), el no haber contado con una organización correcta de la producción de semillas, así como la no-aplicación de métodos de control cultural y químico (durante los años de 1968 a 1972 aproximadamente) contra las mezclas varietales tuvo como consecuencia el incremento de la infestación de los suelos arroceros con esta maleza.

Existe una gran diversidad de biotipos de arroz rojo *Oryza sativa.L* lo cual está asociado a la capacidad que tienen estos cruzamientos entre ellos y con las

variedades de arroz cultivado. Aunque el arroz es un cultivo de autopolinización y las poblaciones están compuestas casi totalmente por homocigóticos cercanos tienen facultad para la polinización cruzada, cuyo grado depende de las condiciones climáticas y de las formas botánicas (Abrov y Rolisninikov, 1971).

Langevin et al. (1990), determinaron que el porcentaje de hibridación natural entre el arroz cultivado y el arroz rojo *Oryza sativa.L* varió de acuerdo a la variedad siendo para Lemont 1.08%, Saturn 1.38%, Labelle 2.50%, Mars 3.65%, Leah 7.36% y Nortai 52.18%. El mayor número de híbridos encontrados en esta última variedad fue atribuido a un tiempo de florecimiento tardío de esta variedad y el traslape de su tiempo de florecimiento con esos de los híbridos F_1 . Así las variedades de ciclo precoz tienen una separación temporal de su tiempo de florecimiento de los híbridos F_1 que impiden su retrocruzamiento. Los híbridos fueron generalmente más altos tuvieron mayor longitud y ancho de las hojas banderas y produjeron más hijos.

Los biotipos de arroz rojo *Oryza sativa.L* varían considerablemente de un país a otro así en Estados Unidos inicialmente Constatín (1960) reportó tres biotipos de arroz rojo *Oryza sativa.L* uno de glumelas negras con aristas largas y otro de glumelas pajizas usualmente sin aristas y el tercero intermedio de glumelas grises. En muestreos realizados a campos de producción en Mississippi. Delouche y Do Lago (1982) colectaron 38 tipos de arroz rojo *Oryza sativa.L* de los cuales el análisis del tipo de grano y plántulas en el campo revelaron que 19 fueron del tipo común de glumelas pajizas, grano corto y sin arista, 9 fueron del tipo de glumelas negras, grano corto y aristas largas, cinco fueron variantes del anterior, uno fue de glumelas pajizas, grano medio y aristado, dos fueron distintivos de glumelas pajizas, granos largos y sin aristas y dos fueron híbridos naturales de arroz rojo *Oryza sativa.L* y blanco con un alto nivel de heterosis.

En México Hernández (1971) identificó siete tipos de arroz rojo *Oryza sativa.L* describiendo cuatro como los más importantes, arroz de gluma negra barbona, arroz de gluma blanca barbona, arroz de gluma blanca sin barba y arroz de gluma amarilla

oscura sin barba. En evaluaciones posteriores Hernández et al. (1976) describieron 11 tipos de éstos arroces en el estado de Sinaloa.

Por su alta frecuencia en las fincas arroceras muestreadas en cuatro regiones productoras de arroz en Venezuela Ortiz (1997), seleccionó cinco ecotipos para su estudio identificándolos como Barinas, Portuguesa 2, Cojedes, Portuguesa 1 y Calabozo, los tres primeros de ciclo de floración tardía de 87 a 93 días.

En Vietnam 10 líneas de arroz maleza han sido estudiadas experimentalmente en detalle en el CLRRRI desde 1995 las que fueron denominadas como BT 20-1, BT 41-2, LATA 10, LATA 14, LATA 16, LATA 18, LATA 20, LATA 23, LATT 11 Y HCM BC 3 (Chin et al., 1999).

En nuestro país, García et al. (1998) determinaron la presencia de 39 biotipos de arroz rojo *Oryza sativa.L* de acuerdo a sus características morfofisiológicas en la zona arrocera del CAI “Sur del Jíbaro”, de ellos, 16 con glumelas pajizas, 10 con glumelas jaspeadas y 13 con negras. Mientras que en el CAI Arrocero “Los Palacios”, en Pinar del Río, López y Morejón (1998), caracterizaron 27 biotipos de arroz rojo *Oryza sativa.L* muchos de los cuales coincidieron en sus características con los del CAI “Sur del Jíbaro”.

2.2. COMPORTAMIENTO AGRÍCOLA

Diarra (1985) plantea que las características del arroz rojo *Oryza sativa.L* son muy variables a causa de la gran diversidad existente, pero de manera general hay parámetros que lo hacen distintos de las variedades cultivadas.

En etapas de crecimiento las plántulas de arroz rojo *Oryza sativa.L* son difíciles de diferenciar del arroz cultivado puesto que solo en algunos biotipos hay características distintivas como coloraciones púrpuras en el tallo, hojas y bordes de éstas, hojas más finas, largas y de color verde pálido. Sin embargo, en ahijamiento, floración y estado de maduración las plantas de arroz rojo *Oryza sativa.L* son reconocibles por

las siguientes características: hojas híspidas y de color verde claro, generalmente tienen fuerte ahijamiento y presentan panículas más largas y finas con un elevado desgrane (Dodson, 1900). La mayoría son más altos y precoces que las variedades cultivadas aunque se presentan biotipos con igual o menor porte y ciclo de vida de mayor duración que el cultivo. Los granos pueden o no ser aristados cuya longitud y color es variable. Las glumelas toman coloraciones bronceadas, negras, jaspeadas y pajizas, las tres primeras fácilmente distinguibles de aquellas del cultivo. El pericarpio del grano varía en su coloración desde las tonalidades rojizas hasta el blanco (Montealegre y Clavijo, 1992; García et al., 1998). Las plantas de arroz rojo *Oryza sativa.L* por lo general tienen hábitos de crecimiento abierto, producen mayor cantidad de paja y tienen un mayor índice de área foliar que las variedades cultivadas (Hernández et al., 1976; Diarra et al., 1985 b).

Estos mismos autores plantean que a su vez hay características del arroz rojo *Oryza sativa.L* diferenciales con las variedades y que lo hacen de muy difícil control en la producción, al presentar elevada producción de semillas, ciclo de vida corto y fácil desgrane, prolongada longevidad y latencia en las semillas, etc.

2.3. COMPORTAMIENTO INDUSTRIAL

El arroz es el único cereal que se consume como tal con un procesamiento de descascarado y pulido. La integridad del grano durante ese proceso determina la denominada calidad industrial; su comportamiento durante y después de la cocción caracteriza su calidad culinaria. La primera es universal y tiene su normalización, la segunda es absolutamente dependiente de los hábitos culturales. (FAO, 2004)

El grano de arroz está compuesto de una masa de células que conforman el endospermo donde se acumulan los hidratos de carbono en forma de almidón, de un embrión que potencialmente puede generar una nueva planta y de una serie de tejidos que recubren el conjunto. Este grano, a su vez, está recubierto por una cáscara que lo protege. (Botanical, 2010). Se identifica como un arroz de alta calidad aquel cuyo conjunto de granos presenta homogeneidad de tamaño, forma, color y

translucidez y cumple con los valores establecidos en las normas de calidad. Para obtener un producto en condiciones de ser consumido, en principio, el grano de arroz debe ser descascarado y luego pulido mediante esfuerzos de fricción o abrasión. Estas fuerzas actúan sobre la superficie del grano generando tensiones que finalmente pueden producir la fractura del mismo. El resultado son granos enteros y granos quebrados. Las normas establecen valores máximos y mínimos de atributos que se desean optimizar, el más importante es la proporción de granos enteros respecto al conjunto. El parámetro de evaluación de este atributo está dado por el porcentaje de grano entero obtenido después de descascarar y pulir los granos.

2.4. VARIEDADES CON DESTINO A LA ALIMENTACIÓN SEGÚN EL PROCESO DE TRATAMIENTO

Livore, A.B. (2000) plantea que según el proceso de tratamiento, las variedades de arroz con destino a la alimentación se pueden clasificar en:

- **Variedades integrales:** El arroz integral es aquel que no se le ha sometido al proceso de blanqueo, es decir que no se le ha quitado la cubierta externa o pericarpio del grano. Por lo tanto, presenta un color más oscuro consecuencia de los minerales que esta posee. Es un arroz que requiere una cocción más larga aunque con una calidad alimentaria superior dado que la mayoría de los nutrientes esenciales se encuentran en esta capa del grano que se elimina al someterlo a blanqueo. Para procesar el arroz integral, una vez recogido, se debe limpiar para eliminar residuos que podrían estar adheridos a la planta y luego quitar la cáscara que envuelve al grano, lo cual se lleva a cabo mediante máquinas provistas de rodillos. Este proceso se denomina descascarillado.

- **Variedades blancas o de cocción rápida:** El arroz blanco se obtiene a través de un proceso denominado blanqueo. Una vez descascarillado, se deben eliminar todas las capas que envuelven al grano de arroz, lo cual también se lleva a cabo mediante máquinas. El resultado es lo que conocemos como arroz blanco, que está desprovisto de salvado y de germen. Este tipo de arroz, desafortunadamente, resulta

más apetecible para la mayoría de la gente aunque no posee la calidad nutricional del integral ya que la mayoría de los nutrientes se encontraban en la cáscara. La técnica del blanqueo ha llevado a muchos países a desencadenar muchas enfermedades en países que tenían en este cereal su base alimentaria. (Livore, A.B. 2000)

Los granos de arroz con coloración roja en el pericarpio, al molinarlo requieren un grado de pulido elevado, para eliminar totalmente ese color, lo que hace que una parte de los granos se convierta en salvado y polvo disminuyendo de esta forma el rendimiento en pulido total, granos enteros y el grado. (Abrov y Rolisninikov, 1971).

Kosmina (1956), citado por Abrov y Rolisninikov (1971), plantean que un 1% de granos rojos disminuye el rendimiento industrial en 0.1% bajando la calidad del arroz y elevando los costos.

El rendimiento de granos enteros es afectado más que el rendimiento en pulido total, puesto que el arroz y el arroz rojo *Oryza sativa.L* contienen similar cantidad relativa de cáscara y salvado, por eso el impacto sobre el rendimiento en pulido total fue menor. El arroz rojo *Oryza sativa.L* afectó en el proceso de molinado a la variedad de grano largo Bluebonnet-50 más que a la variedad de grano medio Nato, debido a la mayor diferencia de tamaño y forma del arroz de grano largo y el arroz rojo. (Castillo et al., 1997).

2.5. UTILIZACIÓN DE FORMA MACROBIÓTICA

Según Porrata (2000), la macrobiótica es una forma de comer y vivir practicada durante miles de años por muchas personas a lo largo y ancho del planeta. Proviene de una comprensión intuitiva del orden natural. La moderna filosofía macrobiótica se centra en ofrecer una forma de vida que tapa el gran abismo existente entre los humanos y el mundo natural. La teoría macrobiótica sugiere que la enfermedad y la tristeza son formas naturales de urgirnos a adoptar una dieta y una forma de vida adecuadas.

Miles de personas en el mundo se están aproximando a alternativas de alimentación tales como la dieta macrobiótica para prevenir la enfermedad y promover salud. a filosofía macrobiótica enseña que una dieta completa y equilibrada es el camino más directo hacia la buena salud. La macrobiótica, en mayor medida que ningún otro régimen de dieta, valora y resalta las diferencias individuales, tales como el lugar donde se vive, la actividad, y el estado de salud. Pone de relieve el efecto nocivo de los métodos modernos de procesado de alimentos y refinado sobre nuestra salud física y mental. La dieta macrobiótica solamente utiliza alimentos completos y procesados por métodos tradicionales. (Pérez et al.2008)

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

Las investigaciones se desarrollaron en áreas de la Estación Territorial de Investigaciones del Arroz (ETIA) “Sur del Jíbaro” durante los años 2004 al 2010. El trabajo estuvo compuesto de tres partes principales que se describen a continuación:

3.1. Prospección

Consistió en coleccionar la variabilidad genética de arroz rojo presente en campos de producción y semilla del CAI. “Sur del Jíbaro” y áreas de cultivo del sector cooperativo y campesino de la provincia de Sancti- Spíritus.

Las muestras (constituidas por semillas de una panícula) de cada uno de los diferentes tipos de arroz rojo fueron sembradas en la ETIA. “Sur del Jíbaro” sobre un suelo Gley Vértico (Hernández et. al. 1999) de forma individual a chorrillo en surcos de 4 m de largo separados a 60cm. A los 15 días de la germinación los surcos fueron raleados dejando una separación entre plantas de 10cm.

Al momento de la cosecha fueron seleccionadas aquellas plantas que reunían las características siguientes:

1. Color rojo en el pericarpio
2. Altura de plantas similar a las variedades comerciales
3. Ausencia de aristas en los granos
4. Plantas no susceptibles al desgrane.

Las líneas que reunieron las características anteriores fueron sembradas durante tres campañas para garantizar homocigosis.

3.2. Estudios observacionales de rendimientos

Las líneas que manifestaron homocigosis en sus principales características morfológicas fueron evaluadas durante las campañas frío 2006- 2007, primavera

2007 y frío 2007- 2008 con los requerimientos propios de los estudios observacionales de rendimiento.

La siembra se realizó de forma manual a chorrillo en surcos separados a 15cm y sobre un suelo preparado en seco. Se utilizaron parcelas de 4m de largo x 1.65m de ancho 6.6 m² y un área de cosecha para evaluar rendimiento agrícola de 5.4m². Se empleó una sola parcela por tratamiento distribuidas al azar.

El control de malezas fue realizado en preemergencia con Butachlor CE- 60 a dosis de 4 l/ha de producto comercial, aquellas que escaparon al control fueron escardadas manualmente. El riego, fertilización y demás labores culturales se ajustaron de manera similar a las variedades comerciales de ciclo corto según Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz (MINAG, 2006)

Se evaluaron caracteres morfológicos y agronómicos como color de la vaina y limbo de las hojas, lígula, aurícula y dewlap en ahijamiento activo, vigor a los 20 y 40 días de germinado (ddg) el arroz, días transcurridos de germinación a 50% de paniculación y cosecha, tolerancia a *Pyricularia grisea* y *Tagosodes orizicolus*, longitud de las plantas hasta el extremo de la panícula al momento de la cosecha, acame, largo, ancho y grosor de las semillas y rendimiento agrícola.

La tolerancia a *P. grisea* fue evaluada en condiciones de cama de infección. Cinco gramos de cada una de las líneas se sembraron en surcos de 0.50 m, separados a 0.15 m entre sí, empleándose cada 10 líneas un surco de un testigo resistente entre dos surcos de una mezcla de variedades susceptibles las que también rodearon todas las líneas estudiadas. Fueron creadas condiciones óptimas para el desarrollo del hongo que incluyeron alta densidad de siembra (667 Kg/ha de semillas), la infestación del área con hojas portadoras de la enfermedad y la aspersión de esporas del hongo sobre las plántulas; aplicación de 100 kg/ha de urea todas las semanas durante la prueba y la creación de un ambiente de alta humedad relativa a través de riegos por aspersión dos veces al día. A los 35 días de la germinación las

líneas fueron evaluadas por el “Standard Evaluation System for Rice” del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), 1975.

Para el caso de tolerancia a *T. orizicolus* las muestras fueron enviadas al Instituto de Investigaciones del Arroz en La Habana y evaluadas en condiciones de casa vegetativa según la metodología establecida para esta prueba.

3.3. Estudios regionales de rendimiento

Al finalizar los estudios observacionales fueron seleccionadas para los estudios regionales un total de 12 líneas que manifestaron las mejores características agronómicas, las cuales, fueron evaluadas durante las campañas de frío 2008- 2009 y primavera 2009.

La siembra se realizó de forma manual a chorrillo en surcos separados a 15 cm y sobre un suelo preparado en seco. Se utilizaron parcelas de 5 m de largo x 2.40 m de ancho 12 m² y un área de cosecha de 8 m².

El riego, fertilización, control de malezas y demás labores culturales fue similar al realizado en los estudios observacionales.

Se evaluaron caracteres agronómicos como vigor a los 20 y 40 días de germinado el arroz, días transcurridos de germinación a 50% de paniculación y cosecha, longitud de las plantas hasta el extremo de la panícula al momento de la cosecha, acame, tallos fértiles e infértiles, longitud de la panícula, peso de 1000 granos, granos llenos y vanos, tolerancia a *P. grisea* y *T. orizicolus*, rendimiento agrícola y rendimiento industrial.

La tolerancia a *P. grisea* y *T. orizicolus* fue evaluada de forma similar a la realizada en los estudios observacionales.

La evaluación de rendimiento industrial fue realizada en el Laboratorio Central del CAI Arroceros “Sur del Jíbaro” empleando la metodología siguiente:

- Se pesaron 1000g de cada una de las muestras después que estas fueron cuarteadas y pasadas por el aspirador previo ajuste de este para extraer las cáscaras, los granos vanos y los residuos de vegetales extraños y evitar el arrastre de granos.
- Se descascararon las muestras, previo ajuste de equipo para obtener 13.5% de arroz aproximadamente, debiéndose poner en marcha este antes de verter la muestra.
- El arroz descascarado (Arroz integral), se pasó por el aspirador para extraer las partículas de cáscara que aún podían contener y se pesó. Se redujo la muestra en el cuarteador hasta obtener 100g aproximadamente, se clasificó en la zaranda utilizando las mallas 5, 6, 10 y 12 con el fin de extraer la cabecilla, $\frac{1}{4}$ grano, $\frac{1}{2}$ grano y $\frac{3}{4}$ grano y se pesó cada uno de ellos.
- Se incorporó la muestra reducida, al total de arroz descascarado y se pasó por la blanqueadora pulidora, para obtener el arroz pulido, realizándose en la campaña de frío solo un pase con dos libras en el brazo, mientras, que en primavera buscando mejor pulido se efectuó la operación en dos pases, en el primero, el equipo estuvo funcionando 30 segundos con un peso de 2 libras en el extremo del brazo metálico y en el segundo el equipo funcionó de igual manera pero sin peso en el extremo del brazo.
- El arroz pulido se pasó por el aspirador para extraerle los residuos de polvo que contenía y se pesó.
- Se redujo la muestra en el cuarteador hasta obtener 100g aproximadamente, se clasificó en la zaranda, utilizando las mallas 5, 6, 10 y 12; con el fin de extraer la cabecilla, $\frac{1}{4}$ grano, $\frac{1}{2}$ grano y $\frac{3}{4}$ grano y se pesó cada uno de ellos.

En los ensayos de campo se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y los resultados obtenidos de las evaluaciones fueron sometidos a análisis de varianza y las medias comparadas por la prueba de rangos múltiples de Duncan.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. PROSPECCION

Fueron colectadas un total de 129 muestras de arroz con pericarpio rojo en la prospección realizada en campos de producción y semilla del CAI. “Sur del Jíbaro” y áreas de cultivo del sector cooperativo y campesino de la provincia de Sancti Spíritus de las cuales fueron seleccionadas después de tres campañas de siembra solo 19 líneas que reunían las características deseadas como altura de plantas similar a las variedades comerciales, ausencia de aristas en los granos, plantas no susceptibles al desgrane y color rojo en el pericarpio. Estas líneas fueron evaluadas en los estudios observacionales de rendimiento.

4.2. ESTUDIOS OBSERVACIONALES DE RENDIMIENTOS

En la tabla 1 se observa que las líneas 1, 12, 17a, 17b, 17c, 18, 22, 23a, 23b, 26, 31y 83e presentaron color verde en las vainas y limbos de las hojas, lígula traslucida y aurícula y dewlap de color amarillo verdoso similar a las variedades comerciales Perla, IACuba-31 y J-104. En cuanto al resto de las líneas evaluadas mostraron color púrpura al menos en una de las partes siguientes: vainas de las hojas, aurícula o dewlap lo que denotan características más cercanas a las especies silvestres.

Tabla 1: Características morfológicas de las líneas de arroz con pericarpio rojo

Líneas	Coloración				
	Vainas	Limbo de la hoja	Lígula	Aurícula	Dewlap
1	V	V	T	A- V	A- V
11b	P	V	T	P	P
12	V	V	T	A- V	A- V
17a	V	V	T	A- V	A- V
17b	V	V	T	A- V	A- V
17c	V	V	T	A- V	A- V
18	V	V	T	A- V	A- V
21a	T- P	V	T	P	P
21b	V	V	T	P	P
22	V	V	T	A- V	A- V
23a	V	V	T	A- V	A- V
23b	V	V	T	A- V	A- V
26	V	V	T	A- V	A- V
28	T- P	V	T	P	P
29	T- P	V	T	P	P
30	T- P	V	T	P	P
31	V	V	T	A- V	A- V
83e	V	V	T	A- V	A- V
83f	T- P	V	T	A- V	A- V
Perla	V	V	T	A- V	A- V
IACuba- 31	V	V	T	A- V	A- V
J-104	V	V	T	A- V	A- V

LEYENDA

V- Verde

AV- Amarillo verdoso

P- Púrpura

TP-Tonalidad púrpura

T- Traslucida

En la campaña de frío las líneas 11b, 12, 17a, 29, 30, 83e y 83f fueron las que tuvieron el mayor vigor inicial incluso mayor que las variedades comerciales Perla, IACuba- 31 y J-104 usadas como testigos (Tabla 2). A los 40 ddg las líneas 11b, 83e, 83f se mantuvieron siendo las más vigorosas sumándose en esta etapa la 26.

A los 20 ddg en la campaña de primavera, el mayor vigor inicial lo tuvieron las líneas 1, 11b, 26, 29 y 83e; mientras que, a los 40 ddg, fueron las líneas 11b, 22 y 26 las de

mayor vigor. Con excepción de la línea 17a las demás presentaron mayor o igual vigor que los testigos de arroz comercial en algunas de las dos etapas evaluadas.

Todas las líneas estudiadas se comportaron como vigorosas o muy vigorosas, manifestándose de manera general mayor vigor en la campaña de primavera que en frío. Las bajas temperaturas que se producen en la temporada de frío retardan el crecimiento y fortaleza de las plantas lo que se refleja en menor vigor.

El vigor de las plantas de arroz en las etapas iniciales de crecimiento es una característica que le permite mayor habilidad competitiva y más éxito en la competencia frente a las malezas.

Tabla 2: Vigor de las plantas a los 20 y 40 días de germinado el arroz

Líneas	Frío		Primavera	
	Vigor 20 ddg	Vigor 40 ddg	Vigor 20 ddg	Vigor 40 ddg
1	3	3-4	2	2-3
11b	2	2-3	2	2
12	2-3	4	3	2-3
17a	2-3	4	3	3-4
17b	3	3-4	2-3	2-3
17c	3-4	4	-	-
18	3	3-4	2-3	2-3
21a	3-4	4	3	3
21b	3-4	3-4	3	3
22	3	3-4	3	2
23a	3	3	2-3	2-3
23b	3-4	3	3	3
26	4	2-3	2	2
28	3-4	4	3	3
29	2-3	3	2	3
30	2-3	3-4	3	2-3
31	3	3	3	3
83e	2-3	2-3	2	2-3
83f	2-3	2-3	2-3	2-3
Perla	3	3	3	3
IACuba-31	3-4	3-4	3	3
J-104	3	3	3	3

Escala de evaluación del vigor en plantas

- 1....Muy vigorosa
- 3....Vigorosa
- 5.... Intermedias a normales
- 7....Menos vigorosas que lo normal
- 9.....Muy débiles y pequeñas

Tabla 3: Días transcurridos de germinación a 50% de paniculación y cosecha en líneas de pericarpio rojo

Líneas	Frío		Primavera	
	Días a 50% paniculación	Días a cosecha	Días a 50% paniculación	Días a cosecha
1	90	133	74	95
11b	83	127	76	95
12	93	140	84	102
17a	93	140	84	117
17b	90	140	74	117
17c	99	149	-	-
18	90	149	84	117
21a	97	146	83	117
21b	93	140	83	117
22	97	149	84	117
23a	87	133	76	102
23b	91	140	76	117
26	96	149	84	117
28	97	140	85	117
29	99	149	82	117
30	101	149	82	117
31	87	133	74	95
83e	83	127	-	-
83f	78	127	-	-
Perla	85	133	76	102
IACuba- 31	85	133	74	117
J-104	104	152	85	117

En la campaña de frío se aprecia que las líneas 11b, 83e y 83f alcanzaron el 50% de paniculación antes que las variedades Perla y la IACuba- 31 y el resto lo obtuvo

antes que la variedad J-104 (Tabla 3). En cuanto al ciclo a cosecha las líneas 1, 11b, 23a, 31, 83e y 83f presentaron ciclo corto similar a las variedades Perla y la IACuba-31 y el resto de las líneas tuvieron un ciclo intermedio entre las variedades de ciclo corto y las variedades de ciclo medio como la J-104. En primavera seis líneas alcanzaron el 50% de paniculación en igual número de días que las variedades Perla y la IACuba.31, mientras que el resto de las líneas alcanzó el 50% de paniculación después que estas variedades, pero antes que la variedad J-104. En esta campaña los ciclos a cosecha tienden a igualarse; las líneas 1, 11b y 31 fueron cosechadas a los 95 días, la 12 y la 23a a los 102 días y el resto de las líneas a los 117 días.

Tabla 4: Tolerancia a *P. grisea* y *T. orizicolus*

Líneas	<i>P. grisea</i>	<i>T. orizicolus</i>
1	3 R	7 S
11b	3 R	7 S
12	2 R	5-7 I
17a	3 R	7 S
17b	2 R	7 S
17c	-	-
18	3 R	5-7 I
21a	4 MR	9 S
21b	5 I	9 S
22	3 R	9 S
23a	3 R	7 S
23b	3 R	5-7 I
26	2 R	3 R
28	3 R	7 S
29	4 MR	9 S
30	-	-
31	4 MR	9 S
83e	4 MR	7 S
83f	4 MR	9 S
J- 104	8 S	3 R
IA Cuba 31	4 MR	3 R
Perla	4 MR	3 R

Escala de evaluación *P. grisea*

- 1...Resistente (R)
- 3...Resistente (R)
- 4...Medianamente resistente (MR)
- 5...Intermedia (I)
- 6...Medianamente Susceptible (S)
- 7...Susceptible (S)
- 9...Susceptible (S)

Escala de evaluación *T. orizicolus*

- 1.....Resistente (R)
- 3.....Resistente (R)
- 5.....Intermedia (I)
- 5- 7...Intermedia (I)
- 7.....Susceptible (S)
- 9.....Susceptible (S)

Se aprecia en la Tabla 4 una buena tolerancia de las líneas de arroz con pericarpio rojo al hongo *P. grisea*. El 65 % de las líneas estudiadas fue resistente a esta enfermedad fungosa bajo las condiciones propias creadas en la cama de infección, mientras que el resto tuvo una reacción intermedia. Sin embargo el comportamiento frente a *T. orizicolus* no fue favorable, solo la línea 26 fue resistente a este insecto y las líneas 12, 18 y 23b fueron intermedia, el resto fue susceptible a esta plaga.

El acamado de la planta es una característica indeseable, en las variedades de arroz ya que favorece las pérdidas de rendimiento agrícola y la calidad del arroz, incrementa las posibilidades de germinación de la semilla en el suelo, dificulta las labores de cosecha y facilita la introducción de materias extrañas. Está muy relacionada con las características genéticas propias de cada línea, su altura, las condiciones de fertilización sobre todo el exceso de nitrógeno que estimula el mayor y más rápido crecimiento de las plantas, así como mayor nivel de la lámina de agua donde se desarrolla el arroz.

La mayor longitud estuvo presente en las líneas 11b, 22, 30, 83e y 83f, lo cual, favoreció el acamado en ambas campañas frío y primavera (Tabla 5), otras líneas con elevado porte como la 1 y 26 tuvieron un comportamiento intermedio en frío, sin embargo fueron susceptible en primavera. Las líneas 12, 17a, 18, 21b, 28 y 29 fueron resistentes al acamado en ambas campañas. De forma general se aprecia que fue mayor el acame en primavera que en frío, debido al aporte de nitrógeno que hace el agua de lluvia contribuyendo a un crecimiento mucho más rápido y la formación de plantas suculentas, débiles que se acaman con facilidad aún cuando estas fueron resistentes en frío.

Tabla 5: Comportamiento de la longitud de la planta y acamado

Líneas	Acamado		Altura en cosecha frío
	Primavera	Frío	
1	7	4	131.6
11b	9	8	137.2
12	2	2	113.2
17a	1	1	78.6
17b	4	2	106.6
17c	-	1	78.6
18	2	2	101.6
21a	5	3	112.6
21b	2	4	108.2
22	9	9	140.0
23a	7	6	121.0
23b	7	4	108.6
26	7	3	123.2
28	2	2	112.0
29	2	4	105.2
30	6	9	135.2
31	7	3	87.0
83e	9	9	140.2
83f	9	9	127.0
J- 104	2	1	97.2
IA Cuba- 31	3	2	89.2
Perla	3	2	93.8

Escala de evaluación acame

1.....Sin volcamiento

3.....La mayoría de las plantas ligeramente volcadas (más del 50%)

5.....La mayoría de las plantas moderadamente volcadas

7.....La mayoría de las plantas casi caídas

9.....Todas las plantas en el suelo

Tabla 6: Dimensiones de las semillas en las líneas de arroz con pericarpio rojo

Líneas	Campaña de Frío			Campaña de Primavera		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
1	9.6	2.5	2.0	8.8	2.5	1.7
11b	10.0	2.9	2.0	10.2	3.1	2.0
12	8.8	2.5	2.0	8.6	2.3	2.0
17a	8.1	2.5	2.0	8.6	2.7	2.0
17b	7.9	2.4	2.0	8.6	3.0	2.0
17c	8.6	2.8	2.0	8.3	2.6	1.9
18	10.0	2.4	2.0	10.7	2.9	2.0
21a	8.5	2.5	2.0	9.0	2.4	2.0
21b	9.6	2.6	2.0	9.6	2.7	2.0
22	9.7	2.7	2.0	9.6	2.9	2.0
23a	8.6	2.3	2.0	8.8	2.5	1.7
23b	8.5	2.4	2.0	9.5	2.5	2.0
26	8.7	2.5	1.9	8.3	2.5	2.0
28	8.4	2.4	1.9	9.2	2.4	2.1
29	8.5	2.5	2.0	8.5	2.4	1.8
30	9.1	2.9	2.0	10.	3.0	2.0
31	8.0	2.6	2.0	7.9	2.5	2.0
83e	8.4	3.0	2.0	8.7	3.0	2.0
83f	8.4	3.0	2.0	8.5	3.2	2.0
J- 104	9.3	2.7	2.0	9.4	2.7	2.0
IA Cuba 31	8.9	2.5	2.0	8.9	2.5	2.0
Perla	9.4	2.4	2.0	9.5	2.4	2.0
Promedio	8.86	2.59	1.99	9.06	2.66	1.96

Se aprecia en la tabla 6 que el largo de la semilla es variable entre líneas y entre campañas oscilando en frío desde 7.9mm en la línea 17b hasta 10mm presentes en la línea 11b y 18 que son las de mayor tamaño. En primavera el largo del grano fluctúa entre 7.9mm presente en la línea 31 hasta 10.7mm en la línea 18. El 63 % de las líneas en frío y 58 % en primavera alcanzaron un largo de la semilla inferior al de la variedad IACuba- 31 que es la de menor largo del grano de las tres testigos estudiadas.

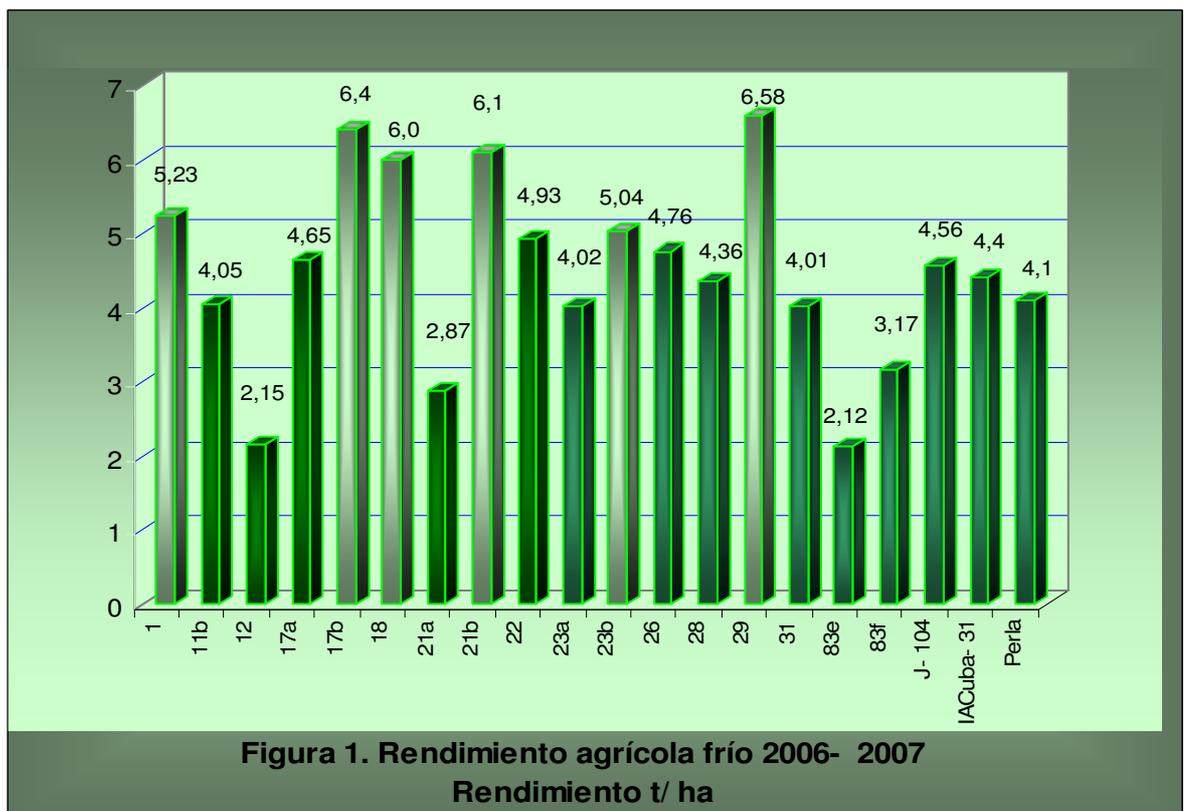
El ancho del grano oscila en frío desde 2.3mm presente en la línea 23a hasta 3mm en las líneas 83e y 83f, mientras que en primavera fue la línea 12 la de menor ancho

con 2.3mm y la 83f la de mayor con 3.2mm. El 68 % de las líneas en frío y el 42 % en primavera presentó un ancho de la semilla similar al rango de las variedades de arroz estudiadas (de 2.4 a 2.7 mm)

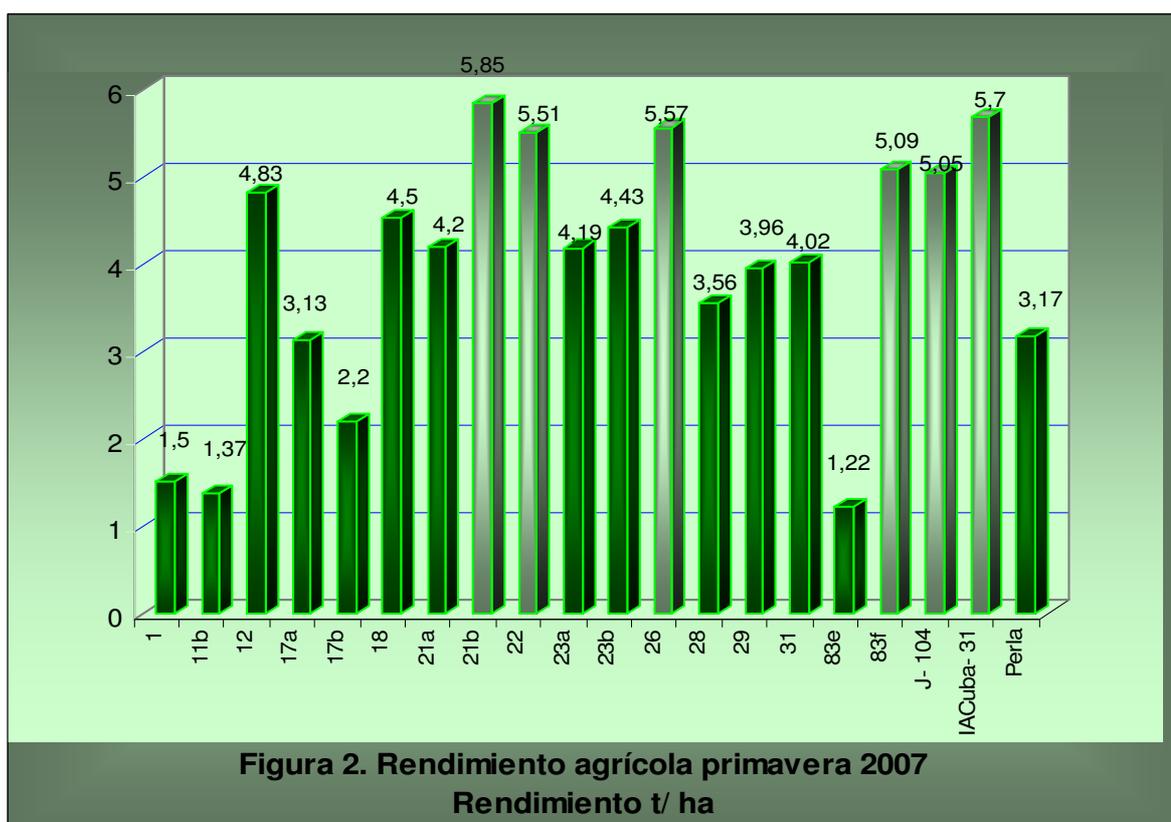
El grosor de la semilla fue poco variable en frío, excepto la línea 26 y 28 que tuvieron 1.9mm, el resto presentó 2mm. En primavera la mayoría de las líneas presentó 2mm de grosor de la semilla excepto la línea 28 que alcanzó 2.1 mm y las líneas 1, 17c, 23a y 29 que presentan valores inferiores a los 2mm.

De manera general las líneas presentaron similar ancho y grosor de las semillas que las variedades comerciales de arroz, aunque con un menor largo.

El promedio del largo de las semillas de todos los tratamientos fue mayor en primavera que en frío de igual forma ocurrió para el ancho de las semillas no así para el grosor que fue mayor en frío.



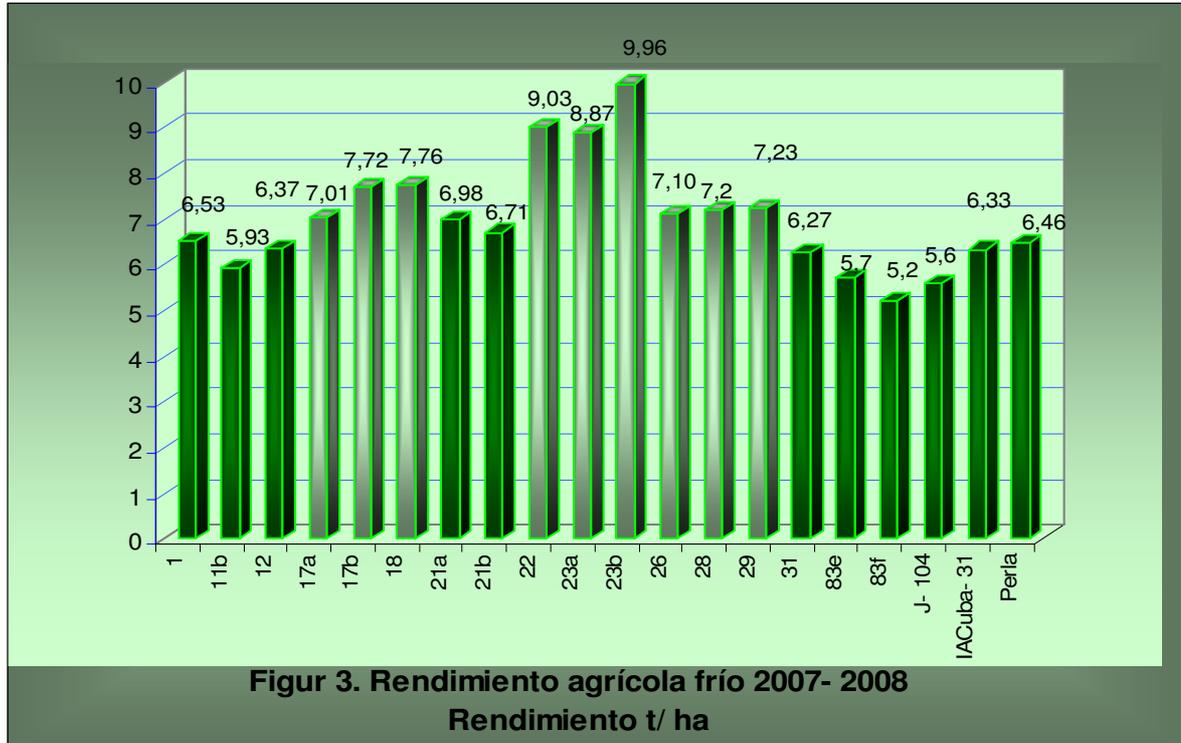
Se observa en la figura 1 que en la campaña de frío 2006– 2007 las líneas estudiadas manifestaron un alto potencial productivo, nueve de las 17 líneas evaluadas tuvieron rendimientos agrícolas superiores a las 4.59 t/ha lograda por el testigo de mayor rendimiento la variedad J- 104. Tres líneas alcanzaron rendimientos similares a la variedad Perla de Cuba y solo cuatro de ellas tomaron valores muy inferiores a esta. Fueron las líneas 29,17b, 21b y 18 las de mejor comportamiento con rendimientos entre 6 y 6,58 t/ha



En la campaña de primavera 2007 el acame producido en alguna de las líneas no permitió que pudieran expresar su máximo potencial productivo. Tal es el caso de las líneas 1, 11b, 17b y 31 mientras que otras líneas como la 12 y la 21a que no se acamaron lograron rendimientos incluso superiores a la variedad comercial Perla (figura 2).

En primavera solo la línea 21b logró alcanzar un rendimiento agrícola superior al testigo de mayor rendimiento la IACuba– 31, mientras que las cuatro líneas de mayor

rendimiento 21b, 26, 22 y 83f produjeron rendimientos superiores a la variedad J-104.



En la campaña de frío 2007–2008 el 63 % de las líneas produjeron rendimientos agrícolas superiores al testigo, logrando mayor rendimiento la variedad Perla y tan solo una de las líneas produjo rendimientos inferiores a la variedad J–104. Todas las líneas lograron alcanzar más de 5.1 t/ha lo que expresa que en estas se encierra un elevado potencial productivo igual o superior a las variedades de arroz blanco. Las de mejor comportamiento fueron la 23b, 22, 23a, 18, 17b variando de forma descendente desde las 9.96 t/ha hasta la 7.72 t/ha en la 17b.

De las tres campañas evaluadas donde se alcanzó el mayor potencial productivo fue en la de frío 2007– 2008 con una media general de rendimiento agrícola en las líneas evaluadas de 7.10 t/ha, mientras que en las de frío 2006- 2007 y primavera 2007 se logró 4.49 t/ha y 3.90 t/ha respectivamente lo que demuestra que al homogenizarse más la semilla se pueden lograr acercar los rendimientos al potencial productivo de las líneas estudiadas.

4.3 ESTUDIOS REGIONALES DE RENDIMIENTOS

En la tabla 7 se aprecia que en la campaña de frío 2008- 2009 a los 20 ddg el arroz todas las líneas manifestaron mejor o igual vigor que la variedad comercial J- 104 (testigo de referencia) con excepción de las líneas 28 y 29 que presentaron valores de 3-4; fueron las líneas 17b, 21b y 23a las que presentaron el mejor comportamiento. A los 40ddg el arroz fueron las líneas 17 b y 23b las más vigorosas, las restantes fueron evaluadas con valores de 3 y 3-4 similares a los testigos (IACuba- 31 y J-104).

En primavera 2009 a los 20 ddg el arroz las líneas 12, 17b, 18, 23a y 23b presentaron plantas más vigorosas que la variedad J- 104. A los 40 ddg las de mejor comportamiento fueron las líneas 17b, 21b, 23a, 23b, y 26. De manera general el vigor en plantas fue mejor en primavera que en frío similar a lo ocurrido en los estudios observacionales. La línea 17b fue la más vigorosa al presentar valores de 2-3 en todas las evaluaciones realizadas.

Tabla 7: Vigor en plantas de las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008– 2009 y primavera 2009). ddg.....días de germinado el arroz

Líneas	Frío 2008- 2009		Primavera 2009	
	Vigor 20 ddg el Arroz	Vigor 40 ddg el Arroz	Vigor 20 ddg el Arroz	Vigor 40ddg el Arroz
12	3	3-4	2-3	3
17 a	3	3	3	3-4
17 b	2-3	2-3	2-3	2-3
17 c	3	3-4	3	3-4
18	3	3	2-3	3
21 a	3	3	3	3
21 b	2-3	3	3	2-3
23 a	2-3	3	2-3	2-3
23 b	3	2-3	2-3	2-3
26	3	3-4	3	2-3
28	3-4	3-4	3	3
29	3-4	4	3	3
IACuba-31	3-4	3	3	3
J- 104	3	3-4	3	3

Escala de evaluación de vigor

- 1---Muy vigorosas.
- 3---Vigorosas.
- 5---Plantas intermedias a normales.
- 7---Plantas menos vigorosas que lo normal.
- 9---Plantas débiles y pequeñas.

En ambas campañas, todas las líneas alcanzaron el 50% de paniculación después que la variedad IACuba- 31 y antes que la J- 104 (Tabla 8). En la campaña de frío 2008- 2009 fueron las líneas 18 y 12 las que presentaron el menor ciclo de vida con un promedio de 134 y 136 días respectivamente sin diferencia significativa con la variedad de ciclo corto IACuba- 31, le siguen en orden un grupo de líneas formado por la 17c, 17a, 17b, 23a y 23b con una duración entre 138.5 a 139.5 días a cosecha que no difieren estadísticamente entre si ni con el testigo de ciclo corto (IACuba- 31).

El siguiente grupo lo forman las líneas 21b, 21a y 26 con 142, 143 y 144 días los que presentan diferencia estadística con la variedad de ciclo corto IACuba- 31 y la de ciclo medio J- 104. Las líneas 28 y 29 presentaron el mayor ciclo con 148 días pero significativamente inferior que la J- 104.

En primavera 2009 fueron las líneas 23a, 17a, 17b, 23b y 17c las de menor ciclo (110.5 a 112.8 días) pero significativamente superior que la variedad IACuba- 31 (103 días). Le siguen en duración del ciclo las líneas 18, 12, 26 y 21b con 113, 113.8, 115 y 116.8 días con diferencia significativa con ambos testigos y por último las líneas 21a, 28 y 29 con 122 días las que difieren de los 124.8 días alcanzados por la J- 104.

Tabla 8: Número de días al 50% de paniculación y ciclo de vida a cosecha de las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008– 2009 y primavera 2009)

Líneas	Frío 2008- 2009		Primavera 2009	
	Paniculación al 50% (Días)	Ciclo de vida (Días)	Paniculación al 50% (Días)	Ciclo de vida (Días)
12	102.3	136.0 ef	83.8	113.8 de
17 a	102.5	139.0 def	81.0	111.0 ef
17 b	101.3	139.0 def	81.3	111.3 ef
17 c	98.3	138.5 def	82.8	112.8 def
18	97.1	134.5 f	83.0	113.0 de
21 a	103.3	143.0 cd	92.0	122.0 b
21 b	98.3	142.0 cd	86.8	116.8 c
23 a	98.3	139.5 cde	80.5	110.5 f
23 b	97.1	139.5 cde	81.8	111.8 ef
26	100.6	144.0 c	85.0	115.0 cd
28	108.6	148.5 b	92.0	122.0 b
29	109.3	148.5 b	92.0	122.0 b
IACuba-31	94.8	136.3 ef	73.0	103.0 g
J-104	114.6	153.0 a	94.8	124.8 a
Es(x)		1.48		0.88

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren según prueba de Duncan a ($P < 0.05$).

En la tabla 9 se aprecia que en la campaña de frío 2008- 2009 fueron las líneas 26, 23a, 21b, 23b y 17b las que alcanzaron la mayor longitud de plantas en cosecha mientras que en primavera fueron las líneas 26, 23a, 12, 21b y 23b. En ambas campañas fueron las líneas 26 y 23a las de mayor porte.

Todas las líneas y variedades comerciales crecieron más en primavera que en frío con excepción de la 17b, 28 y 29 esto facilitó que de manera general fuera mayor el acame en esta campaña. En frío los mayores valores de acame se presentaron en las líneas 23b, 23a y 21a mientras que en primavera en la 23a, 23b, 26, 17b, 21b y el testigo IACuba- 31. La mayor longitud de plantas proporciona ventajas desde el punto de vista competitivo frente a las malezas pero es uno de los factores que favorece el volcamiento y como consecuencia pérdidas en el rendimiento agrícola que varían en dependencia del momento en que se produzca el acame.

Tabla 9: Longitud de las plantas y acame al momento de la cosecha en las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008– 2009 y Primavera 2009)

Líneas	Frío 2008- 2009		Primavera 2009	
	Longitud plantas (cm.)	Acame	Longitud plantas (cm.)	Acame
12	105.5 cd	2	117.3 abc	2
17 a	82.2 h	1	86.4 gh	1
17 b	106.4 bcd	3	106.1 de	7
17 c	79.1 h	1	81.1 h	1
18	97.2 efg	2	109.6 cde	3
21 a	102.3 de	4	108.2 cde	4
21 b	109.9 bc	3	112.4 bcd	7
23 a	112.5 ab	5	121.0 ab	8
23 b	107.9 bcd	6	109.8 cde	8
26	117.5 a	3	123.7 a	8
28	106.2 bcd	2	101.5 ef	4
29	103.6 cd	2	101.4 ef	4
IACuba-31	92.0 fg	1	96.3 f	7
J- 104	91.4 g	1	93.7 fg	1
Es(x)	2.11		3.01	

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren según prueba de Duncan a ($P < 0.05$)

Escala de evaluación acame

- 1.....sin volcamiento
- 3.....La mayoría de las plantas ligeramente volcadas (mas del 50%)
- 5.....La mayoría de las plantas moderadamente volcadas
- 7.....La mayoría de las plantas casi caídas
- 9.....Todas las plantas en el suelo

La producción de tallos fértiles (Tallos con panícula) es uno de los componentes que más influye en los rendimientos agrícolas del cultivo del arroz. En la tabla 10 se observa que en la campaña de frío 2008- 2009 fueron las líneas 23b y 23a las que produjeron la mayor cantidad de tallos fértiles/ m² con 411 y 386 respectivamente, estadísticamente superior al resto de las líneas evaluadas. En la campaña de primavera 2009 sin embargo fueron las líneas 18, 21b, 26, 17a y 17b las que tuvieron los mayores valores oscilando entre 400 y 316 panículas/ m² significativamente superior a las variedades de arroz comercial blanco IACuba-31 y

J- 104. Con relación a los tallos infértiles los valores fueron bajos en todos los tratamientos sin diferencia estadística entre ellos en ambas campañas.

Tabla 10: Tallos fértiles e infértiles de las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008– 2009 y Primavera 2009)

Líneas	Frío 2008- 2009		Primavera 2009	
	Tallos fértiles (No/ m ²)	Tallos infértiles (No/ m ²)	Tallos fértiles (No/ m ²)	Tallos infértiles (No/ m ²)
12	279 gh	4	275 d	5
17 a	274 gh	5	321 bc	4
17 b	345 de	2	316 bc	6
17 c	364 cd	4	301 c	3
18	316 f	2	400 a	4
21 a	315 f	2	275 d	3
21 b	261 h	3	326 b	11
23 a	386 b	3	267 d	4
23 b	411 a	6	241 e	4
26	330 ef	4	319 bc	2
28	316 f	5	275 d	5
29	334 ef	5	272 d	3
IACuba- 31	376 bc	8	202 f	3
J-104	293 g	3	280 d	5
Es(x)	6.98		6.69	

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren según prueba de Duncan a ($P < 0.05$).

Fue la línea 18, la que presentó la mayor longitud de la panícula en ambas campañas con valores de 26.2 y 26.1 cm en frío y primavera respectivamente (Tabla 11); le siguen en orden descendiente las líneas 12, 23b y 23a. En las dos campañas un 42 % de las líneas produjo panículas de mayor tamaño que la variedad IACuba- 31 testigo de mejor comportamiento.

Con relación al peso del grano también fue la línea 18 la que produjo granos con el mayor peso con 31.5 g por cada 1000 granos en la campaña de frío y 30.9 g en primavera significativamente superior al resto de las líneas y los testigos comerciales

de arroz blanco. A excepción de esta línea en las demás el peso de 1000 granos varió entre los 22.5 a 27g

Tabla 11: Longitud de la panícula y peso de 1000 granos de las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008– 2009 y Primavera 2009)

Líneas	Frío 2008- 2009		Primavera 2009	
	Longitud Panícula (cm.)	Peso 1000 granos (g.)	Longitud panícula (cm.)	Peso 1000 granos (g.)
12	24.8 ab	26.0 e	25.0 ab	25.7 e
17 a	21.4 ef	23.7 h	21.3 d	23.8 g
17 b	23.5 bcd	25.4 f	22.2 cd	25.2 f
17 c	20.8 f	24.3 g	21.4 d	24.1 g
18	26.2 a	31.5 a	26.1 a	30.9 a
21 a	21.3 ef	24.2 g	20.9 d	23.8 g
21 b	22.1 def	27.0 d	22.7 bcd	26.5 d
23 a	24.1 bc	23.3 i	24.9 ab	23.1 h
23 b	24.6 ab	23.6 hi	24.9 ab	24.2 g
26	22.7 cdef	25.9 e	24.0 abc	26.0 e
28	22.7 cde	23.3 hi	21.0 d	23.2 h
29	21.8 def	22.7 j	20.9 d	22.5 i
IACuba- 31	22.8 cde	29.4 c	22.8 bcd	28.8 c
J-104	21.9 def	30.2 b	21.1 d	30.1 b
Es(x)	0.56	0.13	0.76	0.15

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren según prueba de Duncan a ($P < 0.05$).

En la tabla 12 se observa que en la campaña de frío 2008- 2009 fueron las líneas 17b, 23b, 12 y 23a las que lograron llenar la mayor cantidad de granos por panícula, mientras, que en primavera 2009 las de mejor comportamiento fueron las líneas 21a, 28, 12 y 21b. La cantidad de granos llenos/ panícula es otro de los factores que más influye en los rendimientos agrícolas del arroz.

El mayor número de granos vanos/ panícula en la campaña de frío se produjo en la variedad J- 104 y en las líneas 29, 28, la variedad IACuba- 31y la línea 26. En primavera fueron las líneas 26, 17b, 21a y 21b las de mayor vaneos del grano.

Tabla 12: Granos llenos y granos vanos por panícula de las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008– 2009 y Primavera 2009).

Líneas	Frío 2008- 2009		Primavera 2009	
	Granos llenos/ panícula (No.)	Granos Vanos / Panícula (No.)	Granos llenos/ panícula (No.)	Granos Vanos / Panícula (No.)
12	113.0 ab	11.2 bc	95.2 bc	12.8 i
17 a	93.2 abc	8.4 c	58.7 g	26.4 fgh
17 b	119.0 a	16.7 bc	74.9 ef	42.4 a
17 c	73.2 cde	11.5 bc	70.4 f	31.6 cdef
18	82.5 bcde	23.4 bc	70.7 def	26.6 efgh
21 a	69.1 cde	25.1 b	105.2 a	41.6 a
21 b	75.5 cde	20.2 bc	94.1 bc	38.4 ab
23 a	112.4 ab	23.4 bc	85.8 cd	36.2 bc
23 b	113.5 ab	19.6 bc	81.3 de	32.0 cde
26	52.1 e	26.1 b	78.7 def	42.4 a
28	91.6 abcd	43.2 a	100.3 ab	24.1 h
29	56.6 de	48.4 a	86.4 cd	29.9 defg
IACuba-31	83.5 bcde	26.5 b	81.1 de	33.0 bcd
J- 104	55.0 e	49.8 a	75.8 ef	25.6 gh
Es(x)	10.77	4.73	3.20	1.77

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren según prueba de Duncan a ($P < 0.05$).

En la tabla 13 se aprecia que de manera general se manifestó pobre tolerancia al hongo *P. grisea*, sólo la línea 17b, fue resistente al hongo y la 26 y 17a moderadamente resistentes. Las demás líneas fueron susceptibles a la enfermedad con excepción de la 17c con un valor intermedio y la 12 moderadamente susceptible.

Fueron mayores los valores de infección del hongo *P. grisea* en todas las líneas de arroz con pericarpio rojo del ensayo en cama de infección de esta campaña que el desarrollado en los estudios observacionales, lo cual demuestra la variabilidad de esta enfermedad de un año a otro.

El comportamiento de las líneas frente a *T. orizicolus* fue similar al obtenido en los estudios observacionales solo la línea 26 fue resistente y las líneas 12, 18 y 23b fueron intermedia, el resto fue susceptible a esta plaga.

En la década de los 70 del pasado siglo las arrozceras de nuestro país fueron destruidas por la Sogata y aunque en los últimos años no ha estado dentro de las plagas de mayor incidencia y afectaciones al arroz, es importante seleccionar variedades con buen comportamiento, por el peligro potencial que esta encierra no solo por los daños directos al alimentarse de las plantas sino por la posible transmisión del virus de la hoja blanca que produce grandes afectaciones al cultivo, por tanto aquellas líneas susceptibles son eliminadas a no ser que se tenga otros intereses en éstas y por los bajos volúmenes de siembras, aislamiento de las áreas y lejanía de los macizos arrozceros no constituyan una fuente de transmisión de la plaga.

Tabla 13: Tolerancia a *P.grisea* y *T. orizicolus* de las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008- 2009).

Líneas	Frío 2008- 2009	
	Tolerancia <i>P. grisea</i>	Tolerancia <i>T. orizicolus</i>
12	6 MS	5-7 I
17 a	4 MR	7 S
17 b	3 R	7 S
17 c	5 I	
18	7 S	5-7 I
21 a	8 S	9 S
21 b	8 S	9 S
23 a	8 S	7 S
23 b	8 S	5-7 I
26 a	4 MR	3 R
28	9 S	7 S
29	9 S	9 S
IA Cuba -31	5 I	3 R
J- 104	8 S	4 R

Escala de evaluación *P. grisea*

- 1...Resistente (R)
- 3...Resistente (R)
- 4...Medianamente resistente (MR)
- 5...Intermedia (I)
- 6...Medianamente Susceptible (S)
- 7...Susceptible (S)
- 9.....Susceptible (S)

Escala de evaluación *T. orizicolus*

- 1.....Resistente (R)
- 3.....Resistente (R)
- 5.....Intermedia (I)
- 5- 7...Intermedia (I)
- 7.....Susceptible (S)
- 9.....Susceptible (S)

El mayor rendimiento agrícola en la campaña de frío 2008- 2009 lo obtuvo la línea 23a con 6.72 t/ha significativamente superior al resto de las líneas y variedades testigos, le siguen en orden decreciente las líneas 23b, 21b, 17b y 18 con 6.3, 5.76, 5.66 y 5.61 t/ha respectivamente (Tabla 14). Todas las líneas de arroz con pericarpio rojo produjeron rendimientos agrícolas superiores a la variedad J- 104, variando entre 1.01 a 3.7 t/ha más que ésta y el 58% de las líneas rindió más que la variedad IACuba-31.

En la campaña de primavera 2009 fue la línea 18, la de mayor rendimiento con 4.82 t/ha significativamente superior a la línea 21a que alcanzó el segundo mayor rendimiento 4.43 t/ha; le siguen en orden las líneas 12 con 4.14 t/ha y la 26 con 3.80 t/ha. Al igual que en la campaña de frío todas las líneas rindieron más que el testigo J- 104 y el 58% rindió más que la IACuba- 31. El acortamiento del ciclo de vida en primavera y las pérdidas ocasionadas por el acame en algunas líneas provocó que de manera general los rendimientos agrícolas en casi todas las líneas fueran más bajos en esta campaña que en la de frío.

Tabla 14: Rendimiento agrícola de las líneas de arroz con pericarpio rojo (Frío 2008–2009 y Primavera 2009)

Líneas	Rendimiento agrícola t/ha	
	Frío 2008- 2009	Primavera 2009
12	4.03 f	4.14 c
17 a	5.28 d	3.12 hi
17 b	5.66 c	3.30 efgh
17 c	4.58 e	3.50 e
18	5.61 c	4.82 a
21 a	5.25 d	4.43 b
21 b	5.76 c	3.48 e
23 a	6.72 a	3.18 ghi
23 b	6.31 b	3.24 fghi
26	4.25 f	3.80 d
28	4.54 e	3.31 efgh
29	4.09 f	3.43 ef
IACuba-31	5.03 d	3.38 efg
J- 104	3.02 g	3.05 i
Es(x)	0.09	0.07

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren según prueba de Duncan a ($P < 0.05$).

En la tabla 15 se aprecia que en la campaña de frío 2008- 2009 el mayor rendimiento en arroz integral total se obtuvo en las líneas 21a, 17a, 28 y 17c con valores de 84.41, 84.26, 84.26 y 84.13 respectivamente. Todas las líneas excepto la 18 alcanzaron valores superiores en este parámetro que las variedades de arroz comercial J- 104 y la IACuba- 31.

El arroz integral, es rico en vitaminas, minerales y oligoelementos que se encuentran fundamentalmente en el germen o embrión y en las llamadas capas aleurónicas, que envuelven al endospermo. Además del almidón, las proteínas y minerales, el arroz integral es fuente también de diversas sustancias bioactivas que parecen ejercer efecto benéfico sobre la salud humana. Se destaca el Selenio, gamma-oryzanol, la vitamina E y los compuestos fenólicos.

Estudios realizados por Lanfer (2008) mostraron que los contenidos de fenólicos solubles (libres, conjugados solubles), fueron seis veces mayores en genotipos de arroz con pericarpio pigmentado que no pigmentados, debido a la presencia de proantocianidinas y antocianidinas.

Con relación a los granos enteros integrales (Granos descascarados sin pulir) podemos plantear que es el parámetro más importante desde el punto de vista industrial en las líneas con pericarpio rojo ya que el propósito de éstas es comerse sin pulir para aprovechar todas las ventajas del arroz integral y los mayores contenidos de antioxidantes con relación al arroz blanco o pulido, lo cual contribuye a mejorar la salud humana. Fue la 17a, la de mejor comportamiento con un valor de 83.33%, le siguen en orden las líneas 17c, 17b y 21a con porcentajes de 82.95, 81.76 y 81.38 respectivamente. Todas las líneas presentaron mayor cantidad de granos enteros que la J- 104 y nueve de las 12 líneas alcanzaron valores superiores a la IACuba- 31.

Las líneas 17a, 17c, 17b y 12 fueron las que menor cantidad de granos partidos integrales con valores de 0.93, 1.09, 1.25 y 1.66 % respectivamente coincidiendo las tres primeras con las de mayor porcentaje de granos enteros integrales. A excepción de la línea 28, las demás produjeron menor cantidad de granos partidos que la J- 104 y el 58% de estas alcanzó valores de granos partidos inferiores a la IACuba- 31.

Cuando el grano de arroz se blanquea cualesquiera que sea la variedad se reducen considerablemente los principales nutrientes, el fósforo en 57 %, el hierro en 81%, las vitaminas B1 y B6 en 98 y 66% respectivamente. En general tanto los aminoácidos esenciales como no esenciales muestran una cuantiosa reducción al llevarlo de integral a blanco, perdiendo además sus propiedades curativas. Aún cuando el destino final de las líneas de arroz con pericarpio rojo es comerse integral, por los buenos resultados en el porcentaje de granos enteros integrales también fueron pulidas con vistas a conocer el grado de resistencia de cada una de ellas a este proceso.

Los resultados reflejan porcentajes de pulido total de las líneas que oscilan desde 60.83 % en la línea 29 hasta 64.95% en la línea 17a, todas superiores a la variedad J- 104 y un 33% de estas superior a la IACuba- 31.

De manera general se aprecia que todas las líneas presentaron porcentajes de granos enteros superior a la variedad J-104 y porcentajes de partidos inferior a la misma. El 50 % de las líneas presentó mayor cantidad de granos enteros que la IACuba- 31 y el 58% presentó menor cantidad de granos partidos. Fueron las líneas 17a, 17c, 17b y 26 las de mejor comportamiento en enteros con 61.97, 61.97, 61.77 y 60.38% respectivamente y las líneas 28, 17c, 17a, 12 y 17b, las de menor porcentaje de partidos con 2.36, 2.72, 2.92, 3.0 y 3.05 respectivamente.

En la campaña de primavera a excepción de la línea 18 las demás alcanzaron valores de rendimiento integral del arroz superior al testigo J-104 mientras que a excepción de la línea 18 y 21b las restantes obtuvieron valores por encima de la IACuba- 31(Tabla 16).

Con relación a los granos enteros integrales los mejores resultados coincidieron con las líneas de mayores rendimientos de arroz integral total: 28, 21a, y 29 que presentaron valores de 81.87, 81.55 y 81.52 % respectivamente. Otras líneas con buenos resultados fueron la 12 (80.87%), 17a (80.25%) y 17c (80.22%). Las líneas de arroz rojo mostraron valores de granos partidos integrales entre 1.15 y 4.61% inferiores a ambos testigos de arroz comercial.

El rendimiento en pulido total del arroz en las líneas varió de 60.91 a 64.83%, excepto la 23a, las demás tuvieron mejor comportamiento en este parámetro que la J- 104 y el 25 % alcanzó valores superiores a la IACuba- 31.

Similar a la campaña de frío los porcentajes de granos enteros pulidos en las líneas de arroz con pericarpio rojo estuvieron por encima de 52 %. Fueron las líneas 17c, 12 y 26 las de valores más elevados con 61.18, 60.69 y 60.19 %. Todas las líneas produjeron más granos enteros que la J- 104 y el 58% de estas produjo más que la IACuba- 31.

Los porcentajes de partidos variaron desde 2.48% en la línea 17c hasta 8.30% en la línea 21b. Todas las líneas presentaron valores de granos partidos inferiores a la J- 104 y a excepción de la línea 21b las demás presentaron valores inferiores a la IACuba- 31.

De manera general en la campaña de frío se alcanzó un mayor promedio de rendimiento de arroz integral total que en primavera, pero menor porcentaje de granos enteros integrales y granos enteros pulidos así como mayor promedio de granos partidos integrales y granos partidos pulidos a pesar de que en primavera fueron realizados dos pases de pulido y en frío solo uno, lo que corrobora la mejor calidad del grano en la campaña de primavera.

Tabla 15: Rendimiento industrial de las líneas de arroz con pericarpio rojo.

Líneas	Campaña de frío 2008-2009					
	Rendimiento arroz integral (%)			Rendimiento arroz pulido (%)		
	Integral total	Granos enteros	Granos partidos	Pulido total	Granos enteros	Granos partidos
12	79.12	77.30	1.66	62.48	59.42	3.00
17 a	84.26	83.33	0.93	64.95	61.97	2.92
17 b	83.00	81.76	1.25	64.82	61.77	3.05
17 c	84.13	82.95	1.09	64.82	61.97	2.72
18	80.30	77.33	2.97	62.44	56.95	5.49
21 a	84.41	81.38	2.86	64.17	55.40	8.57
21 b	82.00	78.15	3.77	63.05	53.79	9.20
23 a	81.83	76.12	5.38	63.43	54.98	8.07
23 b	81.97	75.92	5.89	62.64	52.53	9.49
26	81.35	78.67	2.68	64.57	60.38	4.13
28	84.26	73.09	10.92	62.25	59.82	2.36
29	83.30	78.81	4.41	60.83	52.24	8.16
IACuba-31	80.72	71.37	9.18	56.32	39.64	16.11
J- 104	80.54	76.76	3.70	64.49	57.59	6.90
Promedio	82.23	78.07	4.05	62.94	56.32	6.44

Tabla 16: Rendimiento industrial de las líneas de arroz con pericarpio rojo.

Líneas	Campaña de primavera 2009					
	Rendimiento arroz integral (%)			Rendimiento arroz pulido (%)		
	Integral total	Granos enteros	Granos partidos	Pulido total	Granos enteros	Granos partidos
12	82.10	80.87	1.15	64.42	60.69	3.67
17 a	82.31	80.25	1.97	63.00	59.98	2.89
17 b	82.18	79.72	2.38	64.39	59.89	4.37
17 c	82.27	80.22	1.64	63.73	61.18	2.48
18	79.96	77.48	2.40	61.61	53.10	8.08
21 a	83.90	81.55	2.26	62.67	54.71	7.46
21 b	80.85	77.38	3.39	61.80	53.19	8.30
23 a	82.32	77.63	4.61	60.91	52.73	7.88
23 b	81.20	77.55	3.48	62.73	54.99	7.43
26	81.06	79.36	1.62	64.83	60.19	4.18
28	83.97	81.87	2.01	65.10	58.93	6.04
29	83.78	81.52	2.18	65.13	59.36	5.44
IACuba-31	80.80	73.70	7.02	61.31	49.41	11.59
J- 104	81.00	74.37	6.47	64.65	56.28	8.11
Promedio	81.99	78.82	3.04	63.31	56.76	6.28

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los análisis previamente hechos de los resultados de estas variedades de arroz rojo estudiadas, podemos concluir que:

Se manifestó una amplia variabilidad genética en el arroz con pericarpio rojo de la provincia de Sancti Spíritus, pero solo el 15 % de estos presentó características agronómicas favorables.

Las líneas de arroz con pericarpio rojo presentaron una pobre tolerancia a Piricularia y Sogata solo la línea 17b fue resistente al hongo *P. grisea* y las líneas 26, 17a y 12 manifestaron un comportamiento intermedio, mientras, que la línea 26 fue la única resistente a *T. orizicolus* y las líneas 12, 18 y 23b presentaron una reacción intermedia.

Las líneas de arroz con pericarpio rojo seleccionadas manifestaron un elevado potencial productivo alcanzando rendimientos agrícolas superiores a la variedad J- 104 y un 58 % de estos valores por encima de la IACuba- 31.

Las líneas de arroz con pericarpio rojo seleccionadas mostraron un elevado rendimiento industrial con valores de granos enteros integrales que oscilaron de 73.09 a 83.33% en la campaña de frío y 77.38 a 81.87% en primavera así como porcentajes de granos enteros pulidos superior al 52% en ambas campañas.

Fueron las líneas 26, 18, 23b y 12 las de mejor comportamiento integral

6. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta las Conclusiones a las que se llegó sobre los resultados del trabajo, se recomienda a la ciencia:

1. Realizar estudios de los contenidos nutrimentales de las líneas de pericarpio rojo incluyendo proteínas, hierro así como compuestos antioxidantes.

7. BIBLIOGRAFIA.

- & Abrov, A. Y. y E. A. Rolisninikov. 1971 Sobre las causas del arroz cultivado por formas silvestres de arroces rojos. Instituto Nacional de Investigaciones Científicas del Arroz. Folleto traducción del Ruso. p. 41- 44
- & Antigua, G. y R. Galano. 1981. Estudio sobre el control químico del arroz barbudo de glumelas negras. Cienc. Tec. Agric. Arroz. Volumen 4. No. 1 enero.
- & Arango, R. 1954. Guía arrocera nacional. La Habana. Cuba. Editorial Argos.
- & Baldi, G. 1971 Presenza del carattere Pericarpo rosso in varietà di riso coltivate (O. sativa). Il riso 20: 299-302.
- & Botanical. 2010. Producción y clases de arroz. En sitio Web: www.botanical-online.com/arrozproduccioniclasas.htm. [Consultado el 8 de Junio del 2010].
- & Castillo, D., A. A. Hernández, C. Benedito de Barber, S. Barber, J. Martínez e I. H. Duffay. 1997. Criterios sobre la calidad del arroz en Cuba. Ponencia presentada en la X Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe. Acarigua. Venezuela. 3-5 de Marzo.
- & Castro, H. A. 1999. Manejo de arroces contaminantes en áreas productoras de arroz comercial de Costa Rica. Informe. Taller Global de Control de Arroz rojo. 30 de Agosto-3 de Septiembre. Varadero. Cuba.
- & Chin, D. V., et al., 1999. Weedy rice situation in Vietnam. Informe. Taller Global de Control de Arroz Rojo. 30 de Agosto-3 de Septiembre. Varadero. Cuba. división de producción y protección de Plantas. FAO.
- & Clavijo, J. 1988. El arroz rojo y su interferencia en el cultivo del arroz. El arroz Colombiano: retrospectivas, desarrollo, proyección, alimentos, subproductos para la ganadería. Bogotá. Colombia. p. 64-66.
- & Craigmiles, J. P. 1978. Red rice research and control. Proceedings of red rice Symposium held at Texas and M. University. p. 5.

- & Constantin, M. J. 1960. Characteristics of red rice in Louisiana PhD. Dissertation. Louisiana State Univ. and Agric. and Mechanical College Baton Rouge. L. A. 95 p.
- & DE MIRA, NÁDIA V.M., MASSARETTO, ISABEL L., PASCUAL, CRISTINA S.C.I., LANFER-MARQUEZ, URSULA M. Comparative study on phytochemical compounds of chemical of different Brazilian rice cultivars. Journal of Food Composition and Analysis, 2008. Accepto para publicación.
- & Delouche, J. C. and A. A. Do Lago. 1982. Red rice phenotypes in Mississippi. Proceedings. Ninetenn^{ht} rice Technical Working Group. Hot Springs. Arkansas. February, 23- 25.
- & De Souza, P. R. 1989. Arroz vermelho: um grande problema. Lavoura arrozeira 42: 30-31.
- & Diallo, S. 1999. Problème posé par le riz rouge en riziculture au Sénégal. Report of the global workshop on red rice control, 30 August-3 September, Varadero, Cuba, 45-49.
- & Diarra, A, R., J. Smith, Jr and R. E. Talbert. 1985. Red rice (*Oryza sativa* L.). Dissertation. Abstracts international. Vol. 46. No 10. April.
- & Diarra, A, R., J. Smith, Jr and R. E. Talbert. 1985 b. Interference of red rice (*Oryza sativa*) with rice (*Oryza sativa*). Weed Science. 33: 644-649
- & Dobson, W. R. 1900. Rice weeds in Louisiana. Louisiana Agric. Exp. Stn. Bull 61: 402- 433.
- & **FAO**. 1999. *Report of the Global workshop on red rice control*. Varadero, Cuba, 30 August-3 September, pp. 55.
- & FAO. 2000. Base de datos FAOSTAT y USDALERS. In situación y perspectivas del arroz 2000. Foro Arroceros Latinoamericano. Volumen 6, No 1. Marzo. p. 19.
- & FAO. 2004. Reporte Anual Sobre la Alimentación 12 P.
- & Federici, M. T., et al., 2001. Analysis of Uruguayan weedy rice genetic diversity using AFLP molecular markers. EJB Electronic Journal of Biotechnology. (Disponible en <http://www.ejb.org/content/vol4/issue3/full/3>)

- & Fletes, M. S. 1999. Evaluación de la maleza arroz rojo (*Oryza sativa*) en las principales zonas arroceras de Nicaragua. Report of the global workshop on red rice control. 30 August-3 September, Varadero, Cuba. 41-44.
- & García, J., et al., 1998. Biotipos principales de arroz rojo en Sancti Spíritus. Resúmenes del Primer Encuentro Internacional de Arroz. Junio del 9 al 11. La Habana, Cuba.
- & García de la Osa, J. y Rivero, L. E. 1999. El arroz rojo. Estudios y perspectivas de su manejo en la producción arroceras cubana. Report of the Global Workshop on Red Rice Control, 30 August-3 September, Varadero, Cuba. 25-31.
- & Ghesquière, A. 1999. Report to European Commission of the research project biology and control of red rice, FAIR CT 1496, coordinated by Ferrero, A.
- & Gonzáles, F. J. 1985. El arroz rojo y su control. In. Tascón, E. y E. García (eds) Arroz, investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. Colombia. pp. 459-475.
- & Grist, D. H. 1975. Rice. Tropical Agricultura Series, 4. Longrans. London. 601 pp.
- & Hernández, L. 1971. Arroz Rojo, Amenaza de las Variedades Comerciales en Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SAG. Centro de Investigaciones Agrícolas de Sinaloa (CIAS). Circular CIAS No. 11. 2da edición. México. Junio.
- & Hernández, L., J. L. Armenta y T. Nieves. 1976. "Arroz Rojo" Amenaza de las Variedades Comerciales en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SAG. Centro de Investigaciones Agrícolas de Sinaloa (CIAS). Circular CIAS No. 70. 2da edición. México. Julio.
- & Hoagland, R. E. and R. N. Paul. 1978. A comparative SEM study of red rice and several commercial rice (*Oryza sativa*) varieties. Weed Sci. 26: 619-625.
- & Holm, L., J. P. et al., 1979. A Geographical Atlas of World Weeds. Jhon Willley & Sons. New York. USA 391 pp.

- & Holm, L. R. et al. 1997. The Wild rices. *Oryza sativa* L., *Oryza punctata* Kotschy ex Steud., *Oryza rufipogon* Griff., *Oryza barthii* A. Chev. (syn. *O. breviligulata* A. Chev. Et Roehr) and *Oryza officinalis* Wall ex Watt. En World weeds. Natural histories and distribution. New York, John Wiley and Sons, Inc. 531-547.
- & Instructivo técnico del cultivo del arroz MINAG. 2006
- & Jaramillo, A. 1987. Arroz rojo y nuevos métodos químicos para su control. Información Técnica (USA). 9(3):17. Fersan informa. pp. 86-96.
- & Khush, G. S. 1997. Origin, dispersal cultivation and variation of rice. Plant molecular biology, 35: 25-34.
- & Kwon, S. L., et al., 1992. Comparative growth and development of red rice (*Oryza sativa*) and rice (*O. sativa*). Weed Sci. 40: 57-62.
- & Langevin, S. A., et al., 1990. the incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed red rice (*Oryza sativa* L.) evolution. 44 (4). P. 1000- 1008.
- & Lanfer- Marquez, Ursula M., Isabel Louro, Nadia V.M. de Mira. Oryzanol y otros compuestos bioactivos en arroz producido en Brasil. Resúmenes. IV Encuentro Internacional del Arroz. 2 al 6 de Junio de 2008. La Habana, Cuba.
- & Livore, A.B. 2000. Granos panza Blanca. PROARROZ "Resultados Experimentales 1999-2000" pp. 27-36.
- & López, E. y R. Morejón. 1998. Diversidad de biotipos de arroz rojo en áreas del CAI Arrocero "Los palacios". Clasificación Preliminar. Resúmenes del Primer Encuentro internacional de Arroz. La Habana. Cuba.
- & Martínez C. P, J. Borrero, J. Tohme. 2006. Variedades de Arroz con Mayor Valor Nutricional para combatir la Desnutrición en América Latina. Conferencia impartida en el Segundo Congreso Arrocero CONARROZ. Junio 29 – 30. 2006. San José, Costa Rica. 11P
- & Martínez Grillo, J. 1999. Comunicación personal. UCAIA. MINAGRI.
- & Martínez. Vicente Copyright 1999 -2007.El mundo de las Plantas

- & Montealegre, F. A. y J. Clavijo. 1992. Caracterización morfológica de algunos tipos de arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en Colombia. *Arroz*. Vol. 41. No. 378. p. 18-25. Mayo-Junio.
- & Montealegre, F. A. y J. Clavijo. 1994. Efectos ambientales y genéticos en la germinación y dormancia de los arroces rojos. *Arroz*. Vol. 43. 389. p. 14-20.
- & Montealegre, F. 1996. Manejo cultural del arroz rojo. *Arrocero moderno con el mejor entorno ambiental*. FEDEARROZ. Santa Fé de Bogotá. Colombia. p. 145-147.
- & Ortíz, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de Maestría de la Universidad Central de Venezuela. 117 p.
- & Ortíz, A. 1999. Situación del arroz rojo en Venezuela. Informe Taller Global de Control de Arroz Rojo. 30 de Agosto-3 de Septiembre. Varadero. Cuba. división de producción y Protección de Plantas. FAO.
- & Pérez, J., et al., 1973. Variación en *Oryza sativa* L. Grupo Nacional de Arroz. INRA. La Habana. Cuba. 5 p.
- & Pérez, J. M., D. Boch y L. Rivero. 1994. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. MINAGRI. 66 p.
- & Pérez, J. L. 1999. Informe anual de Sanidad Vegetal. MINAGRI. CAI Arrocero "Sur del Jíbaro".
- & Pérez, J. L. 2000. Resumen histórico de la infestación de mezclas en el CAI Arrocero "Sur del Jíbaro".
- & Pérez, Raquel, R, Alfonso, Ana Adelfa Hernández, Carmen Porrata, D. Castillo, Izanys Collazo. El arroz integral y su importancia en la dieta del hombre. Resúmenes. IV Encuentro Internacional del Arroz. 2 al 6 de Junio de 2008. Palacio de Convenciones de la Habana, Cuba.
- & Ponnampertuma, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* 24: 29-96.
- & Poole, S. 1980. Ducks: They clean up and make good eating. *The Rice Journal*. Vol. 83. No. 8.

- & Porrata, Carmen. Macrobiótica: Su implementación en Cuba. Conferencia magistral. III Congreso Internacional del Arroz y III Congreso Nacional del Arroz. 6 al 10 de Junio de 2005. Palacio de Convenciones de la Habana, Cuba.
- & Smith, R. J., Jr. 1981 Control of red rice (*Oryza sativa*) in water seed rice (*Oryza sativa*). *Weed Science*. 29: 663- 666.
- & Standard Evaluation System for Rice del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), 1975.
- & Svinariov, V. I. 1960. Procesos de formación en las arroceras en el Delta del Rio Volga. Informe de la Academia de Ciencias de la URSS. Tomo 132. No 5.
- & Tarditi, N. y Vercesi, B. 1993. Il riso crodo: un problema sempre più attuale in risicoltura. *L'Informatore Agrario* 11: 91-95.
- & UCAIA, MINAGRI. 1999 b. Informe de áreas afectadas por mezclas varietales en las diferentes zonas arroceras del país. La Habana. Cuba.
- & UCAIA, MINAGRI. 1999. Programa de desarrollo arrocero. La Habana. Cuba.
- & Vaughan, L. K., et al., 2001. Is all red rice found in commercial rice really *Oryza sativa*? *Weed Sci.* 49: 468-476.
- & Veras, R. D. 1984. Separation of red rice and medium grain rice from long grain rich. A Thesis submitted to the faculty of Mississippi State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science in Departament of Agronomy.
- & Violeta Puldón; E. Suárez, R. Alfonso, J. L. Hernández; P. J. Gómez; Edelis Perdomo, D. Suárez; S. Rodríguez. Identificación de Genotipos con Mayor Valor Nutricional. *Revista Cubana del Arroz V1N9 2007*
- & Yoshida, S. 1981. Growth and the development of the rice plant. p. 1-63 in Yoshida, ed. *Fundamentals of rice crop science*. Int. Rice Res. Inst. los Baños. Philippines.
- & ZHOU, Z.; ROBARDS, K; HELLIWELL S.; BLANCHARD C. The distribution of phenolic acids in rice. *Food Chemistry*, v.87, p.401-406, 2004.