



CETAS

Centro de Estudios
para la Transformación Agraria Sostenible

**UCF Carlos Rafael Rodríguez
SUM Aguada**

**PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PARA LA TESIS EN OPCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO.**



TÍTULO: Estudio comparativo de tres variedades de arroz (*Oryza sativa L.*), en un agroecosistema del municipio de Aguada de Pasajeros.

AUTOR: Rafael Gómez Mondeja.

TUTOR: Lic. Freddy Ramírez González. Msc.

Aguada, julio de 2012.

Síntesis.

El trabajo se realizó en áreas de la CCS Patricio Lumumba, de la Empresa Agropecuaria Aguada, en el agroecosistema Chafarina, del municipio de Aguada de Pasajeros, provincia Cienfuegos. Las variedades evaluadas fueron: Perla de Cuba, BT 6881 y Prosequicia, todas de reciente introducción en la localidad y al municipio, sobre suelo oscuro plástico. El experimento de campo se montó en época de frío, usando un diseño experimental bloque al azar, con tres tratamientos y 10 réplicas. La siembra se efectuó por trasplante, el 15 de febrero del 2011. En todas las variedades se midieron las siguientes variedades morfológicas: Altura de la planta en (cm), Longitud de panículas (cm), Número de hijos por planta, Número de granos por panículas, Número de hijos fértil por planta, Número de hijos infértil por planta, Peso de 1000 granos en (g) y el Rendimiento ($t. ha^{-1}$). Se evaluó también en el cultivo las variables: Días 50% Paniculación, Días hasta la cosecha, Resistencia al ácaro (*Steneotarsonemus. Spinki*), Resistencia a la sogata (*Togasodes oryzicola*) y Resistencia al acame. Los resultados indican que El agroecosistema de Chafarina se caracteriza por tener un clima favorable para el cultivo del arroz, un sistema de explotación intensiva y de monocultivo, con un alto empleo de químicos, bajos niveles de biodiversidad animal, pobre reciclaje de la materia orgánica y alta dependencia de insumos externos. En las condiciones del agroecosistema Chafarina las variedades Perla de Cuba, IACuba 43 y Prosequici 4 exhiben valores del rendimiento y sus componentes superiores a la media del municipio. El peso de 1000 granos, la longitud de las panículas y el número de granos por panícula como las variables que más inciden sobre el rendimiento en los modelos de regresión lineal.

Palabras clave: arroz, agroecosistema, Aguada

SYNTHESIS

The investigation is bounded in the territory of the municipality of Watery of Passengers and inside this in the Agricultural First Establishment of May, where a project of development of banana productions is elaborated to contribute to cover the alimentary necessities of the territory. A study of the floors of Establishment Agricultural Synthesis is also exposed.

The work was carried out in areas of CCS Patricio Lumumba, of the Agricultural Watery Establishment, in the agroecosistema Chafarina, of the municipality of Watery of Passengers, county Cienfuegos. The evaluated varieties were: Perla from Cuba, BT 6881 and Prosequicia, all of recent introduction in the town and to the municipality, on dark plastic floor. The field experiment was mounted in time of cold, using a design experimental block at random, with three treatments and 10 replicas. 15 of transplant, high rail of for of it made of himself of The siembra of 2011 of supr of February. In all the varieties the morphological following varieties were measured: Height of the plant in (cm), panículas (cm) Length, children's Number for plant, Number of grains for panículas, fertile Number of children for plant, children's infértil Number for plant, Weight of 1000 grains in (g) and the Yield (t. There is - 1). It was also evaluated in the cultivation the variables: Days 50% Paniculación, Days until the crop, Submitted to the acarid (*Steneotarsonemus. Spinki*), Submitted to the sogata (*oryzicola* of *Togasodes*) Submitted to the one flattens of and. The results indicate that The agroecosistema of Chafarina is characterized to have a favorable climate for the cultivation of the rice, a system of intensive exploitation and of monocultivo, with a high employment of chemical, first floor levels of biodiversity animal, poor reciclaje of the matter organic and high dependence of external inputs. Under the conditions of the agroecosistema Chafarina the varieties Perla from Cuba, IACuba 43 and Prosequici 4 exhibit values of the yield and their superior components to the stocking of the municipality. The weight of 1000 grains, the length of the panículas and the number of grains for panícula like the variables that more impacts on the yield in the models of lineal regression.

Keywords: rice, agroecosystem, Aguada

Acápite	Tabla de contenidos	Páginas
1.0	Introducción.	1
1.1	Antecedentes.	1
1.2	Justificación del estudio.	2
1.3	Problema científico	2
1.4	Hipotesis	2
1.5	Objetivos específicos.	3
1.6	Beneficios esperados.	3
1.7	Limites del alcance de la investigación.	4
2.0	Desarrollo.	5
2.1	Marco teórico de la investigación.	5
2.1.1	Valoración del contexto local, nacional y mundial.	5
2.1.2	Estado actual del conocimiento del problema de investigación.	33
2.1.3	Carencia que se quiere llenar con la investigación.	39
2.2	Materiales y métodos.	40
2.2.1	Caracterización del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.	40
2.2.2	Comparación de la respuesta de las variedades en el agroecosistema Chafarina.	41
2.2.3	Evaluación del rendimiento y sus componentes en las variedades en estudio.	42
2.3	Resultados y discusión.	45
2.3.1	Caracterización del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.	45
2.3.2	Caracterización morfológica de las variedades en condiciones de producción.	46
2.3.3	Respuesta de las variedades en la localidad en comparación con los parámetros establecidos por los genetistas del IIA.	49
2.3.4	Comparación entre las variedades en el agroecosistema de Chafarina.	50
2.3.5	Evaluación del rendimiento y sus componentes en las variedades en estudio.	52
3.0	Conclusiones.	54
4.0	Recomendaciones.	54
5.0	Bibliografía.	55

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes.

El arroz constituye el elemento básico en la dieta alimentaria cubana (Gutiérrez, 1988), es por ello que se hace necesario adoptar estrategias que permitan incrementar volúmenes de producciones de este cereal, capaz de satisfacer los déficit actuales y llegar al autoabastecimiento interno.

La producción de arroz actual en Cuba, apenas satisface entre el 55 y el 60% de la demanda nacional, que según GAIPA (2003) asciende a unas 600 mil toneladas de arroz consumo, equivalentes a un millón de toneladas de arroz cáscara seco aproximadamente.

En la producción de arroz especializado y la producción de arroz del sector no especializado están puestas las esperanzas de resolver el problema del autoabastecimiento, producto que en el Mercado Internacional se incrementa cada vez más el precio del arroz y es más difícil su adquisición, para dar cumplimiento a los objetivos previos se han introducidos nuevas variedades de arroz para evaluar las de mejor adaptación frente a las condiciones específicas de cada localidad, unido a la implementación de tecnologías de cultivo y la producción de semilla de alta calidad y valor genético que garanticen un rendimiento económicamente sostenible y sustentable (Sánchez, 2008).

Actualmente en Cuba se cultiva más de 20 variedades de arroz en diferentes condiciones agroclimáticas, que van desde la siembra mecanizadas con altos insumos hasta el método rústico empleado por los campesinos, que según Cristo, (2004) más de 10 000 hectáreas están siendo cultivadas sin que posean un total aseguramiento de agua y que potencialmente estas pueden ser incrementadas. Situación que ha conducido a la búsqueda de tecnologías y variedades adaptadas a las condiciones de secano, que permitan incrementos de los rendimientos y al mismo tiempo reducción en el consumo de agua (Fernández y Barroso, 2008).

En Cuba a partir de 1996, comienza a tener auge el cultivo del arroz a pequeña escala y mediante el Programa Nacional de Arroz Popular se establece un soporte técnico organizativo. El sistema productivo (Arroz Popular) está basado en métodos sostenibles que comprende entre ellos, las siembras por la

tecnología de trasplante como una alternativa para el ahorro de semillas, incremento de los rendimientos y la escasez de suministro de herbicidas en este sector (Santiago *et al.*, 2008).

1.2 Justificación del estudio.

El Municipio Aguada de Pasajeros es insignia en la producción de arroz en la provincia Cienfuegos y el país, donde más del 80% de las producciones arroceras se obtienen mediante sistema productivo de "arroz popular", donde es insuficiente la disponibilidad de variedades, de alto potencial productivo y se adapten a las condiciones agroproductivas de los agroecosistemas arroceros del municipio.

El establecimiento de variedades de arroz de nueva introducción en las condiciones de producción del municipio de Aguada de Pasajeros posibilitaría conocer si poseen buena adaptabilidad a las condiciones de producción de éste. Atendiendo a esta problemática nos propusimos el siguiente:

1.3 Problema científico:

No se cuenta con un amplio grupo de variedades de buena adaptabilidad a las condiciones del municipio de Aguada de Pasajeros

1.4 Hipótesis:

El establecimiento de variedades de arroz de nueva introducción en el municipio de Aguada de Pasajeros posibilitaría conocer si poseen buena adaptabilidad a las condiciones de producción de sus agroecosistemas arroceros.

1.5 Objetivo general:

Estudiar comparativamente la respuesta de tres variedades de nueva introducción en la localidad de Chafarina en el municipio de Aguada de Pasajeros.

1.5.1 Objetivos Específicos:

1.5.1.1 Caracterizar el agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.

1.5.1.2 Comparar la respuesta de las variedades Perla de Cuba, BT 6881 y la Prosequicia 4 en condiciones de producción de la localidad Chafarina del municipio de Aguada de Pasajeros.

1.5.1.3 Evaluar el rendimiento y sus componentes en las variedades Perla de Cuba, BT 6881 y la Prosequicia 4 en la localidad Chafarina del municipio de Aguada de Pasajeros.

1.6 Beneficios esperados.

- Caracterizada la ubicación y límites fisiográficos del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.
- Caracterizados los componentes fundamentales del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.
- Caracterizados los sistemas de explotación agrícola del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.
- Caracterizado el clima del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.
- Caracterizada la morfología de la variedad Perla de Cuba en el agroecosistema de Chafarina
- Caracterizada la morfología de la variedad BT6881 en el agroecosistema de Chafarina
- . Caracterizada la morfología de la variedad Prosequicia 4 en el agroecosistema de Chafarina.
- Evaluado el comportamiento del ciclo de las variedades con respecto al establecido por los genetistas del Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA).

- Evaluado el comportamiento de la resistencia a plagas, enfermedades y al acame de las variedades con respecto al establecido por los genetistas del Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA).
- Comparada la respuesta de las variables morfológicas de las variedades estudiadas en el agroecosistema de Chafarina.
- Comparada la respuesta del rendimiento y sus componentes de las variedades estudiadas en el agroecosistema de Chafarina.
- Obtenidos los modelos de regresión lineal en cada variedad estudiada en el agroecosistema de Chafarina.

1.7 Límites del alcance de la investigación.

La investigación propone el establecimiento de las variedades de arroz: Perla de Cuba, BT 6881 y la Prosequicia 4 de nueva introducción en el municipio de Aguada de Pasajeros por su buena adaptabilidad a las condiciones de producción de sus agroecosistemas arroceros a partir de la evaluación realizada en el agroecosistema de Chafarina de dicho municipio. Además puede servir como material de consulta para aquellas personas que realicen estudios similares.

2.1 Marco teórico de la investigación.

2.1.1 Valoración del contexto local, nacional y mundial.

Morfología de la Planta de Arroz.

Según CIAT (2005) el arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0m (flotantes).

Para efectos de esta descripción los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos (IIA, 2010):

A) Órganos vegetativos: raíces, tallos y hojas.

B) Órganos reproductores: flores y semillas.

Órganos Vegetativos

RAIZ.

Santiago *et al.* (2008) plantea que durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces, las seminales o temporales y las secundarias, adventicias o permanentes. De acuerdo a los autores las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación, siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias, las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes.

En los primeros estados de crecimiento las raíces son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; a medida que la planta crece, se alargan, se adelgazan y se vuelven flácidas, ramificándose abundantemente (CIAT, 2005).

Según Singh y Bajwa (1986) las raíces son protegidas en la punta por una masa de células de forma semejante a la de un dedal, que facilita su penetración en el suelo. Las raíces adventicias maduras son fibrosas, con raíces secundarias y pelos radicales, y con frecuencia forman verticilios a partir de los nudos, que están sobre la superficie del suelo. El desarrollo del sistema radical, aunque es un carácter varietal definido, está determinado por el sistema de cultivo y por la naturaleza de los suelos (CIAT, 2005).

Según Yoshida (1981) en variedades de arroz flotante, se forman raíces adventicias en los nudos más altos de la parte del tallo sumergida en el agua. En suelos inundados, la superficie exterior de las raíces activas se oxida; debido a la precipitación de compuestos férricos, las raíces oxidadas pueden ser reconocidas visualmente por su coloración rojiza, en suelos aireados, las raíces mantienen su color blanco (CIAT, 2005).

TALLO.

El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En el nudo o región nodal se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar una macolla. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja. El septo es la parte interna del nudo que separa los dos entrenudos adyacentes. El entrenudo maduro es hueco, finamente estriado. Su superficie exterior carece de vello, y su brillo y color dependen de la variedad. La longitud del entrenudo varía siendo mayor la de los entrenudos de la parte más alta del tallo. Los entrenudos, en la base del tallo, son cortos y se van endureciendo, hasta formar una sección sólida (Yoshida, 1981).

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, 2005).

Un tallo con sus hojas forma una macolla. Estas se desarrollan en orden alterno en el tallo principal. Las macollas primarias se desarrollan de los nudos más bajos, y a la vez producen macollas secundarias; y éstas últimas producen macollas terciarias. El conjunto de macollas y el tallo principal forman la planta. El número total de macollas es una característica varietal, que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente (CIAT, 2005).

HOJA.

Las hojas de la planta de arroz, según Sánchez (2008), se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de las macollas se denomina prófalo, no tiene lámina y están constituidos por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófalo aseguran por el dorso las macollas jóvenes a la original. En cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera. En una hoja completa se distinguen las siguientes partes: la vaina, el cuello y la lámina. La vaina, cuya base se encuentra en un nudo, envuelve el entrenudo inmediatamente superior y en algunos casos hasta el nudo siguiente. La vaina, dividida desde su base, está finamente surcada y es generalmente glabra. Puede tener pigmentos antocianos en la base o en toda su superficie (CIAT, 2005).

El pulvínulo de la vaina según Reis (1998) es una protuberancia situada encima del punto de unión de la vaina con el tallo, en algunos casos es confundido con el nudo. En el cuello se encuentran la lígula y las aurículas. La lígula es una estructura triangular apergaminada o membranosa que aparece en la base del cuello como una prolongación de la vaina. Las aurículas son dos apéndices que se encuentran en el cuello, tienen forma de hoz, con pequeños dientes en la parte convexa (CIAT, 2005).

Las hojas de la planta de arroz tienen lígula y aurículas, mientras que malezas comunes en los arrozales, como *Echinochloa* spp carecen de ellas, facilitando su identificación en el estado de plántula. La lámina es de tipo lineal, larga y más o menos angosta, según las variedades. La haz o cara superior tiene

venas paralelas; la nervadura central es prominente y sobre ella, en algunos casos, se enrolla la lámina. La presencia de vello en las hojas y de pigmentación antociánica en los márgenes, o en toda la lámina son caracteres varietales, con expresión variable según las condiciones ambientales. La lámina de la hoja bandera tiene un ángulo de inserción determinado, es más corta y ancha que las demás (CIAT, 2005).

Órganos reproductores.

Las Flores.

Pérez (2002) plantea que las flores de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula. La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar, cuello o base de la panícula; frecuentemente tiene la forma de un aro ciliado. El nudo ciliar o base de la panícula generalmente carece de hojas y yemas, pero allí pueden originarse la primera o las cuatro primeras ramificaciones de la panícula, y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y la de la panícula. El entrenudo superior del tallo en cuyo extremo se encuentra la panícula se denomina pedúnculo. Su longitud varía considerablemente según la variedad de arroz; en algunas variedades puede extenderse más allá de la hoja bandera o quedar encerrado en la vaina de ésta (CIAT, 2005).

Peng (1996) plantea que el raquis o eje principal de la panícula es hueco, de sus nudos nacen las ramificaciones. Las protuberancias en la base del raquis se denominan pulvínulos paniculares. En cada nudo del eje principal nacen, individualmente o por parejas, ramificaciones, las cuales a su vez dan origen a ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas. Las panículas pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la panícula. Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad. La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros (CIAT, 2005).

La espiguilla agrega Peng (1996) es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente la espiguilla del género *Oryza* se compone de tres flores, pero solo una se desarrolla. Una espiguilla consta de dos lemmas estériles, la raquilla y la florecilla. Las lemmas

estériles envuelven la flor por debajo de la raquilla. La raquilla es el eje que sostiene la flor. Las brácteas llamadas glumas florales o fértiles o simplemente glumas son: la lemma, que tiene forma de bote con cinco nervios, y la palea, con tres nervios, que ocupa la posición opuesta. Estas brácteas superiores posteriormente formaran la cáscara de la semilla (CIAT, 2005).

El nervio central de la lemma, quilla de la lemma, puede ser liso o pubescente. La arista, una prolongación de la quilla, es una formación filiforme ubicada en el ápice de la lemma; su presencia está condicionada por factores hereditarios y la influencia del ambiente. La flor consta de seis estambres y un pistilo. Los estambres son filamentos delgados que sostienen las anteras alargadas y bífidas, las cuales contienen los granos de polen. En el pistilo se distinguen el ovario, el estilo y el estigma. El ovario es de cavidad simple y contiene un sólo óvulo. El estilo es corto y termina en un doble estigma plumoso (CIAT, 2005).

Las lodículas son dos protuberancias redondeadas y transparentes que se encuentran en la base de la flor, al lado de la palea. Durante la antesis las lodículas se ponen turgentes logrando que la lemma y la palea se separen, simultáneamente se alargan los estambres y las anteras emergen. La dehiscencia de las anteras puede efectuarse antes o al mismo tiempo en que se abren las glumas, mostrando tendencia a la cleistogamia. Después de que las anteras hayan derramado el polen las glumas se cierran (CIAT, 2005).

La Semilla.

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente. Consta de la cáscara formada por la lemma y la palea con sus estructuras asociadas, lemmas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lemma, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación. Debajo de la lemma y la palea hay tres capas de células que constituyen el pericarpio; debajo de éstas se encuentran dos capas, el tegumento y la aleurona (CIAT, 2005).

El embrión consta de la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo, y la radícula está envuelta por la coleorriza. El grano de arroz descascarado es un cariopside; se conoce con el nombre de arroz integral, y aun conserva el pericarpio de color marrón rojizo o púrpura. Los denominados arroces rojos

tienen el pericarpio de este color y algunos también el tegumento (CIAT, 2005).

En las variedades con endospermo glutinoso o ceroso la fracción almidonosa está compuesta íntegramente por amilopectina y, pigmentos, que toman coloración marrón rojiza en presencia de lugol (yodo y yoduro de potasio). En los tipos comunes de endospermo no ceroso o no glutinoso la fracción almidonosa contiene amilosa más amilopectina, y se torna azul oscuro con lugol (CIAT, 2005).

Según Los granos de arroz pueden clasificarse según su longitud en:

Extra largo (EL) 7,6 mm o más

Largo (L) 7,5 mm a 6,6 mm

Medio (M) 6,5 mm a 5,6 mm

Corto (C) 5,5 mm o menos

Germinación de la Semilla de Arroz.

Las semillas de arroz sin latencia, GAIPA (2002) pueden germinar inmediatamente después de su maduración. Las semillas con latencia requieren un período natural de reposo, que puede romperse artificialmente descascarándolas o sometiéndolas a tratamientos especiales.

Si las semillas germinan en agua agregan, GAIPA (2002), el coleóptilo que contiene las hojas embrionarias emerge antes que la coleorriza. Cuando las semillas de arroz germinan en un ambiente aireado, como el de los suelos con buen drenaje, surge primero la coleorriza. Luego la radícula rompe la coleorriza poco después de que esta aparece; la siguen dos o más raíces seminales, las cuales desarrollan raíces laterales. Estas mueren posteriormente y son reemplazadas por raíces adventicias. El coleóptilo emerge como una estructura cilíndrica, y al romperse por el ápice se desarrolla la hoja primaria y posteriormente la secundaria. El mesocótilo se alarga cuando las semillas germinan en el suelo sin luz; él eleva el coleóptilo sobre la superficie del suelo (GAIPA, 2002).

Ciclo biológico de la planta de arroz.

Este ciclo se inicia con la fecundación y el desarrollo subsiguiente de la planta embrionaria (plántula de arroz no nacida). La planta embrionaria germina en

una plántula, que crece a continuación hasta constituir una planta madura. En los trópicos, las variedades de arroz completan su ciclo de vida dentro de un período general que va de 110 a 210 días, cayendo el módulo entre 100 y 150 días (GAIPA, 2002).

Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz.

Como se poliniza y fecunda el arroz.

Cuando la flor del arroz está a punto de brotar, expresa IIA (2001), los lóculos se hinchan, empujando y separando a la lema y la pálea. Este proceso permite la elongación y salida de los estambres, por encima del flósculo abierto. La apertura del flósculo va seguida por la rotura de las anteras, que esparcen sus granos de polen (esporas machos). Después que los granos de polen se derraman de los sacos de las anteras, la lema y la pálea se cierran. La transferencia de los granos de polen al estigma completa el proceso de polinización (IIA, 2001).

La polinización va seguida por la unión (fecundación) de una espora hembra con un núcleo de esperma, para formar el embrión diploide. Mientras tanto, en el saco embrionario, la unión de un segundo núcleo de esperma con dos núcleos polares, produce el endospermo triploide. El grano de arroz se desarrolla después que se completan la polinización y la fecundación (IIA, 2001).

Fase fisiológica del proceso de crecimiento.

El ciclo completo de vida de las plantas de arroz puede dividirse en las siguientes fases (según CIAT, 2005):

FASES	DURACION
*Vegetativa básica o activa	De 25 a 65 días, para la mayoría de las variedades.
*Vegetativa retardada (de la fase vegetativa básica al comienzo de la	Varía considerablemente, de acuerdo con la longitud del día, en las

formación de las panojas).	variedades estacionales.
*Reproductiva (del comienzo de formación de las panojas a la floración).	Unos 35 días, sea cual fuere la variedad.
*Maduración (de la floración a la maduración).	De 25 a 35 días, sea cual fuere la variedad.

Duración de cada fase de crecimiento (según CIAT, 2005).

Etapas	Fecha de aparición a partir de la plántula	Fechas de aparición en relación a la fecha esperada de madurez
1- comienzo de formación de la panoja.	Unos 60 a 70 días después de la formación de las plántulas, para las variedades no	Unos 70 a 75 días antes de la fecha de maduración, sea cual fuere la variedad.

	<i>estacionales de 130 días y variable en la variedades estacionales</i>	
<i>2-Embuche</i>	<i>Unos 75 días después de la formación de las plántulas para las variedades no estacionales de 130 días, y variable en las variedades estacionales.</i>	<i>Unos 55 días antes de la fecha de maduración, sea cual fuere la variedad.</i>
<i>3- Floración</i>	<i>Unos 100 días después de la formación de plántulas para las variedades no estacionales de 130 días, y variable para las variedades estacionales.</i>	<i>De 25 a 35 días antes de la fecha de maduración, sea cual fuere la variedad.</i>

Reacción de las variedades al fotoperiodo (según CIAT, 2005).

La respuesta de las plantas de arroz al fotoperiodo se conoce como fotoperiodismo. Esta reacción se manifiesta en aspectos vitales del desarrollo de la planta, tales como la fase de floración y la de crecimiento. Así, las variedades cuyas duraciones de crecimiento aumentan o disminuyen en relación al fotoperiodo, se llaman sensibles el fotoperiodo.

No obstante la sensibilidad de las plantas de arroz a la longitud del día difiere entre variedades.

Las variedades muy sensibles al fotoperiodo son aquellas cuya duración del crecimiento varía considerablemente, dependiendo del mes o la estación en que se plantan. Dado que los agricultores plantan por lo común variedades sensibles al fotoperiodo sólo durante cierta estación del año (por lo común durante los períodos de días largos), se llaman también variedades estacionales.

Por cierto, hay variedades cuya duración de crecimiento es más o menos la misma, sea cual fuere la estación en que se plantan. Por lo tanto, estas variedades se denominan no estacionales.

Plantas de día corto y de día largo (según Ministerio de la Agricultura. 2002).

Las plantas difieren en su reacción a la longitud del día. Por ejemplo, algunas plantas florecen solamente si el fotoperiodo es más corto que cierta duración crítica. Estas plantas se denominan de día corto. Plantas de día largo son las que florecen solamente si el fotoperiodo es más largo que la duración crítica.

En general, las plantas de arroz se consideran de día corto en el sentido de que los fotoperiodos cortos hacen disminuir la duración del crecimiento. Este tipo de reacción al fotoperiodo es básicamente similar en todas las variedades; pero el grado de sensibilidad puede variar considerablemente según la variedad.

Influencia de la longitud del día sobre las plantas de arroz (Según De Datta, 1981).

Los investigadores dedujeron de los estudios sobre el comportamiento de las plantas de arroz con relación al fotoperiodo, que influyen en la floración de estas plantas de modo considerable.

1. La longitud crítica del día determina el comienzo de la formación de panojas en las plantas de arroz.
2. Ciclos fotoinductivos necesarios para inducir el comienzo de la formación de panojas.
3. Los cultivos fuera de temporada florecen tarde e irregularmente.
4. El fotoperiodo afecta a la fase de crecimiento.
5. Los períodos cortos e intermitentes de luz pueden afectar la formación de panojas.
6. La penumbra afecta mucho a las variedades sensibles.

Composición y constituyentes de la cariósida.

Balasubramanian (2000) plantea que la variabilidad de la composición y de las características del arroz es muy amplia y depende de la variedad y de las condiciones ambientales en las que se efectúa el cultivo. Los compuestos que constituyen el arroz son esencialmente: almidón, proteínas, grasas, pentosanas, ligninas y cenizas, con indicios de numerosos metales y vitaminas. Con excepción del almidón, todos los demás compuestos se encuentran en las capas externas de la cariósida y en el germen. En el arroz descascarillado el contenido proteico oscila entre el 7 y el 12%, puede variar hasta 6-7 puntos, en porcentaje, para la misma variedad, según las condiciones ambientales de cultivo (Balasubramanian, 2000).

Hidratos de carbono.

Según IIA (2011b) el almidón es el compuesto que se encuentra en mayor cantidad en el arroz: el 90% aproximadamente del peso seco del arroz elaborado. Entre otros hidratos de carbono, continúa la cita, se encuentran la celulosa y lignina. El arroz elaborado, concluye la cita, contiene un 88-90% de almidón, el 0,3-0,6 de pentosanas, el 0,2-0,6 de azúcares libres y el 0,2-0,5% de celulosa y lignina.

Compuestos nitrogenados.

El contenido de proteínas explica Balasubramania *et al.* (1999), es el segundo en importancia, después de los hidratos de carbono, en el arroz descascarillado y en el elaborado. Las proteínas, continúan los autores, se encuentran en el arroz en sus múltiples fracciones aminoácidas.

Lípidos.

Andrade (1996) expresa que las grasas, en el arroz descascarillado, representan aproximadamente el 2% del peso seco; se encuentran en mayor proporción en el germen, pericarpio y capas de aleurona, cerca de un 80%.; casi un tercio se extrae del germen

Otros constituyentes orgánicos.

En el pericarpio, y fundamentalmente en las capas de aleurona y en el germen, se concentra la mayor parte de las vitaminas presentes en el arroz. El arroz sancochado (parboiled) tiende a mantener altos los valores de las vitaminas porque durante el proceso de precocción se difunden en el endospermo amiláceo (Andrade, 1996).

Minerales.

Los constituyentes inorgánicos presentes en el arroz, ordenados según la proporción en que se encuentran son: fósforo, potasio, magnesio, silicio, calcio, cloro, sodio, hierro, zinc, manganeso y aluminio (Andrade, 1996)..

Problemas y limitaciones de la producción de arroz.

Problemas físicos.

Clima.

Los factores climáticos tales como la temperatura, la radiación solar y el viento tienen influencia sobre el rendimiento del arroz ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del grano. Estos factores también afectan indirectamente el rendimiento aumentando el daño causado por las plagas y las enfermedades (CIAT, 2005).

Temperaturas.

Según Canet *et al.* (1978a), las altas y bajas temperaturas por encima y por debajo de los límites críticos afectan el rendimiento de grano ya que inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración. Las bajas temperaturas limitan la duración del período y la tasa de crecimiento y el desarrollo de las plantas de arroz. Las altas temperaturas causan estrés térmico sobre las plantas de arroz.

Hasta el momento de la iniciación del primordio de la panoja explican Canet *et al.* (1978a), los puntos de crecimiento de las hojas y los tallos están debajo del agua y la temperatura del agua controla el crecimiento y el desarrollo de la planta. La elongación de las hojas y la altura de la planta son afectadas, sin

embargo, por la temperatura del agua y del aire. En las primeras etapas de crecimiento la temperatura del agua afecta el rendimiento por su incidencia sobre el número de panojas por planta, el número de espiguillas por panoja y el porcentaje de granos que maduran. En las etapas posteriores la temperatura del aire afecta el rendimiento incidiendo sobre el porcentaje de espiguillas no fertilizadas y el porcentaje de granos que maduran. El clima fresco favorece una mayor eficiencia del nitrógeno y la fertilización nitrogenada afecta la esterilidad en caso de bajas temperaturas (Canet *et al.*, 1978b).

Cuando las temperaturas se encuentran por encima o por debajo de niveles críticos, la provisión de nitrógeno tiene poco efecto sobre la esterilidad. La aplicación de mayores cantidades de fertilizantes fosfatados alivia los efectos adversos de altas cantidades de nitrógeno en la etapa reproductiva a bajas temperaturas. Existen variedades con tolerancia a bajas temperaturas durante la etapa de plántula. En caso necesario, es preferible seleccionar variedades que presenten resistencia al frío y que estén adaptadas a la región (Canet *et al.*, 1978b).

Efecto de la temperatura (°C) sobre el crecimiento y el desarrollo de la planta de arroz.

Las temperaturas por debajo o por encima del rango normal afectan adversamente las fases vegetativas y reproductivas de las plantas, tal como se describe más adelante.

Germinación y crecimiento de la plántula.

La temperatura óptima para una buena germinación está comprendida entre 20°C y 35°C mientras que para la emergencia de la plántula y el crecimiento inicial se encuentra entre 20°C y 30°C. Si estuvieran disponibles, usar cultivares que puedan germinar a bajas temperaturas. La germinación es inhibida a temperaturas por debajo de 10°C. No cultivar arroz donde la temperatura del aire desciende por debajo de 10°C en el momento de la germinación y donde las bajas temperaturas duran períodos largos. La

decoloración de las hojas y el raquitismo ocurren entre 7 y 12°C. La emergencia de las plántulas es demorada por debajo de 12°C (CIAT, 2005).

Es posible producir plántulas en un criadero cubierto de plástico a principios de la primavera y trasplantar inmediatamente después que la temperatura llega a 15°C a fin de contar con más días cálidos durante el período de llenado del grano. El crecimiento de las raíces es raquíftico por debajo de 16°C. A 45°C aparecen punta blanca, bandas cloróticas y manchas sobre la lámina de las hojas (CIAT, 2005).

Macollaje

La temperatura óptima para un macollaje vigoroso está comprendida entre 25°C y 31°C. Una baja temperatura del agua demora el macollaje. El macollaje es reducido tanto por las bajas temperaturas (9 - 16°C) como por las altas temperaturas (>33°C). La temperatura ideal para un buen macollaje es 31°C (CIAT, 2005).

Fase reproductiva.

Las bajas temperaturas entre 12°C y 18°C durante la maduración dan lugar a una madurez irregular. Las bajas temperaturas por debajo de 15°C demoran la iniciación de la panoja. Ocurre una alta esterilidad del grano si la temperatura está por debajo de 15°C durante el período de iniciación del polen (esporoscopia) o 15 días antes de la espigazón. Una temperatura baja de 22°C da lugar a una ejerción incompleta de la panoja y retrasa la floración. Un fuerte estrés térmico induce la espiga blanca. Un estrés de alta temperatura a 35°C o más induce la esterilidad de la espiguilla. Un estrés de alta temperatura a 38°C o más da lugar a una reducción del número de espiguillas (CIAT, 2005).

Radiación solar.

La radiación solar es la fuente de energía para el proceso fotosintético y la evapotranspiración. Es fundamental para obtener buenos rendimientos. La sombra durante las etapas vegetativas afecta solo ligeramente al rendimiento y

sus componentes. La sombra a los 16 días antes de la espigazón causa la esterilidad de las espiguillas en razón de la falta de carbohidratos. Las etapas reproductivas y de maduración son sensitivas a baja intensidad de la luz. La sombra durante las etapas reproductivas tiene serios efectos sobre el número de espiguillas. La sombra reduce en forma considerable el rendimiento debido al menor porcentaje de espiguillas llenas. Las variedades con tallos y hojas erectas que evitan el sombreado recíproco y así interceptan más luz solar, tienen una mejor fotosíntesis y consecuentemente mejores rendimientos (Canet, *et al.*, 1978b).

Seleccionar cultivares con hoja bandera erecta y ángulo agudo y panojas que no sobresalgan en exceso de la hoja bandera de modo de minimizar la sombra de las hojas superiores durante la fase de maduración. Sembrar variedades semienanas que no vuelquen, con hojas superiores cortas y erectas para capturar el máximo posible de luz solar dentro del dosel de la vegetación foliar. Un índice de área foliar de 5-6 asegura una óptima fotosíntesis durante la etapa reproductiva (Canet, *et al.*, 1978b).

Para maximizar el rendimiento bajo un régimen de manejo óptimo, la época de siembra debe ser seleccionada de modo que el cultivo reciba altos niveles de radiación solar en las etapas reproductivas y de maduración (Canet, *et al.*, 1978b).

Viento.

Otra limitación climática, en el caso de los cultivos de arroz hechos en la zona de influencia de los monzones asiáticos, es que deben tolerar tiempo ciclónico caracterizado por los fuertes vientos. En la época de los ciclones no solo se vuelcan las variedades altas tradicionales sino todas las variedades, con el resultado de grandes reducciones de rendimiento. En tales situaciones es conveniente cultivar variedades semienanas de tallos fuertes resistentes al vuelco. Sin embargo, variedades con tallos más fuertes deben aún ser desarrolladas por los fitomejoradores (CIAT, 2005).

Suelo.

Las mayores limitaciones del suelo para la producción de arroz son la erosión, la deficiencia de nutrientes, la toxicidad y los suelos inadecuados (CIAT, 2005).

Erosión del suelo.

La erosión del suelo es un problema en el cultivo del arroz de secano y cuando el arroz se cultiva en laderas. Para minimizar la erosión del suelo es necesario (según CIAT, 2005):

- Evitar el cultivo en laderas demasiado inclinadas (pendiente > 10%).
- Minimizar la labranza y la compactación del suelo.
- Construir contornos, zanjas y terrazas y hacer cultivos intercalados.
- Labrar la tierra a lo largo de los contornos.

Deficiencia de nutrientes, toxicidad y condiciones inadecuadas del suelo.

Deficiencia de zinc (Zn).

Según Norma Ramal (1988) la deficiencia de zinc ocurre frecuentemente en el cultivo del arroz en tierras húmedas en suelos alcalinos o cercanos a la neutralidad, especialmente en aquellos de origen calcáreo. En los casos de deficiencias severas de zinc, las plántulas de arroz trasplantado pueden morir o, en el caso de la siembra directa, las plántulas pueden no emerger. La deficiencia de zinc a menudo está ligada a un alto pH del suelo o del agua de riego, a una fuerte reducción química del suelo, a una baja temperatura del suelo o a altas dosis de aplicación de nitrógeno y fósforo.

Las características de las plantas con deficiencia de zinc son:

Según Norma Ramal (1988) las nervaduras centrales de las hojas jóvenes, especialmente en la base, se vuelven cloróticas. Aparecen manchas y rayas marrones en las hojas inferiores seguidas por un crecimiento raquítico. Se reduce el tamaño de la lámina de la hoja pero la vaina es apenas afectada. En el campo, la deficiencia de zinc se caracteriza por un crecimiento desuniforme y un retraso en la madurez. Las medidas que se pueden tomar

para aumentar la disponibilidad de zinc en las tierras bajas comprenden, según Norma Ramal (1988):

Sumergir las raíces de las plántulas en una suspensión de 1 - 4 por ciento de óxido de zinc antes del trasplante; también es posible aplicar durante la preparación de la cama del criadero de 1 - 2 kg de sulfato de zinc. En el campo puede ser corregida pulverizando una mezcla de 5 kg de sulfato de zinc con 25 kg de cal por hectárea (Norma Ramal, 1988).

Deficiencia y toxicidad de hierro (Fe).

Según Norma Ramal (1988) es frecuente encontrar toxicidad y deficiencia de hierro en el cultivo de arroz de secano y durante el crecimiento inicial de las plantas, cuando el sistema radicular aún no está completamente desarrollado. Esta deficiencia también se encuentra en los criaderos de secano. En condiciones sumergidas, la deficiencia de hierro ocurre en suelos con pH alto (>7,5). La deficiencia de hierro ocurre en suelos neutros a alcalinos. La clorosis es un síntoma característico de las plantas con deficiencia de hierro. Las medidas para aumentar la disponibilidad de hierro en cultivos de arroz de secano incluyen, según Norma Ramal (1988):

Uso de cultivares tolerantes a la deficiencia de hierro. Estímulo de las condiciones anaeróbicas del campo por medio de surcos o caballones para mantener tanta agua como sea posible. Pulverizar con quelatos o sulfatos de hierro; el sulfato de hierro debería ser pulverizado con cal hidratada a fin de prevenir el quemado de las hojas. La toxicidad de hierro es debida principalmente a un mal drenaje; por lo tanto, un buen drenaje y la nivelación del suelo reducirán el problema (CIAT, 2005).

Fundora *et al.* (2000) plantean que la toxicidad causada por el hierro ocurre en oxisoles y ultisoles en tierras bajas. Se encuentra en suelos arenosos ácidos, latosoles ácidos y sulfatos ácidos. También ocurre en otros suelos como suelos de turba, valles arenosos internos y tierras costeras inundables. La producción de ácido sulfhídrico y de sulfuro de hierro en los suelos inundados bajo condiciones altamente reducidas disminuye la capacidad de oxidación de las

raíces del arroz y puede contribuir a la toxicidad causada por el hierro. Las plantas deficientes en potasio a menudo presentan un alto contenido de hierro y muestran serios síntomas de toxicidad de hierro.

Los síntomas de la toxicidad de hierro agregan, Fundora *et al.* (2000), son la aparición de manchas marrones (bronceado) de las hojas inferiores, comenzando desde las puntas y difundiéndose hacia la base. Estas manchas se unen y las hojas por lo general permanecen verdes. En los casos más severos toda la hoja aparece de color marrón - púrpura. El problema de la toxicidad de hierro puede ser eludido sembrando variedades tolerantes. La inundación de los campos y el subsiguiente drenaje reducen los efectos tóxicos.

Deficiencia de manganeso (Mn).

La deficiencia y la toxicidad de manganeso explican Fundora *et al.* (2000) raramente se encuentran en el campo pero pueden ocurrir en tierras altas bien drenadas y algunas veces en tierras bajas inundadas. Las plantas deficientes en manganeso son raquílicas pero tienen un número normal de tallos. La clorosis entre las nervaduras se encuentra en las hojas inferiores y se difunde desde la punta hacia la base hasta que se vuelven necróticas. Las hojas nuevas que emergen son cortas, angostas y de color verde pálido.

La deficiencia de manganeso, concluyen Fundora *et al.* (2000), puede ser corregida por medio del uso de variedades tolerantes, uso de fertilizantes acidificantes y aplicación de 50 - 100 kg/ha de sulfato de manganeso.

Deficiencia de magnesio (Mg).

Las altas concentraciones de K y NH₄ tienden a restringir la disponibilidad de magnesio. Los granos de arroz contienen más magnesio que la paja pero menos K y Ca que esta. El arroz de secano tiene el mejor nivel de magnesio del suelo para el crecimiento de la planta cuando cerca del 10 por ciento de la capacidad de intercambio de cationes (CIC) está saturada con magnesio. En el caso del arroz en tierras húmedas, las deficiencias de magnesio son raras pero

pueden aparecer cuando su concentración cae a menos de 3 - 4 por ciento del CIC y el pH es menor de 5,5 (CIAT, 2005).

Los niveles moderados de deficiencia de magnesio no afectan la altura de la planta y el número de tallos. Las hojas se vuelven onduladas y caedizas debido a la expansión del ángulo entre la lámina y la vaina de la hoja. La clorosis entre las nervaduras se caracteriza por un color amarillo - anaranjado en las hojas inferiores (CIAT, 2005).

Deficiencia de azufre (S).

La deficiencia de azufre es común en el arroz de secano pero raramente ocurre en el arroz en tierras húmedas. El uso continuo de fertilizantes fosfatados y de urea, que no contienen azufre, pueden inducir a largo plazo la deficiencia de azufre en las tierras bajas. Los síntomas de la deficiencia de azufre son similares a los de la deficiencia de nitrógeno. Para corregir la deficiencia de azufre se debe aplicar azufre elemental o yeso o usar fertilizantes nitrogenados o fosfatados que contengan azufre. Deberían ser aplicados al suelo y la dosis dependerá del compuesto que se use (CIAT, 2005).

Deficiencia de calcio (Ca).

Por lo general, los cultivos de arroz no sufren la deficiencia de calcio. En casos extremos, la planta es raquílica, las puntas de las hojas superiores se vuelven blanquecinas, se enrollan y el punto de crecimiento muere (CIAT, 2005).

Deficiencia y toxicidad de boro (B).

La deficiencia de boro se caracteriza por (según CIAT, 2005):

- Reducción de la altura de la planta.
- Hojas emergentes blancuzcas y enrolladas.
- En los casos más severos el punto de crecimiento muere pero continúan emergiendo nuevos tallos.

La toxicidad del boro ocurre en suelos volcánicos y costeros y se caracteriza por:

Clorosis que se inicia en las puntas de las hojas más viejas a lo largo de sus márgenes seguida por la aparición de manchas grandes, marrones, elípticas, en las partes afectadas, las que se vuelven marrones y se secan (CIAT, 2005).

Deficiencia de cobre (Cu).

El cobre regula las reacciones enzimáticas de la planta de arroz, una de las cuales afecta la esterilidad y la capacidad de la planta para formar granos. La absorción de cobre es básicamente independiente y está relacionada primeramente con los niveles de cobre disponible en el suelo. El cobre se encuentra en el suelo como óxido, carbonato, silicato y sulfato. La inundación del suelo disminuye la disponibilidad de cobre y molibdeno en el suelo. En los suelos inundados, la disminución de la concentración de cobre es causada por la precipitación de los hidróxidos, los carbonatos y los quelatos orgánicos, todos los que son afectados indirectamente por los cambios de pH. La disponibilidad de cobre para las plantas es menor en los suelos alcalinos y aumenta en los suelos ácidos (CIAT, 2005).

Las hojas de las plantas deficientes en cobre presentan un color verde azulado y clorosis cerca de las puntas. La clorosis se extiende hacia abajo a lo largo de ambos lados de la nervadura central, seguida por necrosis de color marrón oscuro en las puntas. Las hojas emergentes no se desenrollan y permanecen con forma de agujas en toda la hoja, o algunas veces solo en la mitad de la hoja, donde la porción basal se desarrolla normalmente (Cruz y Galano, 2004).

La mayor parte de la deficiencia de cobre aparece en suelos arenosos con alto pH o en suelos con cinco por ciento o más de contenido de materia orgánica. La deficiencia de cobre puede matar las algas; en el caso del arroz, en el que las algas verde-azuladas pueden contribuir con 25 - 50 kg/N/ha, la concentración de cobre debería ser cuidadosamente controlada para evitar la muerte de las algas benéficas (Cruz y Galano, 2004).**Toxicidad de aluminio (Al).**

La toxicidad de aluminio ocurre en tierras ácidas de secano y en suelos con sulfatos ácidos y retarda el crecimiento radicular; se caracteriza por (según Cruz y Galano, 2004):

- Clorosis entre las nervaduras de tono amarillo - anaranjada que posteriormente se vuelve necrótica.
- Inhibición del crecimiento de las raíces.
- Restricción de la absorción de nutrientes y agua dando lugar a plantas raquílicas y bajos rendimientos de grano.

Toxicidad de yodo (I)

La toxicidad del yodo se caracteriza por: aparición de pequeñas manchas marrones en las puntas de las hojas inferiores que después se extienden a toda la hoja dando lugar a una coloración marrón y muerte de la misma (Cruz y Galano, 2004).

Deficiencia de silicio (Si).

El silicio no es clasificado como un elemento esencial. Sin embargo, un buen cultivo de arroz toma del terreno 1 000 - 1 200 kg/ha de óxido de silicio. Los silicatos se encuentran en la paja, la cáscara del grano y en los granos. El silicio tiene varias funciones en el crecimiento de la planta de arroz (Según Cruz y Galano, 2004):

Una buena absorción de silicio protege las plantas contra la infección de hongos e insectos y una buena capa cuticular de sílice sirve como una barrera contra hongos, insectos y ácaros (Cruz y Galano, 2002).

Una mayor absorción de silicio mantiene las hojas erectas y, por lo tanto, promueve una mejor fotosíntesis en los distintos doseles de hojas y, consecuentemente, mejora los rendimientos. Un aumento de la absorción de silicio disminuye las pérdidas por transpiración. Un aumento de la absorción de silicio fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de hierro y manganeso (Cruz y Galano, 2004).

Toxicidad de ácido sulfhídrico (H₂S).

La toxicidad de ácido sulfhídrico ocurre sobre todo en suelos arenosos, bien drenados, en arrozales degradados con bajo contenido de hierro activo y en suelos orgánicos pobremente drenados. La toxicidad de ácido sulfhídrico puede dar lugar a una enfermedad llamada «cabeza erecta». La toxicidad puede (Cruz y Galano, 2002).

Salinidad.

La salinidad ocurre a causa de una excesiva acumulación de sales solubles en el suelo. Las sales iónicas más importantes son sodio, calcio y magnesio que aparecen como cloruros o sulfatos. El cloruro de sodio (NaCl) es la sal predominante. La salinidad ocurre en áreas costeras y en regiones áridas y semiáridas. En las áreas costeras la salinidad se origina en las inundaciones de agua marina y a menudo está asociada con bajos pH. En las regiones áridas y semiáridas, la salinidad ocurre principalmente en áreas regadas por canales. En estas regiones la evapotranspiración es muy alta lo cual conduce a un movimiento ascendente del agua que da lugar a la acumulación de sales en la zona radical. Estos suelos salinos son caracterizados por la presencia de una costra blanca de sal sobre la superficie del suelo, a menudo asociada con un alto pH (David y Otsuka, 1994).

En las regiones áridas y semiáridas se reconocen dos tipos de suelos. Los suelos «salinos» normalmente tienen un pH menor de 8,5 y una conductividad eléctrica del extracto saturado mayor de 4 mmho/cm a 25°C. El suelo es «sódico» si tiene más de 6 por ciento de sodio intercambiable y es fuertemente sódico si tiene más de 15 por ciento (Cruz y Galano, 2002).

El efecto de la salinidad sobre el crecimiento del arroz depende del estado de desarrollo en el cual ocurre dicha salinidad. El arroz es muy tolerante a la salinidad durante la germinación. Es muy sensible en la etapa de la plántula de 1 - 2 hojas. La tolerancia a la sal aumenta progresivamente durante el macollaje y la elongación. La tolerancia a la sal disminuye desde la iniciación de la panoja hasta la floración. En el estado de maduración es escasamente

afectado por la salinidad. Los factores importantes en los suelos salinos son (David y Otsuka, 1994):

El suelo salino sódico tiene muy baja permeabilidad y los problemas de malezas son poco importantes; bajo esas condiciones no es necesario el embarrado. Las aradas profundas son necesarias en suelos altamente deteriorados. Se reduce el macollaje del arroz por lo que es recomendable establecer altas poblaciones de plantas para obtener buenos rendimientos. Usar sulfato de amonio como fuente de nitrógeno. En los suelos salinos sódicos usar de 8 a 15 t/ha de yeso, dependiendo de las propiedades del suelo, para mejorar su condición y, consecuentemente, el rendimiento de grano. Agregar materia orgánica para mejorar el suelo. Aplicar piritita para reducir la salinidad. Sembrar variedades tolerantes a la sal (Cruz y Galano, 2004).

Agua.

El nivel recomendado de agua o de humedad en el suelo es esencial para mantener un adecuado manejo de los nutrientes, de las malezas y de las plagas y enfermedades. Bajo condiciones de sequía la lluvia es un factor crítico, de lo contrario el cultivo sufre por falta o exceso de agua (CIAT, 2005).

Efecto del déficit de agua sobre el crecimiento y el rendimiento.

Los síntomas comunes del déficit de agua son el enrollado de las hojas, las hojas resacas, el macollaje limitado, el raquitismo, el retraso de la floración, la esterilidad de las espiguillas y un llenado incompleto de los granos. La falta de agua en las etapas vegetativas reduce la altura, el macollaje y el área foliar. La planta de arroz es muy sensible a la sequía desde la etapa de la iniciación de la panoja hasta la espigazón; reduce el rendimiento al aumentar la esterilidad de la espiguilla. El germoplasma de arroz presenta varios mecanismos posibles para escapar a la sequía; es posible usar cultivares de ciclo corto o sensibles al fotoperíodo (De Datta, 1981).

En las áreas donde las lluvias son marginales para la producción de arroz, es posible usar cultivares de ciclo corto adaptados al período de las lluvias. Mecanismos como la madurez temprana (arriba) y la sensibilidad al fotoperíodo

(abajo) pueden ser usados para sincronizar las etapas reproductivas con los períodos de humedad adecuada.

Efecto del exceso de agua sobre el crecimiento y el rendimiento.

Las áreas con exceso de agua se dividen en tres categorías, a saber, aguas profundas, inundadas y sumergidas. Las áreas de aguas profundas son aquellas en que la profundidad del agua está entre 150 y 400 cm y permanece en el campo por 3-4 meses. El arroz flotante, con gran capacidad para la elongación de los entrenudos, se siembra en esas áreas. Las áreas inundadas incluyen áreas de aguas profundas marginales, áreas bajas y áreas cubiertas por las mareas marinas. El agua, con una profundidad de 150 cm, permanece en esas áreas por varios meses (Fernández y Prometa, 2008).

En las áreas sumergidas, el nivel y la duración del agua son variables y el arroz permanece completamente sumergido por períodos variables. Una gran parte del área de tierras bajas de secano está comprendida en la categoría de áreas sumergidas, en las que una sumersión parcial es una limitación corriente. La reducción del rendimiento debido a la sumersión es atribuida a un menor macollaje y a una reducción del área fotosintética. Hay variedades con tolerancia a la sumersión, altura intermedia y buenos rendimientos. En áreas de aguas profundas es recomendable el uso de cultivares mejorados con gran capacidad de elongación de los entrenudos, buena habilidad para doblarse y enraizamiento en los nudos (Fernández y Prometa, 2008).

Problemas de manejo del cultivo.

Labranza y preparación de la tierra.

La labranza afecta el crecimiento de las plantas durante la germinación, la emergencia de las plántulas y las etapas del establecimiento del cultivo. El momento correcto y la calidad de la preparación de la tierra son importantes para asegurar buenos rendimientos. Un trabajo de preparación de la tierra incorrecto y fuera del momento oportuno pueden llevar a una seria infestación de malezas (IIA, 2010). La erosión del suelo en el arroz de secano en tierras de ladera y en tierras bajas exponen las plantas a sustancias perjudiciales

liberadas por la descomposición de la materia orgánica. Los objetivos de una buena preparación del suelo son (según IIA, 2010):

- Construir una buena cama de semillas.
- Mejorar la textura del suelo para un buen establecimiento de las plántulas.
- Controlar las malezas.
- Incorporar los residuos de los cultivos y las malezas jóvenes en el suelo para su descomposición.
- Conservación del suelo (nivelación del campo, siembra en contorno, cobertura del suelo) y un buen manejo del agua.
- Las operaciones de labranza del suelo son hechas con equipos de tracción animal o mecánica, usando palas como en muchos países de África, pero
- Siempre que sea posible, no se deben quemar sino incorporar o remover los residuos de los cultivos anteriores.
- Comenzar las operaciones de labranza por lo menos 15 días antes de la fecha de trasplante o de siembra directa.

La labranza facilita la difusión, evaporación y dispersión de sustancias perjudiciales generadas por la descomposición de la materia orgánica en los suelos inundados, utiliza el amoníaco liberado durante la descomposición de esa materia orgánica y permite que germinen las semillas de las malezas. Se debe trasplantar o sembrar directamente en suelos embarrados, con bordes con control del agua tanto en la época seca o en la época húmeda en las tierras bajas bajo riego. La nivelación del campo y los bordes son fundamentales para el control del agua. La nivelación de la tierra permite el mantenimiento de una capa uniforme de agua y facilita las prácticas de manejo subsiguientes para el establecimiento del cultivo, el control de las malezas y el drenaje del campo para la cosecha. El embarrado reduce las pérdidas de agua debido a la percolación (Ministerio de la Agricultura, 2002).

Semilleros (según Ministerio de la Agricultura, 2002).

Las plántulas que se usan para el trasplante se preparan en criaderos, de los cuales existen varios sistemas. Los criaderos en seco (siembra de la semilla en suelo seco), los criaderos húmedos (siembra de la semilla en suelo embarrado o en suelo húmedo) o la siembra de semillas en superficies artificiales (o dapog) se usan de acuerdo a cada situación específica, pero el objetivo primario es siempre obtener plántulas sanas y fuertes. Algunas indicaciones incluyen:

- Seguir las recomendaciones locales para cualquiera de los sistemas que se aplique.
- Por lo general, es necesario 0,1 hectárea de criadero para una hectárea de cultivo.
- Es necesario fertilizar cuidadosamente el criadero antes de la siembra.
- Sembrar el criadero en forma rala y evitar agrupar de semillas en un lugar.
- Observar atentamente la aparición de desórdenes nutricionales (deficiencia o toxicidad de hierro, problemas de zinc) y corregirlos de inmediato.
- Manejar el criadero con riego y eliminación de malezas adecuados para producir plántulas sanas y fuertes.
- Las plántulas sanas y fuertes aseguran un buen cultivo y un alto potencial de rendimiento.

Selección de variedades.

La selección de las variedades a ser cultivadas depende de las condiciones ecológicas locales que son un elemento fundamental para obtener un buen cultivo de arroz. Para los sistemas bajo riego y los sistemas de secano favorables, seleccionar variedades mejoradas, semienanas, de alto rendimiento o híbridos adaptados a la región. Para los cultivos de secano en zonas de ladera, seleccionar variedades de período de crecimiento corto que puedan evitar las sequías. Para las áreas propensas a inundaciones seleccionar variedades con tolerancia a la sumersión. La mayoría de las variedades de arroz pueden sobrevivir completamente sumergidas solo tres o cuatro días pero

las variedades tolerantes pueden sobrevivir cerca de 12 días bajo agua. Son cultivadas durante la estación húmeda en tierras bajas de secano y en áreas de aguas profundas donde ocurren inundaciones rápidas (Sánchez, 2008).

Para las áreas de aguas profundas seleccionar variedades de macollaje abundante con una gran capacidad de elongación de los entrenudos y flexibles. Las variedades de arroz de aguas profundas están adaptadas a profundidades máximas de 100 cm y se pueden elongar 2 - 3 cm/día cuando están inundadas. Los arroces flotantes son aquellos que se elongan muy rápidamente cuando están sumergidos, en algunos casos hasta 20 cm/día. Están adaptadas a niveles de agua que crecen rápidamente y a áreas inundadas muy profundas (Sánchez, 2008).

Sembrar o trasplantar el arroz de aguas profundas mucho antes de que suban las aguas. Las variedades deberían florecer cerca del momento de mayor profundidad de las aguas. Cultivar el arroz bajo riego (arroz boro) en áreas propensas a inundaciones durante los períodos en que no hay inundaciones, si hay riego disponible. En las tierras cubiertas por las mareas de agua marina cultivar el arroz con tolerancia a la sumersión pero sin capacidad de elongación de los entrenudos ya que el agua de las inundaciones se retira en cerca de dos semanas. Cultivar variedades de arroz tolerantes a la sal en las zonas de invasión de aguas marinas saladas (Santiago, 2008).

Establecimiento del cultivo.

Un buen establecimiento del cultivo es esencial para una buena cosecha. Un buen establecimiento está influenciado por la calidad de la semilla, la densidad de siembra, la preparación de la tierra, el manejo del agua, la profundidad de siembra o trasplante, la edad de las plántulas trasplantadas y el estado nutricional del suelo. Usar semillas de alta calidad de cultivares adaptados a la ecología de la región, con alta germinabilidad y pureza genética. Romper la latencia si estuviera presente. Usar 20 - 25 kg/ha de semilla para el arroz trasplantado y 50 - 100 kg/ha para la siembra directa. Sembrar la semilla pregerminada al voleo, a mano o por avión. En base al estado nutricional del

suelo aplicar una dosis basal de fertilizante con N, P y K para promover un buen enraizamiento y crecimiento de las plántulas (CIAT, 2005).

En el caso de los trasplantes, usar plántulas de 3 - 4 semanas de edad y trasplantarlas a una profundidad de 2 - 3 cm. Mantener una población de 60 a 100 montículos/m². El campo debería ser cuidadosamente nivelado para evitar el estancamiento del agua en las depresiones la que puede ahogar las plántulas. Si no está nivelado, se obtendrá una población en manchones debido a la muerte de plántulas. Mantener el cultivo libre de malezas. En las zonas de secano en laderas, las semillas se siembran al voleo, en líneas o a mano en hoyos. Sembrar directamente o trasplantar en campos caracterizados por inundaciones medianas a grandes (50 a más de 300 mm) de ríos y de mareas marinas en los deltas de los ríos (CIAT, 2005).

Si es posible, en ciertas áreas propensas a inundaciones, sembrar las semillas al voleo después de la labranza en seco y mucho antes de la llegada de las inundaciones de modo que las plántulas estén bien establecidas antes del arribo del agua. El control del agua es más importante para el arroz sembrado a voleo que para el arroz trasplantado. La siembra al voleo de arroz pregerminado se limita a los campos de arroz de secano ya que necesita un buen control del drenaje, lo que significa que el arrozal debe estar en un campo con suficiente pendiente para permitir la evacuación del exceso de agua de lluvias fuertes. Más aún, la siembra al voleo requiere una superficie embarrada y nivelada de modo que el agua no se acumule en depresiones del terreno y ahogue las plántulas. El control de las malezas es un elemento importante en la elección del sistema de siembra, ya sea trasplante o siembra al voleo (CIAT, 2005).

Malezas.

Las principales malezas que se encuentran en los arrozales incluyen *Ageratum conyzoides*, *Cyperus difformis*, *Cyperus iria*, *Echinochloa colona*, *Echinochloa crusgalli*, *Fimbristylis miliacea*, *Ischaemum rugosum* y *Monochoria vaginalis*. El

arroz rojo (*Oryza rufipogon*) es una maleza importante en América Latina y el Caribe y en los países de Europa; aparte de la rotación de cultivos, un cultivo cuidadoso y el uso de buena semilla, no existe un control químico adecuado. Las malezas acompañan en forma casi universal a los cultivos de arroz en las zonas tropicales y en muchos casos su crecimiento es tan prolífico que, solo si son erradicadas en el momento oportuno, se evitan reducciones drásticas del rendimiento. Las malezas compiten con el cultivo y reducen los rendimientos. El manejo de las malezas es, por lo tanto, sumamente importante. En Asia, la pérdida directa de la producción de arroz debido a la presencia de malezas en los arrozales se estima en cerca de 20 por ciento con pérdidas que pueden llegar a 40-100 por ciento cuando las malezas no son controladas. El arroz de secano también sufre sensiblemente a causa de la falta de un correcto control de las malezas. En los sistemas bajo riego y en tierras bajas donde se practica la siembra directa, las malezas son un problema primario porque el arroz y las malezas emergen al mismo tiempo; el control de las malezas por medio de la inundación es difícil en el caso del arroz de siembra directa. Las malezas pueden ser controladas por medio de una combinación de prácticas culturales adecuadas por medios mecánicos y químicos, conocida como Manejo Integrado de Plagas (IIA, 2011d).

La labranza en seco de los campos de arroz, la siembra de cultivos alternados con implementos y herramientas adecuados y el manejo del agua contribuyen a favorecer el crecimiento del arroz y reducir el crecimiento de las malezas. Elegir cultivares con capacidad para formar rápidamente macollos, lo cual unido al trasplante de las plántulas en líneas cercanas puede producir una densa vegetación que puede ahogar las malezas. Seguir prácticas adecuadas de rotación de cultivos para combatir las malezas. El cultivo continuado del arroz durante varios años en el mismo campo agrava el problema de las malezas (CIAT, 2005).

Siempre que sea posible, en los campos severamente infestados de malezas, aplicar la práctica de barbecho cultivado. Usar semillas certificadas de buena calidad y sin semillas de malezas. Controlar las malezas usando herbicidas adecuados de pre - y post-emergencia. Cuando se aplican herbicidas, drenar

los campos antes de su aplicación e inundarlos nuevamente 48 - 72 horas después de su aplicación (IIA, 2011d).

También se usan herbicidas para controlar las malezas. Sin embargo, las malezas resistentes a los herbicidas y la consecuente contaminación son temas de actualidad en los sistemas de siembra directa. Está siendo desarrollada una tecnología más sostenible de manejo integrado de malezas por medio de la investigación sobre la promoción de la competitividad contra las malezas, la alelopatía del arroz y una detallada comprensión de la biología, la ecología y los problemas socioeconómicos de las principales malezas en los distintos sistemas de siembra de arroz (CIAT, 2005).

2.1.2 Estado actual del conocimiento del problema de investigación.

Resultados del Programa para el Desarrollo sostenible de la producción de arroz en la zona central de Cuba.

Desarrollo del Arroz, con el objetivo de desarrollar este cultivo en Cuba. Entre las principales actividades realizadas se encuentran la creación de la infraestructura productiva (obras civiles, sistemas de riego y drenaje, así como maquinaria) en las empresas especializadas del arroz, establecimiento de la estructura de producción y certificación de semillas, creación de centros para la investigación del arroz en el país (Suárez *et al.* 2004).

Aunque la parte principal de la producción de arroz se realizaba por las empresas especializadas (Complejos Agroindustriales Arroceros), los campesinos y otros productores individuales cultivaban el arroz popular de forma espontánea, fundamentalmente para su autoconsumo. En 1996, el Ministerio de la Agricultura decidió estimular este tipo de producción y designó a la Unión de Complejos Agroindustriales (actualmente Grupo Agroindustrial Pecuero Arroceros, GAIPA) y al Instituto de Investigaciones del Arroz para que tomaran las medidas necesarias para la rectoría técnica y la organización de este tipo de producción (Alemán *et al.*, 2002).

Este programa se basa en la poca utilización de fertilizantes químicos y pesticidas en el empleo de abonos verdes y orgánicos, así como en la

introducción del método de siembra a trasplante y el empleo de tracción animal (Suárez *et al.* 2004).

Política varietal y producción de semillas para el cultivo del arroz en Cuba.

La estrecha base genética del cultivo del arroz en nuestro país, constituye una barrera para el rendimiento y la sostenibilidad de este cultivo. Se ha planteado que el desplazamiento de los cultivares tradicionales localmente adaptados, por las variedades enanas de alto rendimiento, la reproducción autógama de esta especie, así como la existencia de una base citoplasmática única han contribuido a la baja diversidad genética presente en las variedades de alto rendimiento (Khush, 1995; Alfonso *et al.*, 2002; Chang, 1997). Esta uniformidad genética limita enormemente al cultivo, no solo en su rendimiento sino también en su capacidad y plasticidad para neutralizar los efectos de los cambios bióticos o abióticos a que está expuesto (Cuba, 2002).

La diversidad genética de los cultivos puede medirse también en términos de su uniformidad de campo (Alfonso *et al.*, 2004). Este indicador de diversidad, estima el coeficiente de parentesco entre dos variedades cualesquiera seleccionadas al azar para un período dado y dentro de una región donde estas han sido explotadas comercialmente (Alfonso *et al.*, 2004).

Las variedades comerciales se mantienen en la producción agrícola por un tiempo relativamente variable, en dependencia de su respuesta a las condiciones ambientales y a las tecnologías de cultivo. Los cambios en las prácticas culturales, la necesidad de incrementar los rendimientos agrícolas e industriales por unidad de área y la susceptibilidad a insectos y enfermedades son algunas de las causas principales por las que se hace necesaria la liberación de nuevas variedades (Alfonso *et al.*, 2006).

Durante los últimos 20 años, aun cuando no se ha contado con los cultivares que posean todas las características requeridas teóricamente; al menos han existido en cada periodo 3 ó 4 genotipos que en mayor o menor grado podían posibilitar la conformación de una barrera genética más segura, que cuando se

utiliza un solo genotipo en más del 70 % del área sembrada (Alfonso *et al.*, 2006).

Uno de los aspectos más importantes para establecer una Política Varietal adecuada es garantizar las semillas certificadas para la siembra, sin embargo, el Sistema de Producción de Semillas, establecido en Cuba, desde el año 1974 ha respondido a las necesidades de la producción de los Complejos Agroindustriales Arroceros (sector especializado), mientras que los pequeños y medianos productores de Arroz Popular han estado utilizando semillas no certificadas y en algunos casos obtienen semillas certificadas de las variedades utilizadas por los CAI Arroceros que generalmente no son las más adecuadas para sus condiciones de manejo del cultivo (SICA,2004).

Teniendo en cuenta el incremento anual de la producción de Arroz Popular y que estas áreas en su mayoría son sembradas con semillas no certificadas es necesario establecer un nuevo sistema de producción de semillas certificadas que satisfaga la demanda de los productores (Alemán *et al.*, 2003).

Determinación de indicadores del estrés hídrico para la selección de variedades en el cultivo del arroz.

La naturaleza de la resistencia a la sequía es fisiológica y genética y la magnitud de su efecto depende de la resistencia varietal, características genéticas y rasgos agronómicos específicos, intensidad y duración del estrés y la etapa de desarrollo en que se encuentre la planta durante la carencia de agua (Singh *et al.*, 1986); de modo que si esta incide en la fase de ahijamiento se retardará el crecimiento, disminuye la velocidad de aparición de las hojas y se reduce el área de las mismas, se acelera la desecación de este órgano, disminuye el número de tallos productivos, aumentando la duración de la fase vegetativa, reducción del peso seco y altura de las plantas (Santiago *et al.*, 2008).

De acuerdo con ello se han usado diferentes términos para describir la respuesta de las plantas a tensiones de humedad, resultante de las interacciones de diversos mecanismos a los que se han asociado algunos

caracteres morfológicos, fisiológicos y las variaciones en la demanda de agua propias de la ontogenia (Morgan, 1989).

Resultados alcanzados por Sánchez (2008) indican que el área de la hoja bandera guarda la mayor relación con el rendimiento agrícola en el arroz, de forma directa o indirecta, pues está asociada al número de granos llenos por panículas y la longitud de ésta Garcés *et al.* (2003) reportan que existe una estrecha relación entre la morfología de la hoja y la habilidad del rendimiento y es el IAF el más fuertemente asociado; encontrando además alta correlación entre el IAF y la producción de materia seca; en seco hay que analizarla sobre un conjunto de indicadores morfológicos, fisiológicos y ecológicos que interactúan entre sí (Álvarez, 1996).

El rendimiento en el arroz es analizado sobre la base de tres componentes que son: número de panículas por unidad de área, granos llenos por panículas y peso de 1000 granos (Pérez, 2002); estos componentes se determinan en diferentes estadios de desarrollo y el grado de afectación depende del momento que ocurra el estrés, duración y variedad. SICA (2004), considera el número de tallos por planta, como otro componente asociado al rendimiento y añade que el número de granos por panículas, depende de los granos en las ramas primarias, secundarias y hasta terciarias.

Utilización de los recursos fitogenéticos en el mejoramiento genético del arroz para condiciones de bajos insumos de agua y fertilizantes.

En Cuba se cultivan más de una veintena de variedades de arroz bajo diferentes condiciones agroclimáticas que van desde siembra mecanizada con altos insumos, hasta el método rústico empleado por los campesinos; por lo que, las condiciones actuales nos imponen establecer en el país, una nueva estrategia en la obtención de variedades SICA (2004).

Según consideraciones de varios autores entre los que se incluyen (IRRI, 1993 y Kush, 1995) la creciente demanda de arroz debe ser resuelta con la utilización de menos fertilizantes, agua, pesticidas y racionalidad en la fuerza de trabajo; para lo que se requiere de variedades con un aprovechamiento más

eficiente de los fertilizantes y que tengan tolerancia al estrés por sequía, lo que constituye un reto para la genética. Al respecto Alfonso *et al.* (2006), exponen que la reducción del rendimiento causado por el estrés ambiental continua siendo uno de los problemas más comunes y complejos a resolver por el mejoramiento genético en el arroz.

Para dar respuesta a dicha problemática, desde 1989 se realizan estudios con el objetivo de obtener variedades que respondan satisfactoriamente a bajos niveles de fertilizantes y al estrés hídrico moderado, manteniendo alto potencial de rendimiento (Hernández *et al.* 1995). Con el surgimiento del programa de siembra popular en 1996, el número de ecosistemas para el cultivo de este cereal se ha diversificado, pues se incluyen en los mismos, mayores tipos de suelos y variadas tecnologías, mientras que los productores en su mayoría no cuentan con los insumos necesarios para la aplicación de altas tecnologías Sánchez (2008).

Caracterización de las variedades de arroz.

La caracterización de las especies ha sido una preocupación permanente de científicos y mejoradores. Desde finales del siglo XIX se inició la identificación de descriptores que permitieran una diferenciación entre especies y variedades. Los órganos florales fueron considerados, desde el inicio, de mucha importancia para la identificación de especies de plantas (Alfonso, 2006).

Según Watanabe (1997, citado por Alfonso, 2006), la primera clasificación de variedades de arroz fue realizada en Japón en 1884, basada fundamentalmente en los granos. En 1885 se clasificó un gran número de variedades colectadas en varias partes del mundo, que incluían características asociadas al grano tales como: grano glutinoso y no glutinoso, forma y color así como presencia y ausencia de aristas, lo cual fue una notable contribución. En el año 1934 se adicionaron otros caracteres como: período de maduración y la resistencia a enfermedades, en 1936 se incorporaron caracteres cuantitativos y cualitativos. Actualmente, además se utilizan otros caracteres fisiológicos como

la dormancia o latencia de la semilla, la sensibilidad a bajas temperaturas y la tolerancia a la sequía, para una descripción más completa (Alfonso, 2006).

Los descriptores variables dependen de la acción de muchos genes, que son afectados por el medio ambiente. Pueden ser, variables cualitativas y cuantitativas. Los descriptores fijos cualitativos dependen generalmente de pocos genes que determinan una característica, no pueden ser medidos numéricamente o se dificulta su medición, las modificaciones por el medio son pocas y pueden medirse por su expresión fenotípica, por ejemplo el color de las hojas, la presencia de aristas y la pubescencia. Las variables cuantitativas son más afectadas por el ambiente y se pueden medir por un sistema de numeración continua como el número de hojas y número de granos por panículas (Hernández, 2002).

Por su parte Weidong *et al.* (2000, citado por Alfonso, 2006), en la Encuesta Nacional sobre la Utilización del Germoplasma Conservado en el Banco Nacional de Recursos Fitogenéticos de China, determinaron que, de 35 000 accesiones de arroz conservadas en dicho banco, sólo el 9.3% de éstas era empleado por los fitomejoradores en sus programas de mejoramiento; identificaron que entre los 24 factores que limitan el uso de los recursos fitogenéticos de varios cultivos, se encuentra la insuficiente caracterización y evaluación de los genotipos conservados en dicho banco y el desconocimiento de los mejoradores de la información existente (Hernández, 2002).

Existen caracteres que tienen marcada influencia sobre la capacidad agro productiva de las especies cultivadas. En la medida que el productor los domine puede alcanzar resultados superiores de eficiencia y productividad.

Estrategia varietal y producción de semilla certificada para el sector de producción de arroz popular.

El Programa de Producción Popular de Arroz surgió en la década de los 90 en el contexto de las dificultades económicas que atravesaba el País y que provocó serias limitaciones de las posibilidades productivas del Sector Especializado. En consecuencia, el Programa se ha basado en el empleo de

variedades que demandan bajos insumos, el estímulo al cultivo a pequeña y mediana escala con la participación de cooperativas, productores individuales e instituciones estatales (Alemán *et al*, 2002)

Se ha enfatizado en la necesidad de continuar desarrollando esquemas de producción que satisfagan la demanda creciente con la estructura varietal y la calidad establecida. Con la introducción de nuevas tecnologías, sistemas de rotación más adecuados y la explotación del potencial productivo de dichos suelos. (Hernández, 2002).

Según Alemán *et al.* (2003) en su trabajo de producción de semilla categorizada a pequeña y mediana escala; señalan que a través del movimiento de producción popular de arroz es factible lograr una producción de semilla categorizada al igual que los esquemas de producción especializado.

2.1.3 Carencia que se quiere llenar con la investigación.

En el año 2005 la Provincia de Cienfuegos valoró la necesidad de implementar experimentalmente un programa de "producción popular de arroz" de semilla certificada ya que no era posible satisfacer la demanda de los productores y en la mayoría de los casos se utilizaba semilla sin categoría y con mucha mezcla, no representativa de la variedad original.

En el municipio de Aguada de Pasajeros se trabaja en la elevación de las producciones arroceras para el abastecimiento de la demanda municipal y para ayudar a reducir las importaciones del cereal por parte del Estado. Por ello, disponer de variedades menos exigentes en fertilizantes y agua; así como una mejor competencia con las malezas, constituye una alternativa para ampliar el número de ecosistemas e incrementar los rendimientos en el arroz popular, siendo esto posible sólo, por la contribución de los Recursos Fitogenéticos existentes en el Banco de Germoplasma a este programa. .

El establecimiento de variedades de arroz de nuevas introducción en las condiciones de producción del Municipio de Aguada posibilitaría conocer si poseen buena adaptabilidad a dichas condiciones

2.2 Materiales y métodos.

El trabajo se realizó en áreas de la CCS Patricio Lumumba, de la Empresa Agropecuaria Aguada, en el agroecosistema Chafarina, del municipio de Aguada de Pasajeros, provincia Cienfuegos. Las variedades evaluadas fueron: Perla de Cuba, BT 6881 y Prosequicia, todas de reciente introducción en la localidad y al municipio, sobre suelo oscuro plástico. El experimento de campo se montó en época de frío, usando un diseño experimental bloque al azar, con tres tratamientos y 10 réplicas. La siembra se efectuó por trasplante, el 15 de febrero del 2011. La preparación del suelo, siembra y las atenciones culturales se realizaron según el instructivo por el Instituto de Investigación del Arroz (IIA, 2010). Fecha de transplante: 15-02-2011 por Transplante a 0.15x0.15m. El área posee un sistema de riego de aniego eléctrico.

2.2.1 Caracterización del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.

Para la caracterización del agro ecosistema se siguió la metodología descrita por Socorro et al, 2005, quienes proponen la evaluación de las siguientes variables:

- Ubicación.
- Limites fisiográficos
- Características de los componentes fundamentales de los agroecosistemas (Suelo, Agua, Cultivos y Animales)
- Sistema de explotación agrícola (Recursos externos y recursos locales).

También se tomaron los datos de las siguientes variables meteorológicas durante el ciclo del cultivo, en la estación meteorológica 78335 de Aguada de Pasajeros:

- Precipitaciones totales durante el ciclo (mm).
- Temperatura máxima mensual (°C).
- Temperatura mínima en grado (°C).
- Temperatura media mensual (°C).
- Humedad relativa en (%).

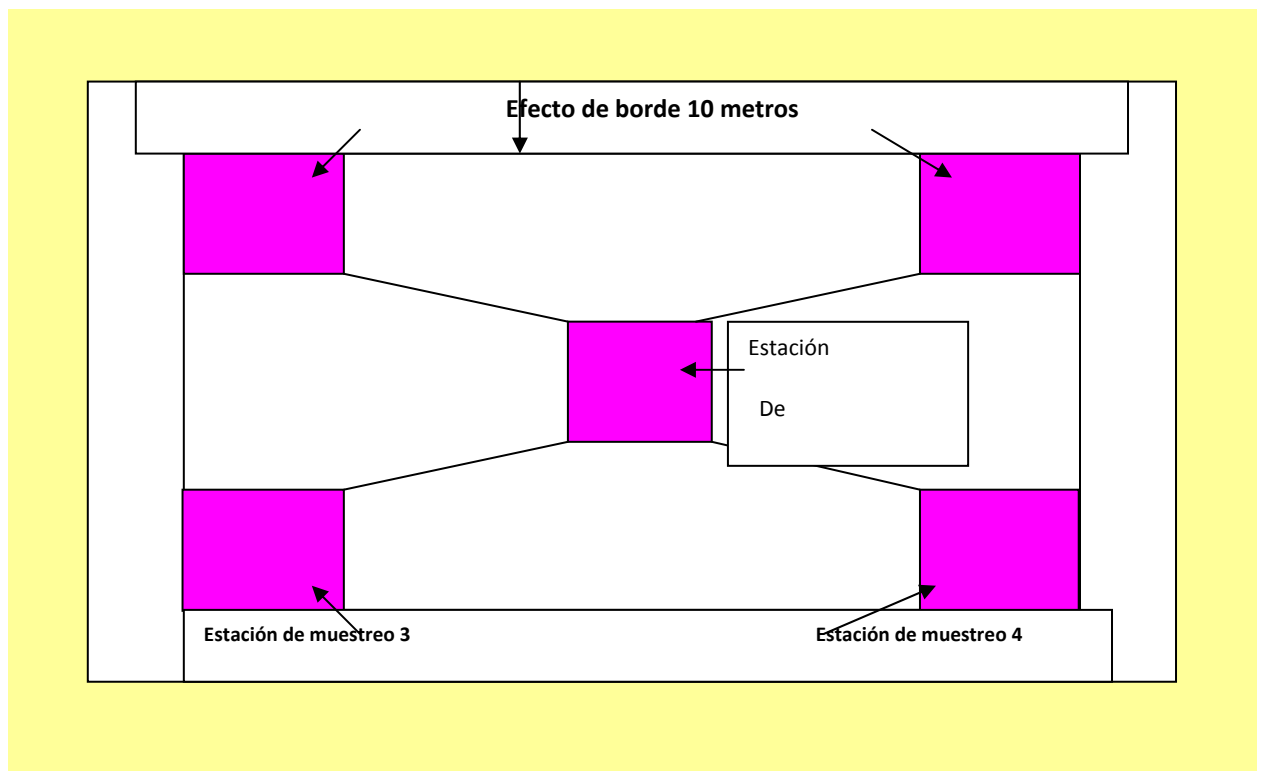
2.2.2 Comparación de la respuesta de las variedades en el agroecosistema Chafarina.

En todas las variedades se midieron las siguientes variedades morfológicas:

- Altura de la planta en (cm).
- Longitud de panículas (cm).
- Número de hijos por planta.
- Número de granos por panículas.
- Número de hijos fértil por planta.
- Número de hijos infértil por planta.
- Peso de 1000 granos en (g).
- Rendimiento ($t. ha^{-1}$).

El muestreo se realizó en cinco puntos muestra como muestra la figura

Esquema de muestreo:



A los datos de las variables morfológicas se les aplicó comparaciones de medias con d'cima de Tukey, para determinar si existe diferencia significativa entre las variedades en las condiciones del agroecosistema Chafarina.

Se evaluó también en el cultivo las variables:

- ✓ Días 50% Paniculación.
- ✓ Días hasta la cosecha.
- ✓ Resistencia al ácaro (*Steneotarsonemus. Spinki*).
- ✓ Resistencia a la sogata (*Togasodes oryzicola*).
- ✓ Resistencia al acame.

En las variables Días 50% Paniculación, Días hasta la cosecha, Resistencia al ácaro (*Steneotarsonemus. Spinki*), Resistencia a la sogata (*Togasodes oryzicola*) y Resistencia al acame, por no contar con el valor de σ debido a que no se pudo calcular porque en cada variedad se obtiene un solo dato, se aplicó el porcentaje de la diferencia relativa entre las medias (%DRM) propuesto por Ramírez (2009) tomando como media poblacional base los valores potenciales de las variedades analizadas en condiciones experimental, la fórmula para el cálculo fue la siguiente:

$$\%DRM = [(\mu / X) * 100] - 100$$

Donde:

X→ es la media de la muestra, real obtenida en las condiciones de los agro ecosistemas.

μ→ es la media poblacional establecida para el cultivar en la literatura en condiciones experimentales.

2.2.3 Evaluación del rendimiento y sus componentes en las variedades en estudio.

Para la evaluación del rendimiento y sus componentes en las variedades en estudio se tomaron los datos de las variables morfológicas medidas: Altura de la planta en (cm), Longitud de panículas (cm), Número de hijos por planta, Número de granos por panículas, Número de hijos fértil por planta, Número de hijos infértil por planta, Peso de 1000 granos en (g) y se les aplicó regresión lineal múltiple por el método de variables introducidas y para establecer los modelos donde se ubican a la variable que más aportan a las variaciones del rendimiento en agro ecosistema.

2.3 Resultados y discusiones.

2.3.1 Caracterización del agroecosistema Chafarina del Municipio Aguada de Pasajeros.

Ubicación y límites fisiográficos:

El agroecosistema Chafarina está situado en la carretera de Amarillas, al noreste de municipio de Aguada de Pasajeros de la Provincia de Cienfuegos. Se encuentra dentro de las áreas de la Unidad Básica de Producción Cooperativa cañera "La gloria". Con un área total de 21.25 ha, se dedican al cultivo del arroz 20.8 ha para el 97.9%.

Características de los componentes fundamentales de los agros ecosistemas.

Suelo: el suelo en todo el agroecosistema es del agrupamiento sialitizado cálcico del tipo pardo con carbonatos, subtipo oscuro plástico. Textura arcillosa. De drenaje deficiente (EPICA-SERFE, 2007).

Agua: posee un pozo con camisa de 500 mm de diámetro para la explotación del agua, con una turbina de 300 mm con motor eléctrico de alta potencia que satisface los requerimientos de la bomba. La distribución del agua se hace por aniego con un sistema de canales revestidos. Estas condiciones hacen que el cultivo sea bastecido durante todo su ciclo de acuerdo a lo establecido por el IIA (2011).

Cultivos: con un área total de 21.25 ha, se dedican al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) 20.8 ha para el 97.9%. El resto del área se dedica a caminos (0.05) y

al cultivo de frutales: Mango (*Mangifera indica L.*) 0.15ha. Estos datos indican que en el agroecosistema se practica el monocultivo del arroz pues en las áreas se establece el arroz en las dos épocas: de frío (diciembre a mayo) y de primavera (junio a septiembre).

Animales: el componente animal no existe dentro del agroecosistema. Una característica del agroecosistema es el uso de químicos en el manejo del cultivo lo que ha reducido considerablemente la biodiversidad, sobre todo la animal.

Sistemas de explotación agrícola.

Recursos locales.

Maquinaria: en el agroecosistema se cuenta con 2 tractores Yums 6m, una combinada arrocera Laverda, 3 vagones donde se carga el grano a granel, 2 pares de ruedas fangueadoras de hierro, un arado ADI-3, un Land Plane, una carreta del tipo Bacardi y una grada picadora 1200G.

Reciclaje de la materia orgánica: el agroecosistema no posee materia orgánica de origen animal en el sistema. La materia orgánica de origen vegetal se obtiene de los residuos de cosecha del cultivo que como la cosecha es mecanizada se distribuye uniformemente en el área y se incorpora al suelo con las labores de preparación del mismo.

Recursos externos.

Insumos: los insumos que se usan en el proceso productivo del arroz como herbicidas, fertilizantes, pesticidas, combustible, lubricante y piezas de repuesto provienen de exterior y están limitados a los flujos del mercado nacional e internacional.

Clima.

Las temperaturas durante el ciclo del cultivo (figura 1) muestran que las temperaturas mínimas se mantuvieron por encima de los 15.70 °C y las máximas no sobrepasaron los 33.9 °C. Lo que las ubica dentro del rango establecido para el cultivo por el IIA (2011), entre 10 y 35 °C, aunque no en el óptimo que es entre 20 y 35 °C (IIA,2011).

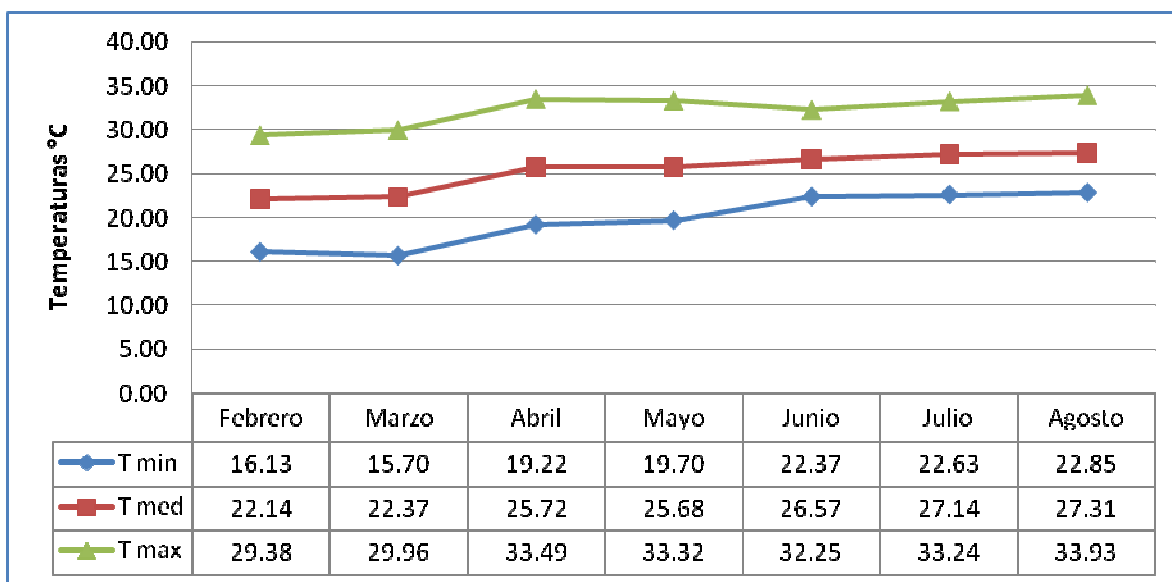


Figura 1 Comportamiento de las temperaturas durante el ciclo del cultivo.

La humedad relativa media se mantuvo entre el 67.97% y el 80.03% que se corresponde con la época en que se estableció el cultivo. Donde los valores más elevados se observan en el mes de junio y los más bajos en el mes de marzo.

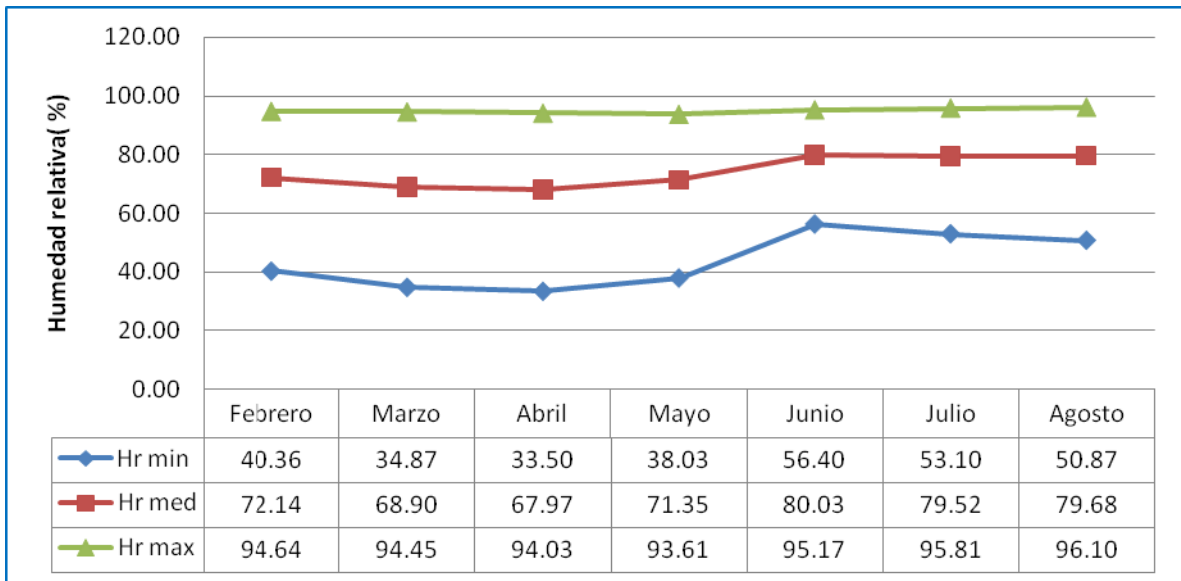


Figura 2 Comportamiento de la humedad relativa durante el desarrollo del cultivo.

Las precipitaciones (Figura 3) indican que en los meses de febrero a mayo se registraron los valores inferiores (0.0 a 47.0 mm) y los más elevados (315.00 a 418.00 mm) en los meses de junio a agosto.

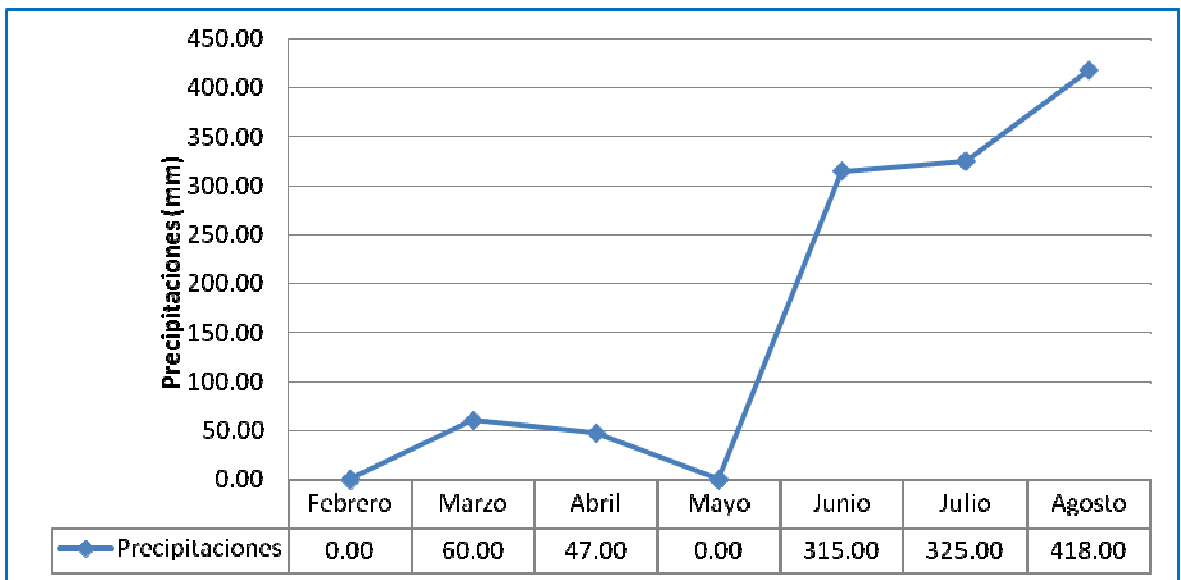


Figura 3 Comportamiento de las precipitaciones durante el desarrollo del cultivo.

2.3.2 Caracterización morfológica de las variedades en condiciones de producción.

Variedad Perla de Cuba

En la localidad Chafarina la variedad Perla de Cuba (Figura 4) emitió como promedio 24.13 hijos de los cuales 23.23 fueron fértiles, o sea que emitieron espigas, y 0.9 infértiles. En cada espiga como promedio se emitieron 10.85 espiguillas. La longitud de las panículas fue de 23.4 cm, la altura de las plantas de 102.5 cm, el número de granos por espigas fue de 205.8 de los cuales 41.5 eran vanos. El peso de 1000 granos fue de 25.9 gramos y el rendimiento de 12.82 t. ha⁻¹.

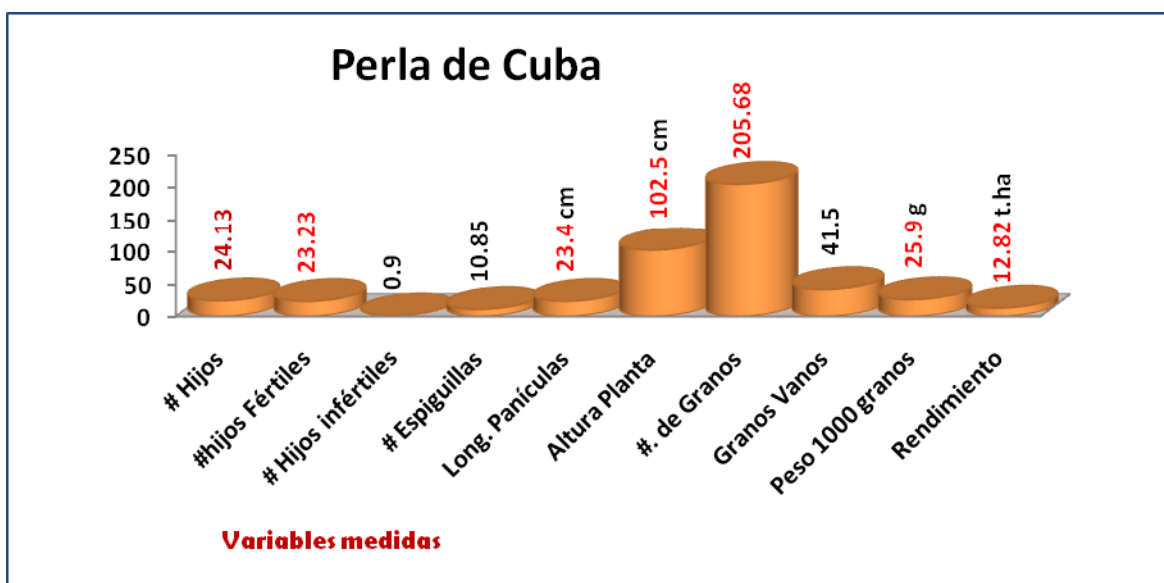


Figura 4 Caracterización morfológica de la variedad Perla de Cuba en el agroecosistema de Chafarina.

Variedad IACuba 43

En la localidad Chafarina la variedad IACuba 43 (Figura 5) emitió como promedio 20.4 hijos de los cuales 19.48 fueron fértiles, o sea que emitieron espigas, y 0.98 infértiles. En cada espiga como promedio se emitieron 10.15 espiguillas. La longitud de las panículas fue de 23.58 cm, la altura de las plantas de 116.98 cm, el número de granos por espigas fue de 144 de los cuales 20.13 eran vanos. El peso de 1000 granos fue de 24.3 gramos y el rendimiento de 9.06 t. ha⁻¹.

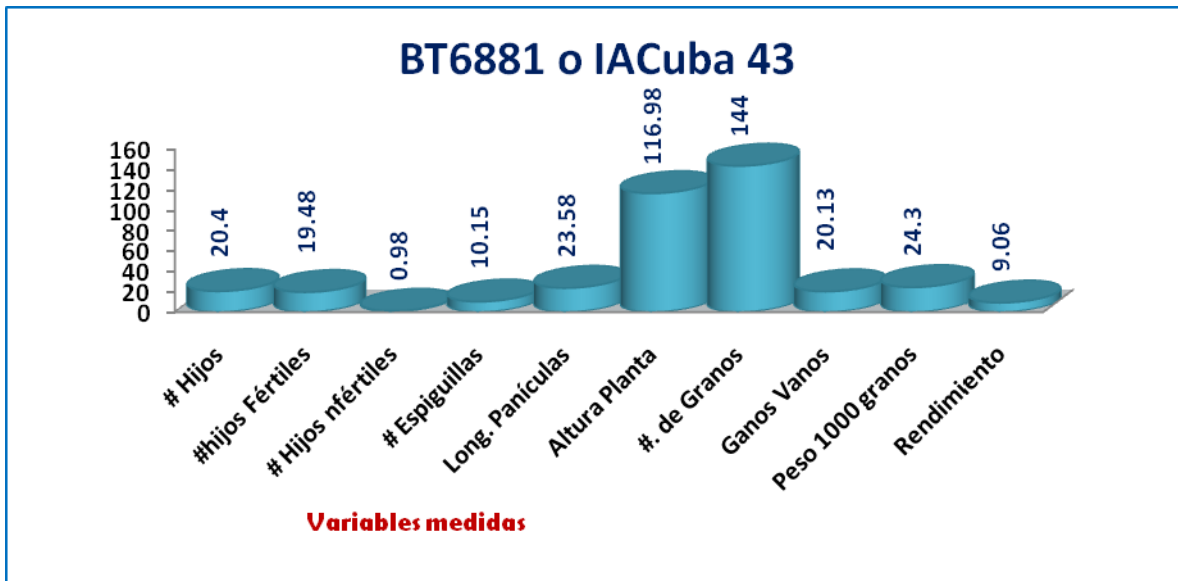


Figura 5 Caracterización morfológica de la variedad BT6881 en el agroecosistema de Chafarina.

Variedad Prosequia 4.

En la localidad Chafarina la variedad Prosequia 4 (Figura 6) emitió como promedio 20.35 hijos todos los cuales fueron fértiles, o sea que emitieron espigas. En cada espiga como promedio se emitieron 14.23 espiguillas. La longitud de las panículas fue de 26.35 cm, la altura de las plantas de 108.6 cm, el número de granos por espigas fue de 187.7 de los cuales 51.55 eran vanos. El peso de 1000 granos fue de 21.73 gramos y el rendimiento de 8.94 t. ha⁻¹.

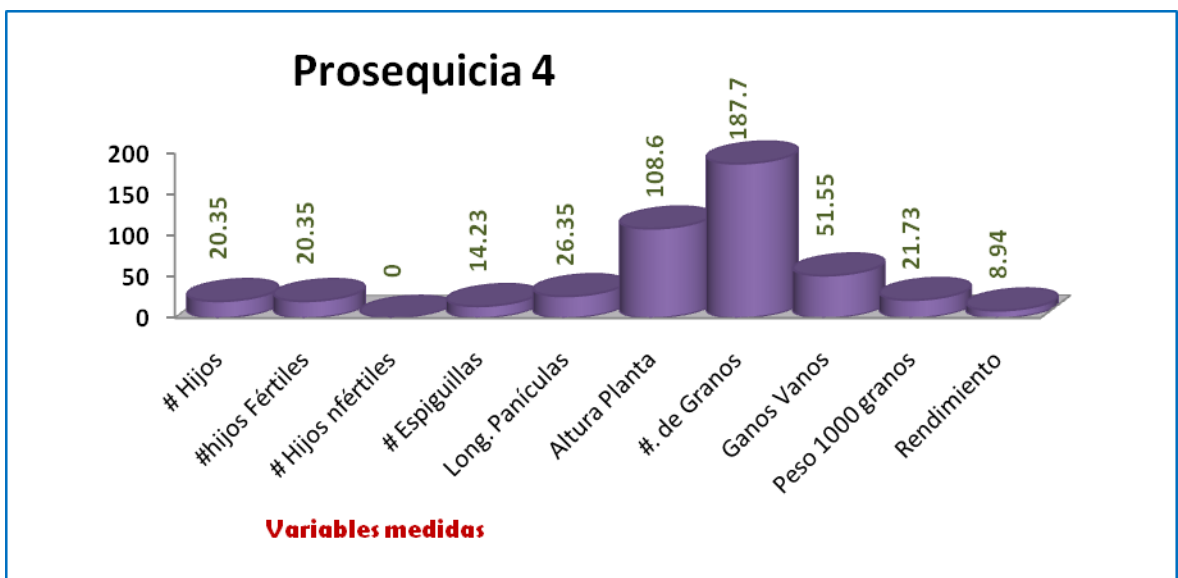


Figura 6 Caracterización morfológica de la variedad Prosequicia 4 en el agroecosistema de Chafarina.

2.3.3 Respuesta de las variedades en la localidad en comparación con los parámetros establecidos por los genetistas del IIA.

Tabla 1 Comportamiento del ciclo de las variedades con respecto al establecido por los genetistas del Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA).

Variedades	Días 50% Paniculación			Días hasta la cosecha		
	IIA**	Localidad	%DRM*	IIA	Localidad	%DRM
IACuba 43	110	110	0.00	148	128	-20.00
Perla de Cuba	88	88	0.00	125	126	1.00
Prosequicia 4	128	128	0.00	165	136	-29.00

* %DRM → porcentaje de la diferencia relativa entre las medias.

**IIA → Establecida por el Instituto de Investigaciones del arroz.

El comportamiento del ciclo vegetativo de las variedades y su comparación entre lo establecido por los genetistas del IIA (Tabla 1) muestra que las tres variedades llegaron al 50% de la paniculación a los días que obtenidos en el IIA (2010), sin embargo se observa una notable reducción de los días hasta la cosecha en las variedades IACuba 43 y Prosequicia 4, lo cual puede ser debido a que el ciclo establecido es para el arroz en siembra directa y en Chafarina se empleó el método por trasplante. La Perla de Cuba mantuvo el ciclo planteado por el IIA (2010). El porcentaje de la diferencia relativa entre las medias (%DRM) demuestran los resultados antes descritos. En los días del ciclo hasta la cosecha se puede observar en la IACuba 43 un 20% de diferencia entre la media poblacional y la muestra de la localidad, no así en la Perla de Cuba que se incremento en 1.0%. Mientras que en la Prosequicia 4 donde el ciclo se redujo en un 29.0%.

Tabla 2 Comportamiento de la resistencia de las variedades con respecto al establecido por los genetistas del Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA).

Variedad	Resistencia al S. spinki	Resistencia a Togasodes oryzicola	Resistencia al acame

	IIA**	Localidad	IIA	Localidad	IIA	Localidad
IACuba 43	*3	3	2	3	3	3
P de Cuba	1	3	3	3	3	3
Prosequicia 4	3	3	3	3	3	3

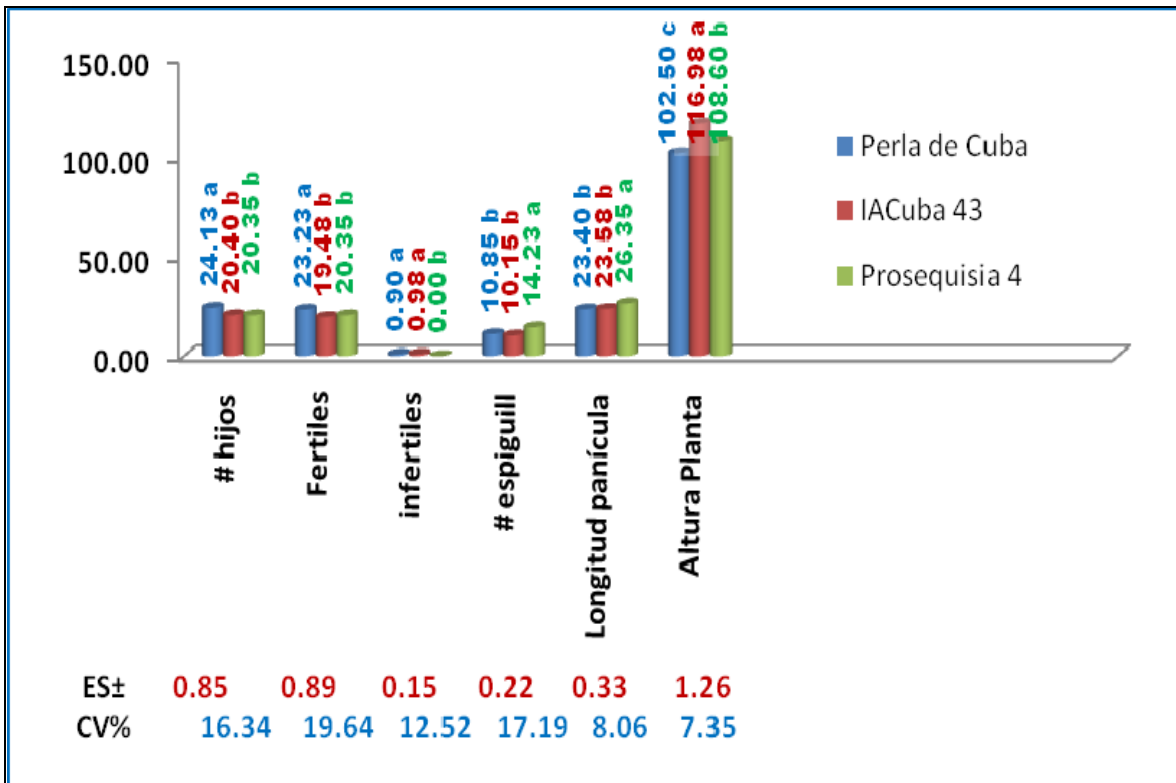
**1 Sensible; 2 medianamente resistente; 3 resistente.*

***IIA → Establecida por el Instituto de Investigaciones del arroz.*

En la resistencia de las variedades (Tabla 2) se puede observar que la variedad Prosequicia 4 mantuvo la resistencia al ácaro *Steneotarsonemus spinki*, a la *Togamosodes oryzicola* y al acame. La Perla de Cuba se mostró resistencia a los tres elementos evaluados aunque el IIA la incluye como sensible al ácaro y la IACuba 43 mostró resistencia a los elementos evaluados aún cuando el IIA (2010) la da con medianamente resistente a la *T. oryzicola*. Esta resistencia superior a la establecida por los genetistas puede estar debida a que durante el ciclo del cultivo el clima se comportó desfavorable para la incidencia de plagas y enfermedades durante la mayor parte del ciclo como se analizó anteriormente.

2.3.4 Comparación entre las variedades en el agroecosistema de Chafarina.

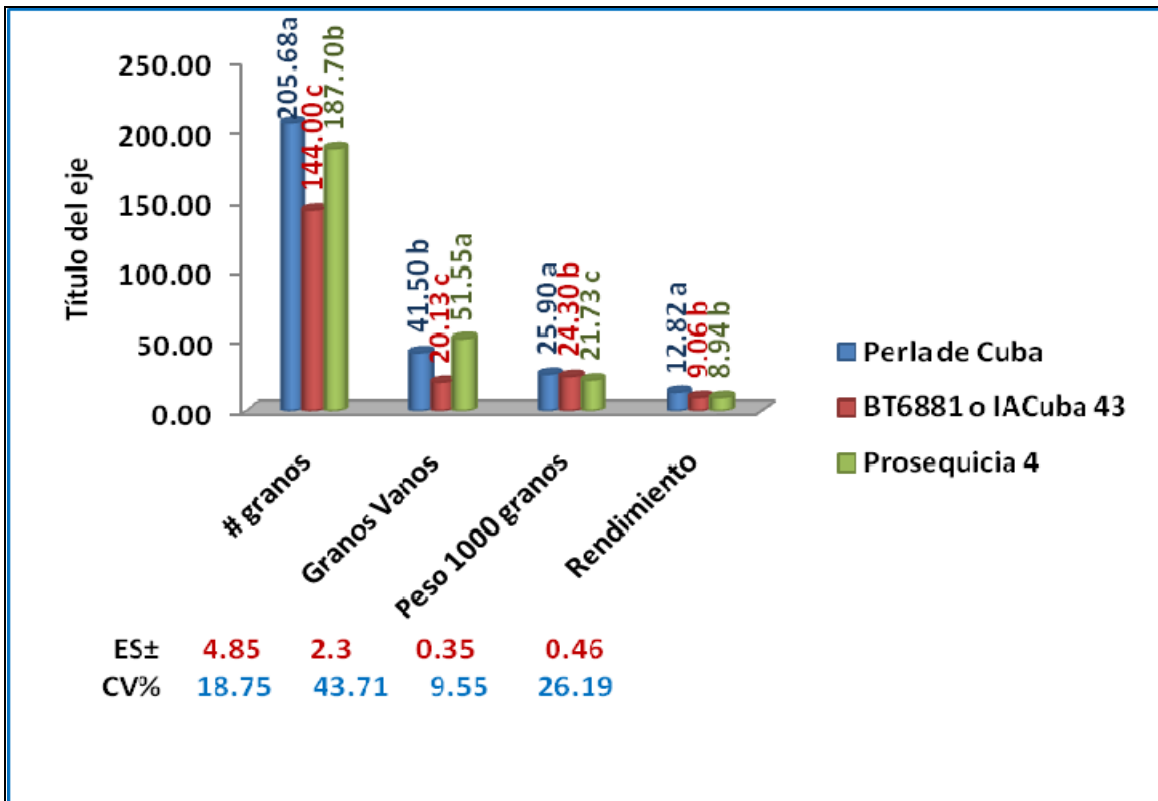
La comparación entre la respuesta de las variedades (Figura 7) muestra que la variedad Perla de Cuba en las condiciones de Chafarina superó significativamente ($P < 0.05$) al resto de las variedades en cuanto al número de hijos y de hijos fértiles. De igual manera la Prosequicia 4 presentó los valores más elevados de espiguillas por panoja y de la longitud de la panoja. La IACuba 43 presentó las plantas de mayor altura.



**Letras diferentes en las columnas hay diferencia significativa para $P < 0.05$.*

Figura 7 Comparaciones de media con prueba de Tukey, entre las variables morfológicas de las variedades estudiadas en el agroecosistema de Chafarina.

La comparación del rendimiento y sus componentes entre las variables (Figura 8) muestra que todas las variedades mostraron altos rendimientos, entre 12.82 y 8.94 t. ha⁻¹, superiores a la media del municipio (6.5 t. ha⁻¹). La variedad Perla de Cuba presentó el mayor número de granos por espigas, los pesos de 1000 granos más elevados, lo que trajo consigo que tuviera el rendimiento más elevado, lo que hace que sea la más promisoría de las tres seguida de la Prosequia 4.



**Letras diferentes en las columnas hay diferencia significativa para $P < 0.05$.*

Figura 8 Comparaciones de media entre el rendimiento y sus componentes de las variedades estudiadas en el agroecosistema de Chafarina.

2.3.5 Evaluación del rendimiento y sus componentes en las variedades en estudio.

Tabla 1 Modelos de regresión lineal obtenidos en cada variedad estudiada.

Variedades	Perla de Cuba			BT6881 o IACuba 43			Prosequicia 4		
	R	R ²	Sig.	R	R ²	Sig.	R	R ²	Sig.
	0.998	0.997	0.000(a)	0.914	0.836	0.000(a)	0.997	0.995	0.000(a)

Ecuación del modelo	$Y = -4.239 + 0.125 X_1 - 0.975 X_2 - 0.620 X_3$ <p>Donde:</p> <p>X_1 => Peso de 1000 granos. .</p> <p>X_2 => Granos por panículas.</p> <p>X_3 => Longitud de la panícula.</p>	$Y = 2.001 + 0.926 X_1 - 0.449 X_2 - 0.049 X_3$ <p>Donde:</p> <p>X_1 => Granos por panículas.</p> <p>X_2 => Longitud de la panícula. .</p> <p>X_3 => Peso de 1000 granos.</p>	$Y = -4.474 + 0.180 X_1 + 0.760 X_2 - 0.535 X_3$ <p>Donde:</p> <p>X_1 => Peso de 1000 granos. .</p> <p>X_2 => Granos por panículas.</p> <p>X_3 => Longitud de la panícula. .</p>
---------------------	--	---	--

El análisis de regresión lineal múltiple a los datos de las variables donde se usó el rendimiento como variable dependiente permitió obtener los modelos para la predicción del mismo, donde las variables: Peso de 1000 granos, Número de granos por panícula y la longitud de las panículas, resultaron ser predictoras en todas las variedades. Esto coincide con lo planteado por IIA (2011) en lo referente a que las variables peso de 1000 granos, granos por panículas y longitud de las panículas son componentes del rendimiento.

3.0 Conclusiones:

1. El agroecosistema de Chafarina se caracteriza por tener un clima favorable para el cultivo del arroz, un sistema de explotación intensiva y de monocultivo, con un alto empleo de químicos, bajos niveles de biodiversidad animal, pobre reciclaje de la materia orgánica y alta dependencia de insumos externos.
2. En las condiciones del agroecosistema Chafarina las variedades Perla de Cuba, IACuba 43 y Prosequici 4 exhiben valores del rendimiento y sus componentes superiores a la media del municipio.
3. El peso de 1000 granos, la longitud de las panículas y el número de granos por panícula como las variables que más inciden sobre el rendimiento en los modelos de regresión lineal.

4.0 Recomendaciones:

1. Tener presente las características obtenidas del agroecosistema Chafarina en el momento de establecer estrategias agronómicas para el cultivo del arroz en el municipio Aguada de Pasajeros.
2. Tener en cuenta las variedades Perla de Cuba, IACuba 43 y Prosequici 4 en la estrategia varietal de los agroecosistemas arroceros por la buena adaptabilidad que manifestaron a las condiciones del municipio de Aguada de Pasajeros.
3. Validar los modelos de regresión lineal obtenidos en los agroecosistemas para el pronóstico del rendimiento antes de la cosecha.

5.0 Bibliografía:

- Alfonso, R, Pérez, R, & Suárez, E. (2002). Estado Actual del Mejoramiento del arroz en Cuba. Presented at the Conferencia Taller Mejoramiento Genético de Arroz para América Latina y el Caribe., Brasil.
- Alfonso, R., Rodríguez, S., & Suárez, E. (2006). Utilización de los recursos filogenéticos en el mejoramiento genético del arroz para condiciones de bajos insumos de agua y fertilizantes. *Revista Cubana del Arroz*, 8(2), 18-20.
- Alfonso. R., Alemán, L., & Rodríguez, S. (2002). El Arroz de Secano para el Sistema de Arroz Popular en Cuba. Presented at the II Taller Internacional de Mejoramiento de Arroz de Secano, Bolivia.
- Álvarez Zambrano, L.R. (1996). Identificación, definición de prioridades y caracterización de los sistemas de producción agrícola (una aplicación al sistema productivo de la caña panelera en Cundinamarca. Retrieved from <http://www.BasedeDatosAgris1999-2002/12> CORPOICA.
- Andrade, W.B. (1996). Influencia da Adubacao Nitrogenada sobre o Rendimiento e outros parametros de duas cultivares de Arroz Irrigado na regio norte fluminense. *Ciencia y Agrotecnologia*, 20(3), 293-300.
- Balasubramanian, V., Morales, A. C, & Cruz, R. T. (1999). On - farm adaptation of Knowledge - intensive nitrogen management technologies for rice systems. *Notr. Cycl. Agroecosyst*, 9, 59-69.
- Canet, R., Colón, C., & Bakulenko. (1981). Influencia de las épocas de siembra sobre el rendimiento y sus componentes en variedades de arroz de ciclos medios (primeros ciclos anuales). *C y T en la Agricultura. Arroz.*, 4(2), 91.
- Canet, R., Colón, C., & Bakulenko. (1980). Influencia de las épocas de siembra sobre el rendimiento y sus componentes en variedades de arroz de ciclos medios. *C y T en la Agricultura. Arroz*, 3(2), 35.
- CIAT. (2005). Morfología de la Planta de Arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Retrieved from <http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/inicio.htm>.

Colectivo de Autores. (2000). Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real - time N management in rice. 1. International Rice Research Notes. (IRRN). Internacional Rice Research Institute. (IRRI). Philippines.

Colectivo de Autores. (2011a). Arroz popular una alternativa de producción en Cuba. Instituto de Investigaciones del Arroz.

Colectivo de Autores. (2011b). BT6881o IACuba 43 una variedad en introducción. Instituto de Investigaciones del Arroz.

Colectivo de Autores. (1987). Effect of water depth on nitrogen use efficiency and nitrogen 15 balance in lowland rice. *Agron. J*, 79, 210-216.

Colectivo de Autores. (2002). Impacto actual del Programa de Producción de Arroz no Especializado (Popular). Palacio de las Convenciones. La Habana.

Colectivo de Autores. (1996). Increase N - use efficiency using a Chlorophyll meter on high - yielding irrigated rice. *Field. Crops. Res*, 47, 243-252.

Colectivo de Autores. (2010). Manual del agricultor arrocero. Instituto de Investigaciones del arroz. MINAG.

Colectivo de Autores. (2002). Mejoramiento de Arroz Secano. Presented at the II taller Internacional de Arroz Secano, Bolivia.

Colectivo de Autores. (1995). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura.

Colectivo de Autores. (2011). Perla de Cuba una variedad de buen contenido nutricional. (plegable). I. Instituto de Investigaciones del arroz. MINAG.

Colectivo de Autores. (2003a). Prioridades para la mecanización en la producción popular de arroz. Presented at the I Fórum Ramal del Cultivo del Arroz. (Suelos, Fertilización, Poscosecha e Impacto Social), Camagüey.: Instituto de Investigaciones del Arroz.

Colectivo de Autores. (2003b). Programa Nacional de Producción Popular de Arroz: Impacto actual. Camagüey: Instituto de Investigaciones del Arroz.

- Colectivo de Autores. (2011). Prosequicia 4 una variedad resistente y altamente productora de arroz. (plegable). 1. Instituto de Investigaciones del arroz. MINAG. Cuba.
- Colectivo de Autores. (1992). Research Programs upland rice ecosystem. Program Report for Laguna Philippines.
- Colectivo de Autores. (2004). Sistema Intensivo de Cultivo Arrocerero. MINAGRI.
- Colectivo de Autores. (n.d.). Mejoramiento del arroz en Cuba, Situación actual. Goiania. Brasil.
- Cruz, F., & Galano, R. (2002). Densidades de siembra y dosis óptimas de nitrógeno para la variedad de arroz IACuba 22, sembrada en el mes de noviembre. *Revista Cubana del Arroz*, 4(2), 19-21.
- Cruz, F., & Galano, R. (2004). Densidades de siembra y dosis óptimas de nitrógeno para las variedades de arroz IACuba 29, IACuba 30 y Reforma en condiciones de riego. *Revista Cubana del Arroz*, 6(1), 44-49.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (2000). Instructivo Técnico del Arroz. MINAGRI.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (2002). Instructivo Técnico del Arroz. MINAGRI.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (2001). Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz. MINAGRI.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (2002). Manual del Arrocerero. Instituto de Investigaciones del Arroz.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (1988). *Suelo. Análisis Químico. Determinación de los contenidos de fósforo y nitrógeno total; % de materia orgánica y % de humus.*
- Chang T.T. (1974). The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rices. *Euphytica*, 25, 425-441.
- David, C.C, & Otsuka, K. (1994). *Modern Rice Technology and Income Distribution in Asia*. Estados Unidos: Lynne Rienner Publishers.
- De Datta, S.K. (1981). *Principles and Practices of Rice Production*. Philippines: International Rice Research Institute. (IRRI).

- Fernández Leyva, J. R., & Barroso Prometa, L. (2008). Comportamiento de dos variedades de arroz en el valle de Guantánamo con la tecnología del SICA, en secano y con diferentes frecuencias de riego. Presented at the IV Encuentro Internacional del arroz, La Habana.
- Fundora, O., Arzola, N., & Machado, J. (2000). Fertilidad del Suelo y Fertilización. Universidad Central de Las Villas.
- Garcés Rosales, Tania, Vázquez, E., & Tamayo, E. (2003). Generalización del sistema de producción de semilla en el arroz popular de la provincia Granma. Presented at the I Fórum Ramal del Cultivo del Arroz. (Agronomía, Variedades y Semilla)., Camagüey.: Instituto de Investigaciones del Arroz.
- Hernández, J. (2002). *Recomendación de las variedades de arroz IACuba 35 y VN 2084 como tolerantes a bajas temperaturas. Variedades y tecnologías para la siembra de arroz en el mes de noviembre*. Informe final, La Habana: MINAGRI.
- Kush G.S. (1995). Incremento del potencial genético del rendimiento del arroz. perspectivas y métodos. In *Arroz na America Latina perspectivas para o incremento da produçãoe do potencial produtivo. IX Conferencia Internacional de arroz para America Latina y el Caribe en la V Reunión Nacional de Pesquisa de arroz*. Brasil: EMBRAPA- CNPAF 'Goiânia, G.O.
- Lickacz, J., & Penny, D. (1985). Soil Organic Matter. University of Maine Cooperative Extension. Retrieved from <http://www.vmext.maine.edu/onlinepubs/htmpubs/2288.htm> .
- Pérez, C. R. (2002). Evaluación de dosis y fraccionamiento de nitrógeno en nuevas variedades de arroz. *FEDEARROZ*. Retrieved from <http://www.fedearroz.com.co>.
- Pérez, R. (2002). Carta Agropecuaria Azucarera. Tema: Sistema Intensivo de Cultivo Arrocerero (SICA). MINAZ.
- Reis, M. S. (1998). Resposta de Cultivares de Arroz (*Oryza sativa*.L) Irrigado por inundacao a Adubacao Nitrogenada. *Ciencia y Agrotecnologia Brasil.*, 22(2), 57-64.

Sánchez Suárez, L. (2008). Evaluación de variedades y producción de semilla en el arroz no especializado de la provincia Granma. Presented at the Memorias, IV encuentro internacional del arroz., La Habana.

Santiago Gómez Rojas, E., Cristo Valdés, E., & García Díaz, R. (2008). Comportamiento de distancia de plantación empleando el trasplante manual y dardo en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Presented at the IV Encuentro Internacional del arroz., La Habana.

Singh, B., & Bajwa, M. S. (1996). Studies on urea hydrolysis in salt affected soil. *Fertilizer Research*, 8, 231-240.

Yoshida, S. (1981). Fundamentals of Rice Crop Science. International Research Institute, Philippines.