

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica



**Evaluación agroproductiva de cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.)
en el Sur del Jíbaro**

Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo

Diplomante: Roberto Carlos González Mejías

Tutora: MSc. Sandra Haydee Díaz Solís

Santa Clara, 2015

Resumen

La investigación se llevó a cabo en áreas de la Granja Militar Integral Romero, en el Sur del Jíbaro, municipio La Sierpe, provincia Sancti Spiritus, sobre un suelo Oscuro plástico, durante la campaña de frío 2014-2015, con el propósito de evaluar indicadores morfoagronómicos y de calidad industrial en cuatro cultivares de arroz (IACuba-32, INCA LP-7, IACuba-31 y Selección 1). Se evaluaron diferentes índices de crecimiento, el rendimiento agrícola y sus componentes, así como la calidad industrial, para ello se emplearon el Sistema de Evaluaciones Estándar para Arroz, Descriptores varietales del CIAT y Formulario de Descripción Varietal para Arroz. Los resultados obtenidos arrojaron que el 100 % de los cultivares evaluados clasificaron como semienanos, INCA LP-7 resultó el de mayor altura e IACuba-31 el de menor, con valores de 78 cm y 71.35 cm respectivamente. Todos los cultivares presentaron un ciclo medio (130-140 días) y número de hijos superior a seis, destacándose IACuba-32 con 10.3 como promedio. Existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cuanto a rendimiento agrícola y sus componentes. El cultivar Selección 1 alcanzó el mayor rendimiento con 8.12 t ha⁻¹. El cultivar IACuba-32 mostró la mejor calidad industrial, expresada en 60.4 % de granos enteros y 61.8 % de 1ra calidad, seguido de Selección 1, quien obtuvo 58.2 % y 60.2 % respectivamente.

Índice

	Páginas
I. Introducción.....	1
II. Revisión bibliográfica	4
2.1. Generalidades del cultivo del arroz.....	4
2.2. Origen, taxonomía e importancia.....	4
2.3. Aspectos botánicos y fisiológicos	5
2.3.1. Morfología general	5
2.3.2. Órganos vegetativos.....	6
2.3.3. Órganos reproductores	7
2.3.4. Fases fenológicas	8
2.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	9
2.4.1. Distribución geográfica	9
2.4.3 Suelos	9
2.4.4. Humedad	10
2.5. El cultivo del arroz en Cuba.....	10
2.6. Cultivares o variedades comerciales	10
2.6.1. Principales características de los cultivares en estudio	11
2.7. Aspectos agrotécnicos	11
2.7.1. Preparación de suelos	11
2.7.2. Época de siembra	12
2.7.3. Siembra	12
2.7.4. Marco de siembra	12
2.7.5. Fertilización	12
2.7.6. Riego.....	13
2.7.7. Plagas, enfermedades y arvenses.....	13
2.7.8. Ecosistemas	13
2.7.9 Cosecha.....	13
2.8. Caracteres de importancia en el cultivo del arroz	14
2.8.1. Ciclo de vida, altura, rendimiento y sus componentes.....	14
2.8.2. Calidad industrial	15
III. Materiales y métodos	16
3.1. Índices de crecimiento.....	17
3.2. Componentes del rendimiento agrícola	18
3.3. Rendimiento agrícola.....	18
3.4. Calidad industrial.....	19
Procesamiento estadístico	19
IV. Resultados y discusión	20
4.1. Índices de crecimiento.....	20
4.2. Componentes del rendimiento agrícola	25
4.3. Rendimiento agrícola.....	30
4.4. Calidad industrial.....	31
V. Conclusiones	35
VI. Recomendaciones	36

I. Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más antiguos, ha formado parte de la alimentación del ser humano durante casi 10 000 años (Acevedo *et al.*, 2006). Ocupa el segundo lugar a nivel mundial después del trigo en superficie cosechada; pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Constituye el alimento básico de cerca del 50 % de la población mundial. Aunque es producido y consumido mayormente en Asia, se siembra con fines comerciales en más de 100 países (FAO, 2006; Jiménez *et al.*, 2009; Franquet y Borrás, 2010).

Este cereal es uno de los de mayor producción a nivel mundial y, junto al trigo, la carne y el pescado, constituyen la base de la alimentación humana; el 75 % de la población mundial lo incluye en su dieta alimenticia diaria y puede superar, en algunos casos, el consumo de otros cereales (Méndez, 2011).

Es el cultivo de grano más importante para el consumo humano en los países tropicales de la región de América Latina y el Caribe, porque proporciona más calorías a la dieta de los habitantes de esa región que el trigo, el maíz, la yuca, la papa y otros alimentos. Brinda a los consumidores de escasos recursos, en particular, más calorías que cualquier otro cultivo de primera necesidad. En esta región de rápido crecimiento urbano, el fuerte atractivo del arroz corresponde a su conveniencia y sus muchas bondades alimenticias (CIAT, 2015). En la zona tropical de este subcontinente, se ha establecido como un producto agrícola que genera buenos ingresos. Avances significativos se alcanzaron en la producción de arroz en Latinoamérica y el Caribe en las tres últimas décadas gracias al desarrollo de variedades mejoradas, utilización de prácticas más modernas de cultivo y a la mayor adopción de las nuevas variedades por parte de los agricultores (CIAT, 2010).

Los cultivares tradicionales de arroz así como las especies de arroz silvestre, a nivel mundial, se están perdiendo por causa de la erosión genética, sin embargo, en el futuro, serán necesarios para hacer frente a los numerosos factores adversos que ponen en riesgo su producción para esta generación y las futuras (Hamilton *et al.*, 2011). La estrecha base genética del arroz que se cultiva en Cuba, constituye una barrera para el rendimiento y la sostenibilidad de este cultivo (Suárez *et al.*, 2007; Almarales *et al.*, 2008).

Su cultivo en Cuba se ha extendido a casi todas las regiones del país y constituye la principal fuente de carbohidratos y un plato indispensable en la dieta del cubano (Sanzo *et al.*, 2008; Hernández, 2011), con un consumo aproximado de 670 000 toneladas al año y un per cápita nacional anual que supera los 70 kilogramos, sin embargo hasta el momento la producción nacional solo satisface un poco más del 50 % de las necesidades (MINAG, 2011), por esta razón los mejoradores de arroz trabajan en la búsqueda de nuevas variedades que combinen buen rendimiento y tolerancia a factores bióticos y abióticos.

Los ambientes de producción de este cereal son muy diversos, es cultivado bajo condiciones y sistemas de producción diferentes (Alemán *et al.*, 2008). Así mismo, los granos tienen diversas características en relación al tamaño, consistencia al cocinar, cualidades aromáticas y color (GRAMENE, 2007).

Los programas de investigación y mejoramiento del arroz no sólo deben incluir las evaluaciones tradicionales enfocadas a los componentes de rendimiento y caracteres morfológicos, es necesario tomar en cuenta la calidad para satisfacer los gustos del consumidor (Ilaraza, 2002), pues constituye el único cereal que se consume como tal, sin más procesamiento que descascarado y pulido (Livore, 2004; Pérez y Montoya, 2009).

Aun cuando se obtienen buenos resultados con las tecnologías o metodologías que se utilizan en la producción quedan algunas fisuras que debilitan y hacen inestables las cosechas de arroz (Alemán *et al.*, 2008). Al ser un monocultivo que se maneja en forma intensiva presenta muchos problemas, tanto fitosanitarios como fitotécnicos, es por ello que se deben seguir muy de cerca las áreas dedicadas a este cultivo, con el fin de observar el comportamiento de las diferentes variedades (Guzmán, 2006; Suárez, 2009; Franquet y Borrás, 2010).

Álvarez *et al.* (2008) refieren que los centros de investigación en arroz están trabajando en la búsqueda de alternativas que permitan asegurar la producción del cereal, con la identificación de los cultivares de mayor potencial productivo y adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas, dado que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que para el año 2025 se requerirán aproximadamente 190 millones de toneladas adicionales de arroz a las ya producida mundialmente.

Muchos han sido los trabajos científicos llevados a cabo en el país con este propósito, pero actualmente son insuficientes las investigaciones desarrolladas en áreas

arroceras del Sur del Jíbaro, lo que limita la identificación de variedades promisorias para estas condiciones y a su vez la optimización de la productividad de este cultivo. Por lo antes señalado nos proponemos la siguiente *hipótesis*:

La evaluación de indicadores agroproductivos de cultivares de arroz, contribuirá a la selección y manejo de este cereal en suelos Oscuros plásticos.

Para darle cumplimiento a la hipótesis se estableció el siguiente *objetivo general*:

Evaluar indicadores morfoagronómicos y de calidad industrial en cuatro cultivares de arroz en un suelo Oscuro plástico.

Objetivos específicos

1. Evaluar diferentes índices de crecimiento de los cultivares objeto de estudio en la campaña de frío.
2. Determinar los principales componentes y el rendimiento agrícola en los cuatro cultivares.
3. Determinar los cultivares de arroz con mejor calidad industrial bajo las condiciones dadas.

II. Revisión bibliográfica

2.1. Generalidades del cultivo del arroz

El arroz (*O. sativa*) es una poácea anual de gran importancia en la dieta humana como fuente de carbohidratos. Constituye el principal alimento en muchos países asiáticos y en algunos de Sur América; es la especie más cultivada después del trigo, ocupa 151 millones de hectáreas, la producción alcanzada se ha estimado en 562 millones de toneladas métricas y Asia produce el 90 % del total mundial, siendo China el principal productor, seguido de Brasil, en el continente americano. Este cereal es una de las pocas especies alimentarias adaptadas en terrenos inundados, y por su alta capacidad productiva es una importante fuente para el sector agrícola de muchos países (Ospina y Aldana, 2001; Caicedo, 2008).

Más de un tercio de la población mundial depende del arroz y el 85 % de la producción es para consumo humano. Es el cultivo más importante en función de la extensión y superficie cultivada, número de personas que económicamente depende de su cultivo, procesamiento y mercadeo (INIA, 2004; Franquet y Borrás, 2006).

En América Latina se producen alrededor de 16 millones de toneladas métricas de arroz cáscara; sin embargo el consumo supera esta cifra, por lo que en su conjunto se presenta como un importador neto de arroz. En el año 2005 la producción en América Latina y el Caribe fue de 26.4 millones de toneladas en una superficie de 6.8 millones de hectáreas (Martínez y Cuevas, 1986; FAO, 2006).

Según la FAO, la producción mundial en 2011 alcanzó 722 millones de toneladas contra 700 millones en 2010. Las cosechas han mejorado en casi todas las regiones arroceras del mundo gracias a una extensión de las áreas de cultivo, las cuales alcanzarían 164 millones de hectáreas (Villar, 2012). Este incremento se concentra en los principales países productores, especialmente China, India e Indonesia quienes totalizan casi los dos tercios de la producción mundial (FAOSTAT, 2015).

2.2. Origen, taxonomía e importancia

Es difícil establecer con exactitud la época en que se inició el cultivo del arroz. La literatura china menciona este cultivo 3000 años antes de Cristo (AC), cuando se consideraba su siembra como una ceremonia religiosa importante, reservada al emperador. El arroz pudo haberse cultivado en otras épocas y pudo originarse en algún sitio diferente de China. Varios autores aceptan que *O. sativa*. procede del sudeste de Asia, de una región cercana a la parte sur de India, donde las condiciones

ambientales son favorables para este cultivo y hay gran cantidad de especies silvestres del género *Oryza* (CIAT, 2010).

Según Dalrymple (1986), se registran dos especies de arroz cultivadas; la especie *O. sativa* y *Oryza glaberrima* Steud. Con el proceso evolutivo y de domesticación a que se sometió la especie *O. sativa*, surgieron innumerables tipos genéticamente divergentes los cuales se fueron adaptando a las más variadas condiciones agroecológicas, estando la especie actualmente subdividida en dos principales subespecies, grupos o razas ecogeográficas (Japónica e Índica) que representan la mayoría de las variedades del mundo.

La teoría del origen único defiende que las subespecies Índica y Japónica fueron domesticadas a partir del arroz silvestre *Oryza rufipogon* Griff. Con el uso de algoritmos informáticos más modernos, los investigadores han obtenido un resultado que indica que estas dos subespecies tienen el mismo origen, porque están más estrechamente relacionadas entre sí desde el punto de vista genético que con cualquier otra variedad de arroz silvestre que se encuentre en la India o en China (NCYT, 2011).

El arroz, es una planta monocotiledónea ubicada dentro de la Clase *Liliopsida*, Orden *Poales*, Familia *Poaceae*, Subfamilia *Bambusoideae*, Tribu *Oryzeae*, Género *Oryza* y especie *O. sativa* (Acevedo *et al.*, 2006; CIAT, 2010).

Dentro de sus virtudes alimenticias se destaca que es rico en vitaminas y minerales, es bajo en grasa y sal y está libre de colesterol (CIAT, 2005). Aunque, como todos los cereales, tiene un aporte básicamente calórico a la dieta, no debe menospreciarse el componente proteico, cuyo contenido medio es 8.7 % en el arroz cargo (descascarado sin pulir) y 7.8 % en el elaborado (Carreres y León, 1999).

Se estima que en el año 2030 los países deben producir más e incrementar los rendimientos de los cultivares de arroz, para satisfacer las demandas del rápido crecimiento de la población; según Yamazaki (2001) y FAO (2012) enfrentar este desafío se considera una estrategia importante.

2.3. Aspectos botánicos y fisiológicos

2.3.1. Morfología general

El conocimiento de la planta de *O. sativa* y, en particular, de su morfología, es básico en la investigación porque en él se basan, tanto la diferenciación de las variedades como los estudios de fisiología y mejoramiento (CIAT, 2010).

Puldón (2007) refiere que el arroz es una planta 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 0.4 m (enanas) hasta más de 7.0 m (flotantes).

La morfología del arroz se estudia en dos etapas, la fase vegetativa (incluye los estadios de germinación, plántula, e inicio y pleno macollamiento) y la fase reproductiva (iniciación del primordio floral a emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a madurez) (Olmos, 2007).

Para efectos de esta descripción los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos, órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas) y órganos reproductores (flores y semillas).

2.3.2. Órganos vegetativos

2.3.2.1. Raíz, tallo y hoja

Durante su desarrollo, la planta de arroz emite dos clases de raíces: las seminales (o temporales) y las adventicias (o permanentes). Las raíces seminales son poco ramificadas, viven un corto tiempo después de la germinación, y son reemplazadas por las raíces adventicias. Las raíces adventicias brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes y en el arroz flotante brotan de los nudos del tallo que están sumergidos en el agua, en algunos casos, también de los nudos aéreos. En los primeros estadios de su crecimiento, son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; en la medida en que la planta crece, las raíces se alargan, se adelgazan, se vuelven flácidas y se ramifican en abundancia. Cuando ya están maduras, las raíces adventicias son fibrosas, emiten raíces secundarias y éstas producen pelos radicales. Es frecuente que estas raíces formen verticilos en los nudos que están sobre la superficie del suelo. Las puntas de las raíces están protegidas por una masa de células semejante a un dedal, llamada coleorriza; su función es facilitar la penetración de la raíz en el suelo (Olmos, 2007).

CIAT (2010) señala que 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 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.

González *et al.* (1985) expresan que 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. Un tallo con sus hojas forma una macolla, estas se desarrollan en orden alterno en el tallo principal. 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.

Las hojas de la planta de arroz se distribuyen en forma alterna a un lado y a otro a lo largo del tallo. En una hoja completa se distinguen tres partes principales: la vaina, el cuello y la lámina. La vaina, o base de la hoja, sale de un nudo y envuelve el entrenudo inmediatamente superior llegando, en algunos casos, hasta el nudo siguiente. El cuello es la unión de la vaina y la lámina; en él se encuentran la lígula y las aurículas. La lámina de la hoja es de tipo lineal, de punta aguda, larga y más o menos angosta, según las variedades. En el haz, o cara superior, sobresalen las venas paralelas que conforman el sistema vascular (Carretero, 2004).

A medida que avanza el desarrollo de las plantas, las primeras hojas formadas terminan su función vegetativa y se secan. Después de la floración cada tallo presenta solo 4-7 hojas. El limbo foliar es más o menos pubescente, o incluso nada pubescente; tiene un porte más o menos erecto y forma un ángulo con la vaina, variable según su posición en la planta y la variedad de la misma. La longitud y la colocación son igualmente características de la variedad. La última hoja se llama "bandera" u hoja panicular; a veces permanece erecta durante la floración y se inclina sólo en la maduración completa. Las hojas situadas en la base del tallo, ejercen una acción trófica esencialmente a favor del aparato radicular; la hoja bandera y la penúltima desempeñan, en mayor medida que las otras, un papel muy importante para la formación de la panícula y de los granos (Franquet y Borrás, 2006).

2.3.3. Órganos reproductores

2.3.3.1. Flores y semillas

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 arco ciliado

(CIAT, 2005). 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 raquis o eje principal de la panícula es hueco, de sus nudos nacen las ramificaciones (González *et al.*, 1985).

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehisciente. 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 de 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 (González *et al.*, 1985; Olmos, 2007; CIAT, 2010).

El grano de arroz descascarado es un cariopside; se conoce con el nombre de arroz integral, y aún 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).

2.3.4. Fases fenológicas

Según refiere Olmos (2007), el rendimiento potencial del arroz se define primeramente antes de la emergencia de la panoja. El rendimiento definitivo (integrado de los tres componentes), el que está basado en la cantidad de almidón que llena los granos de la panoja, se determina en mayor medida luego de la diferenciación de panoja. Por esto es que divide agrónomicamente la historia del cultivo en términos de la fase vegetativa, reproductiva y madurez.

Una variedad de 120 días pasa unos 55-60 días en la fase vegetativa, 30 días en la fase reproductiva, y 30 días en la fase de madurez.

La germinación da inicio a la fase vegetativa, comienza cuando la radícula o coleoptilo emerge del cariopse. La fase vegetativa se caracteriza por un activo macollamiento, un gradual incremento de la altura de las plantas, y la emergencia de las hojas a intervalos regulares. Mientras que, la fase reproductiva se caracteriza por un declinamiento del número de macollos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la panoja (ocurre unos a 20-25 días luego de la diferenciación del primordio floral), y la floración (antesis) (Olmos, 2007).

El período de maduración de los granos varía entre 15-40 días dependiendo de la temperatura. Se inicia luego que el ovario ha sido fertilizado y el grano de arroz comienza a crecer. En este período el grano incrementa de tamaño y peso, y el almidón y azúcares se translocan desde las vainas, hoja bandera, y vástagos donde fueron acumulados en la fase vegetativa (Fontán, 2008).

2.4. Requerimientos edafoclimáticos

2.4.1. Distribución geográfica

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados. El cultivo se extiende desde los 49-50 ° de latitud norte a los 35 ° de latitud sur. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2 500 m de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas (FAO, 2004; InfoAgro, 2012).

2.4.2 Temperatura

Para una mayor productividad, el arroz demanda temperaturas relativamente altas y de suficiente radiación solar así como de un suministro suficiente de agua, durante toda la temporada de desarrollo del cultivo. La temperatura, la radiación solar y la precipitación pluvial afectan directamente los procesos fisiológicos de la planta de arroz, que de una u otra manera inciden en la producción de grano e indirectamente inciden en la presencia de plagas y enfermedades del cultivo (SAG, 2003).

Según refiere González (2005) este cultivo requiere para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 a 35 °C. Por encima de los 40 °C no se produce germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7 °C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a estas, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días (Franquet y Borrás, 2006).

2.4.3 Suelos

El cultivo de arroz necesita suelos con alto contenido de arcilla, que conserven la humedad por más tiempo (SAG, 2003). Se puede reproducir en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia

orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes (FAO, 2004; González, 2005).

2.4.4. Humedad

El agua desempeña un papel prominente en la producción de arroz. Los sistemas con base en arroz necesitan agua para tres propósitos principales, infiltración y percolación, evapotranspiración y prácticas específicas de manejo (FAO, 2004). Se considera que una precipitación de unos 1 200 mm bien distribuidos durante el ciclo de cultivo es suficiente para la obtención de buenos rendimientos (SAG, 2003).

2.5. El cultivo del arroz en Cuba

Polo y Alfonso (2013), manifiestan que los primeros estudios sobre el cultivo del arroz en Cuba, comenzaron alrededor del año 1948 en la Estación Experimental Agrícola de Santiago de Las Vegas. Sin embargo, de manera organizada comienzan a finales del año 1967 como soporte científico del retomado programa de desarrollo arrocero. Actualmente la producción de este cereal es bajo dos sistemas; el estatal e industrial y el especializado denominado “Arroz Popular”, con diversas tecnologías, ecosistemas y conceptos de explotación de la tierra (Alfonso *et al.*, 2002). En Cuba el arroz es el cereal de mayor consumo en la población con 72 kg per cápita y su cultivo se ha extendido a casi todas las regiones del país. Sin embargo, a pesar de existir condiciones adecuadas para su producción, no se satisface la demanda de este cereal y se observa una reducción de los rendimientos por el efecto de diferentes factores bióticos y abióticos, entre los que se encuentra la sequía (Cristo *et al.*, 2014).

La producción actual de arroz en Cuba, apenas satisface en un rango entre el 55 y el 60 % de la demanda nacional (Socorro *et al.*, 2005), que según el Grupo Agroindustrial Pecuário Arrocero (GAIPA, 2003), esto significa, unas 600 mil toneladas de arroz consumo. A nivel nacional se cultivan más de 200 mil hectáreas anuales en dos campañas de siembra (IIA, 2006), con un rendimiento promedio de 3.4 t ha⁻¹ (ONEI, 2014).

2.6. Cultivares o variedades comerciales

En Cuba los actuales cultivares comerciales muestran una amplia gama de características que permiten que sean útiles en programas de mejoramiento para seleccionar las plantas apropiadas según las necesidades de las diferentes regiones del país. Aunque la diversidad de ecosistemas y las diferentes tecnologías empleadas han motivado que se exploten un gran número de variedades, es muy difícil mantener la producción de semillas de estas. Suárez *et al.* (2012) definen un grupo de cultivares

para conformar la estrategia varietal del país, teniendo en cuenta los de mayor demanda por parte de los productores y además que se ajustan a las diferentes épocas y condiciones de siembra presentes en el país, dentro de los cuales podemos encontrar, IACuba 25, IACuba 30, IACuba 31, IACuba 32, IACuba 35, Selección 1, Selección 2, Reforma, Prosequisa 4 y Perla de Cuba. Los cultivares INCA LP 5 e INCA LP 7, ocupan cerca del 80 % del área dedicada en Cuba al cultivo del arroz. Pilar (2011) refiere que se trata de variedades de probada calidad y elevado rendimiento, alrededor de 8 t ha⁻¹.

2.6.1. Principales características de los cultivares en estudio

El cultivar IACuba-32 fue obtenido en el IIGranos, mediante inducción de mutaciones. Es de ciclo medio, presenta alto potencial de rendimiento (5.1-8.7 t ha⁻¹) y se recomienda para el ecosistema de riego. Expresa su mayor potencial de rendimiento en las siembras de diciembre y enero. Además presenta un buen rendimiento en el molino (Suárez *et al.*, 2012).

INCA LP-7 fue obtenida a partir del cultivo *in vitro* de semillas maduras de la variedad de arroz Amistad-82, en concentraciones salinas de 4 000 ppm de NaCl. Ha mostrado un adecuado comportamiento ante el ataque de *Steneotarsonemus spinki* (Smiley) (ácaro blanco). Es una planta vigorosa, semienana, tolerante a la salinidad, con ciclo de 140 días aproximadamente y rendimiento de 3.9- 5.1 t ha⁻¹ (González *et al.*, 2002). IACuba-31, cultivar de ciclo corto, obtenida en el IIGranos, mediante cruzamiento y selección, se recomienda para condiciones de secano favorecido y riego, presenta buenos resultados en ambos ecosistemas. Su amplia adaptabilidad y su resistencia al acamado le permiten cultivarse tanto por grandes como por los pequeños productores. Presenta excelente rendimiento agrícola (4.3-8.7 t ha⁻¹) y en el molino (Suárez *et al.*, 2012).

El cultivar Selección 1 también fue obtenido en el IIGranos mediante cruzamiento y selección. Es de ciclo medio, presenta rendimientos de 5.8-7.1 t ha⁻¹ y excelente calidad molinera. Su mayor potencial lo expresa en las siembras de diciembre y enero, aunque también ha presentado buenos resultados en las de junio y julio. Presenta un periodo de latencia de las semillas largo, por lo que es necesario tener un buen control de la germinación (Suárez *et al.*, 2012).

2.7. Aspectos agrotécnicos

2.7.1. Preparación de suelos

En la preparación del suelo es muy importante la nivelación para garantizar el

crecimiento parejo de las plantas y mejor control de arvenses. En las siembras en aniego es necesario levantar muros (diques) fuertes y bien compactados para que la fuga de nutrientes y agua sea mínima. La preparación se puede hacer de diferentes formas en dependencia de la época de siembra, en seco, fanguero o seco-fanguero. El número de labores en la preparación no incrementa el rendimiento proporcionalmente, este depende del alisamiento y la nivelación (Martín y Socorro, 1989; IIA, 2001; Alemán *et al.*, 2008).

2.7.2. Época de siembra

Sanzo *et al.* (2008) expresan que la época de siembra del arroz en Cuba abarca desde el mes de noviembre hasta julio y no existe ningún genotipo que presente igual comportamiento a lo largo de dicho periodo, por lo que debemos sembrar en cada momento la variedad que mejor responda a ese ambiente.

2.7.3. Siembra

Según Alemán *et al.* (2008), existen dos tipos de siembra, directa y trasplante, pero cada una es realizada de diferente forma. La primera es cuando la semilla se deposita directamente en el suelo, puede hacerse a chorrillo (con sembradora o manual) o a voleo (por avión o manual). Mientras que la segunda, es cuando se llevan al campo plántulas que crecieron en un semillero y se puede realizar al azar, en hileras y en SICA.

2.7.4. Marco de siembra

La densidad de siembra tiene como objetivo lograr de 300 a 400 espigas por m². Distancias de siembra de 0.30 m x 0.15 m en hileras han dado buenos resultados en Japón. Los agricultores en Cuba que siembran por trasplante siembran a una distancia aproximada de 0.25 m x 0.25 m (Alemán *et al.*, 2008). En las siembras a voleo el consumo de semillas es mayor, para lograr la densidad de siembra óptima se deben garantizar 150 plantas por m², el consumo de semillas es aproximadamente de 25-35 qqs cab⁻¹ (IIA, 2002).

2.7.5. Fertilización

En cuanto a la fertilización el nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas llenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano. También el fósforo influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración, además mejora la calidad del

grano. El arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. El potasio aumenta la resistencia al encamado, enfermedades y condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. Las dosis de potasio a aplicar varían entre 80-150 kg de K₂O/ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno (Sánchez y Socorro, 2008; Infoagro, 2012).

2.7.6. Riego

Las necesidades de agua del cultivo de arroz se estiman entre 800 mm y 1 240 mm aproximadamente. Los períodos de mayor demanda de humedad son el establecimiento de las plantas, el macollamiento y desde la diferenciación hasta el llenado del grano. Deficiencias en el riego durante las etapas de establecimiento y macollamiento pueden incidir sobre el número de hijos por planta (Sanzo *et al.*, 2008; Infoagro, 2012).

2.7.7. Plagas, enfermedades y arvenses

Una de las actividades más costosas en la tecnología de cultivo del arroz es la protección fitosanitaria y entre ellas el control de arvenses. Estas crecen de manera simultánea al cultivo sembrado, debido a que cuentan con condiciones ideales de temperatura, humedad y luz. Por esa razón pueden causar graves afectaciones por competencia con el cultivo. Se conocen 74 enfermedades de arroz en el mundo (Instructivo técnico del arroz, 2005; Sánchez y Socorro, 2008; Sanzo *et al.*, 2008).

2.7.8. Ecosistemas

El arroz se cultiva por diferentes métodos, que varían desde seco ya sea mecanizado o manual, hasta la inundación constante en el cual se utiliza en ocasiones la preparación bajo agua o fanguero. También podemos encontrarecosistemas de seco favorecido, salinidad, riego y cultivo de retoño (Suárez *et al.*, 2012). La producción de arroz de seco está en manos de pequeños productores, mientras que el arroz de riego es cultivado por los grandes productores, esto se debe al monto de inversión (MAG-FOR, 2002).

2.7.9 Cosecha

El momento de efectuar la cosecha puede determinarse al observar los granos maduros en las panículas (espigas); un área puede estar lista para la cosecha cuando unas 4/5 partes de las panículas toman color amarillo-carmelita y los granos en las partes más bajas están en la etapa duro. También puede realizarse la cosecha entre

los 28 y 34 días después de la paniculación, cuando se trata de una campaña de seca y entre 34 y 38, para una de primavera (Sanzo *et al.*, 2008).

2.8. Caracteres de importancia en el cultivo del arroz

2.8.1. Ciclo de vida, altura, rendimiento y sus componentes

El ciclo de vida en las variedades en el trópico oscila entre 100 y 200 días. Sin embargo las variedades cultivadas comercialmente fluctúan entre 100 y 150 días (Ospina y Aldana, 2001). La mayoría de las variedades son de ciclo intermedio y maduran entre los 110 a 120 días después de la siembra (dds). La selección de germoplasmas se realiza contabilizando los días a floración (Olmos, 2007).

Desde la germinación hasta la cosecha el ciclo es una característica muy importante para la selección de una variedad para la siembra. En las condiciones de Cuba los ciclos se definen de la siguiente forma, ciclos cortos, aquellos menores de 130 días, ciclo medio entre 130-150 días y largo más de 150 días, en el caso de época seca. En la época húmeda no existen diferencias tan marcadas en el ciclo de las variedades y muchas veces depende del manejo del cultivo (EcuRed, 2009).

La altura de la planta, es a menudo la característica más notable usada como un criterio de crecimiento. Se mide desde la superficie del suelo hasta el extremo superior de la hoja más alta. Después del crecimiento lento durante el estado de plántula, la altura de la planta aumenta rápida y casi linealmente (FEDEARROZ, 1997; Arregocés *et al.*, 2005). Este indicador es variable dependiendo de cada variedad y condiciones de crecimiento, en general oscila entre 0.4 m a 1 m (Olmos, 2007). Está demostrado que la altura de la planta no es determinante en el rendimiento agrícola, sin embargo si se conoce que las variedades de mayor altura tienen mayor tendencia al acamado (EcuRed, 2009).

El rendimiento en grano del cultivo de arroz, está determinado por el número de panículas por unidad de área, número de espiguillas por panículas y tamaño de la cáscara, entre otros (CIAT, 1985). Al respecto López (1991) refiere que el rendimiento se establece en función de sus componentes: número de panículas, número de espiguillas por panículas, porcentaje de espiguillas llenas y peso de 1000 granos.

Olmos (2007) señaló que la densidad de panojas por m² define el primer componente del rendimiento del cultivo. Las panículas por metro cuadrado y los granos llenos por panículas determinan la producción de granos por metro cuadrado (MINAG, 2005).

Varios autores señalan que el componente más importante en la definición del rendimiento es el número de panojas por m². Para obtener altos rendimientos se

requiere que el cultivo desarrolle durante su ciclo más de 350 panojas por metro cuadrado y que logre fecundar y llenar al menos 70 espiguillas por panoja (Quintero, 2009). Los granos llenos por panículas, aunque tienen menos variabilidad que el componente anterior (panojas por m²), también han limitado el rendimiento cuando hay falta de desarrollo de las plantas y daños por plagas y enfermedades (MINAG, 2005).

El peso del grano varía de menos de 10 a más de 50 mg. Esta característica es más comúnmente expresada como peso de 1000 granos al 14 % de contenido de humedad (Jennings *et al.*, 1981).

2.8.2. Calidad industrial

La calidad de los productos agropecuarios es cada vez más importante para el mercado nacional e internacional. En el caso del arroz juega un papel fundamental, debido a que el grano posee características de tamaño, grosor, sabor y olor asociadas a las diversas formas de cocción. Cada consumidor de este producto tiene preferencias particulares y estas también son específicas para los diferentes mercados del mundo (Hernaíz y Alvarado, 2008; Sánchez y Meneses, 2012).

La calidad industrial, denominada en la norma nacional e internacional como un componente del rendimiento industrial, es el porcentaje de granos enteros obtenido después del proceso de elaboración en la industria (Hernaíz, 2003). En el caso particular de Cuba según las especificaciones de la norma cubana de calidad, establece que el arroz consumo lleve un porcentaje de arroz partido, a medida que este sea menor mayor será la calidad del producto.

Según Lanceras *et al.* (2000) y Yan *et al.* (2003), los determinantes de la calidad y apariencia del grano de arroz incluyen, caracteres tales como, rendimiento en grano entero, porcentaje de granos yesosos y con centro blanco, longitud, grosor y forma del grano. En la apariencia del grano pulido participan decisivamente las dimensiones y forma del grano, las características de perlado y su blancura. La forma y tamaño del grano son características varietales que influyen en muchas fases del proceso, manejo y comercialización (Pérez y Montoya, 2009). La calidad del grano de arroz se puede medir de diversas formas, tanto por su apariencia, tamaño, forma, translucidez y rendimiento industrial (Hernaíz y Alvarado, 2008).

III. Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en áreas de la Granja Militar Integral Romero, en el Sur del Jíbaro, municipio La Sierpe, provincia Sancti Spiritus, sobre un suelo Oscuro plástico (Hernández *et al.*, 1999), durante la campaña de frío 2014-2015.

La siembra se realizó el 29 de diciembre de 2014 (Fig. 1). Los cultivares fueron sembrados en el campo de forma directa a chorrillo, en parcelas de 2 metros de largo por 1.5 metros de ancho (3 m²) a una distancia de 0.15 m entre surcos y 0.50 m entre parcelas.



Figura 1. Trazado del área y siembra de los cultivares

El material vegetal estudiado estuvo compuesto por un total de cuatro cultivares de arroz (de ciclo corto y medio), IACuba-32, INCA LP-7, IACuba-31 y Selección 1 (Fig. 2). La semilla empleada en la siembra era certificada (Fig. 3), con más de 95 % de germinación, procedente de la planta de tratamiento de semilla “Los Españoles”, de la Empresa de Semillas de Sancti Spiritus.



Figura 2. Cultivares estudiados



Figura 3. Semilla empleada en la siembra

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones y los cultivares constituyeron los tratamientos

T1-IACuba-32

T2-INCA LP-7

T3-IACuba-31

T4-Selección 1

La experimentación se realizó en un área total de 68.0 m² (8.5 m x 8.0 m) (Anexo 1).

Las labores culturales durante el ciclo del arroz (preparación del terreno, siembra, fertilización, riego y tratamientos fitosanitarios) se efectuaron, según lo establecido en el Instructivo técnico del cultivo del arroz (MINAG, 2008).

Fueron evaluados nueve caracteres en diferentes etapas del cultivo (floración, maduración y postcosecha). Para ello se emplearon las siguientes metodologías

- Sistema de Evaluaciones Estándar para Arroz (CIAT-IRRI, 1983)
- Descriptores varietales del CIAT (Muñoz *et al.*, 1993)
- Formulario de Descripción Varietal para Arroz (MINAGRI, 1998)

3.1. Índices de crecimiento

Las observaciones se realizaron en 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela y se les asignó el valor de la media de las mediciones realizadas. Las variables altura de la planta y ahijamiento se evaluaron semanalmente, a partir de los 15 días después de la siembra (durante 16 semanas), para analizar su dinámica. La altura de las plantas se midió en centímetros desde el suelo hasta el ápice de la panícula del tallo más alto, con el empleo de una cinta métrica y en el caso del ahijamiento se contaron todos los hijos (Fig. 4 a y b).



Figura 4 a y b. Medición de la altura de las plantas y conteo del número de hijos

De igual manera se hicieron las observaciones para la longitud de la panícula. Se midió desde la unión de la misma con la hoja bandera hasta el ápice de la espiga, con la utilización de una cinta métrica, el resultado se expresó en cm (Fig. 5).



Figura 5. Mediciones de la longitud de la panícula

Se determinó el momento en que cada réplica alcanzó el 50 % de la floración, con estos valores se halló la media para cada tratamiento y en relación al día de germinación, se calculó el ciclo del cultivo, este se expresó en días.

3.2. Componentes del rendimiento agrícola

Se evaluaron los principales componentes del rendimiento agrícola del arroz, número de granos llenos por panícula (GL), número de granos vanos por panícula (GV), masa o peso de 1000 granos (MG) y número de panículas por m² (PM). Las PM se muestrearon una vez por parcela (en todas las réplicas), los restantes componentes (GL, GV y MG) se determinaron en 20 panículas centrales tomadas al azar en cada parcela.

3.3. Rendimiento agrícola

Para determinar el rendimiento, en el momento de la cosecha, se tomó un área de un m² por cada réplicas, se determinó el valor medio por tratamiento y se estimó para 1

ha, luego se expresó en $t\ ha^{-1}$. Las muestras fueron trilladas de forma manual, las semillas se beneficiaron y se pesaron en la balanza analítica marca Kern, modelo PRS 320-3 de aproximación 0.001 g máx. 320 g.

3.4. Calidad industrial

Para definir la calidad industrial del arroz, se tomaron muestras de 100 g por cada réplica. Primeramente, el arroz cáscara seco se depositó en una máquina de limpieza, que le dio el último proceso de depuración, posteriormente pasó dos veces por una descascaradora de rodillos de caucho (resultado arroz integral), luego esta se reguló para cambiar su función a pulidora, por donde transitó nuevamente el producto, que quedó libre de la capa superficial o salvado; el salvado de arroz o “polvo” se utiliza como alimento animal y el arroz resultante (rendimiento industrial) pasó por varios tamices que permitieron su clasificación en, cabecilla, $\frac{1}{4}$ grano, $\frac{1}{2}$ grano, $\frac{3}{4}$ grano, grano entero y primera calidad (suma de $\frac{3}{4}$ grano más grano entero). Durante todo el proceso se pesaron los resultados (Fig. 6 a y b).



Figura 6 a y b. Proceso en el molino

Procesamiento estadístico

Al finalizar el conteo y medición de las variables se procedió a la tabulación y ordenamiento de los datos obtenidos por cada unidad experimental, se procedió a su análisis mediante el programa estadístico STATGRAPHICS Plus v. 5 el cual permitió realizar análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA), además se docimaron las medias con la Prueba de Tukey al 5 %. Sobre la base de la divergencia encontrada, la matriz de datos cuantitativos obtenidos (genotipos en estudio x variables analizadas) fue sometida a Análisis Multivariados de Componentes Principales y Conglomerados con la ayuda del programa estadístico SPSS v.17, además se determinaron las Correlaciones de Pearson.

IV. Resultados y discusión

4.1. Índices de crecimiento

Se pudo constatar en la dinámica de la altura de las plantas, que el cultivar INCA LP-7 alcanzó el mayor valor para este carácter (78 cm), mientras que IACuba-31 obtuvo el menor (71.35 cm); resulta interesante destacar que a partir de los 64 días y hasta los 85 días, estos cultivares mostraron un crecimiento semejante, llegado ese momento INCA LP-7 aceleró el proceso y IACuba-31 lo hizo de manera más lenta, con una diferencia a la semana 16 de 6.65 cm. Los restantes cultivares IACuba-32 y Selección 1 mostraron un comportamiento similar entre ellos respecto a esta variable (Fig. 7).

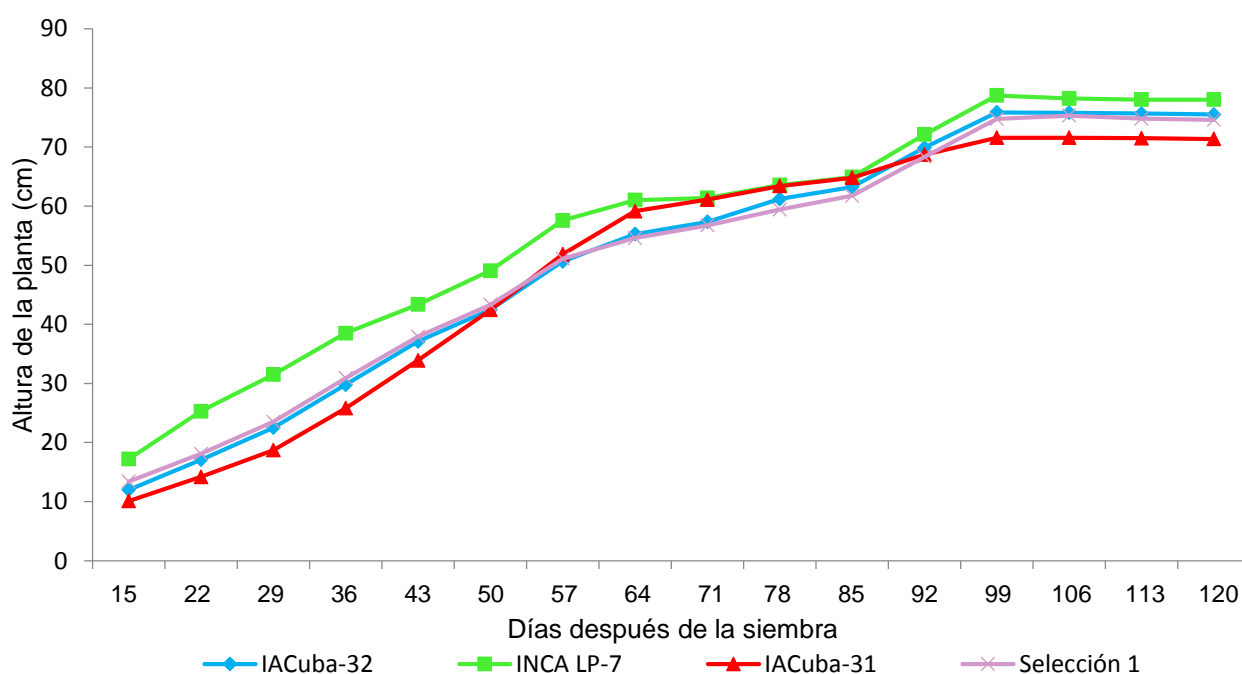


Figura 7. Dinámica de la altura de la planta en los cultivares evaluados

Según la escala del International Rice Research Institute (IRRI) (1981), los cultivares evaluados en esta investigación, se consideran plantas semienanas, ya que mostraron alturas menores a 100 cm.

Al respecto numerosos trabajos han demostrado que este tipo de material posee potencial de alta respuesta al nitrógeno y buena resistencia al acame (Jennings *et al.*, 1981; Rosero 1983; Arce, 2006). Otros autores al evaluar cultivares de arroz han constatado que los de mayor altura siempre son cultivares tradicionales (Caicedo, 2008).

El arroz posee una altura variable, ya que existen genotipos de porte bajo, intermedio y alto (Zavala y Ojeda, 1988; Palacios y Pauth, 2008).

Fernández *et al.* (1985), afirman que la estatura baja y la dureza del tallo son cualidades esenciales en variedades de alto rendimiento, ya que minimizan el acamado y poseen una mayor relación grano por panoja. El rendimiento y la respuesta al nitrógeno de las variedades de arroz, están a menudo correlacionados inversamente con la altura de la planta (Yoshida, 1977)

Durante el proceso de selección los mejoradores prestan mucha atención a la altura y el porte de los cultivares lo cual está fundamentado en la relación existente entre la altura de la planta y la resistencia de esta al acame; así mismo la cosecha mecánica es otro factor de importancia para considerar la altura en el proceso de la selección. Aunque la altura es el carácter más importante de la planta asociado con el encamado, un cultivar de tallos bajos no siempre es resistente al mismo, al existir diferencias en la rigidez de éstos (Díaz *et al.*, 2014).

El porte bajo influye en la resistencia al encamado y en el posible incremento del abonado. Esta talla baja de la planta del arroz, con unas hojas erectas y un tallo fuerte, son factores que influyen mucho en la producción y además en la facilidad y perfección de la recolección mecanizada (Franquet y Borrás, 2010).

Aguilar (2001) coincide en señalar que entre las ventajas de los cultivares de talla baja figura una mayor resistencia al encamado, producen menos paja y responden mejor a altas dosis de fertilizante nitrogenado, lo que suele traducirse en mayor potencial productivo, en cambio son menos competitivas con las arvenses y más propensas a los ataques de pájaros y roedores. Otra ventaja de los cultivares de porte bajo radica en que la panícula situada en una posición baja posee mayor resistencia a la esterilidad, producida por ocasionales bajas temperaturas del aire.

En la dinámica del número de hijos por planta (Fig. 8), se evidenció un incremento en todos los cultivares desde los 15 días después de la germinación hasta la etapa de máximo ahijamiento (57-71 días). Posteriormente comenzaron a disminuir lentamente hasta mantenerse estable, este es un proceso común en todos los genotipos. Se conoce que la fecha de inicio y la intensidad del ahijamiento dependen de muchos factores relacionados con las características genéticas de la variedad cultivada, con las condiciones climáticas y edáficas del lugar de cultivo y con las técnicas agrícolas empleadas (Franquet y Borrás, 2010).

El número de hijos fluctuó entre 6 y 10, el cultivar IACuba-32 formó la mayor cantidad de hijos, mientras que por el contrario Selección 1 tuvo el peor comportamiento para este carácter. La habilidad de macollamiento es un indicador cuantitativo que está ligado a características genéticas y al mismo tiempo depende de las condiciones en las que se desarrolle el cultivo (densidad de siembra, fertilidad del suelo, temperaturas bajas), pues estas pueden limitar este proceso. En la época en la que se desarrolló este estudio, el efecto de la temperatura pudiera ser un factor a tener en cuenta.

En España, los programas de mejora varietal no incluyen la capacidad del ahijado como carácter diana, si bien sus evaluaciones se centran únicamente en la densidad de panículas y, en consecuencia, no se distingue la habilidad varietal en este aspecto. Se deduce, por tanto, la escasa relevancia que generalmente se le ha atribuido al ahijado del arroz en su papel en el rendimiento y la eficiencia del cultivo, por lo que tampoco se han encontrado estudios donde se caracterice esta fase (Martínez, 2010).

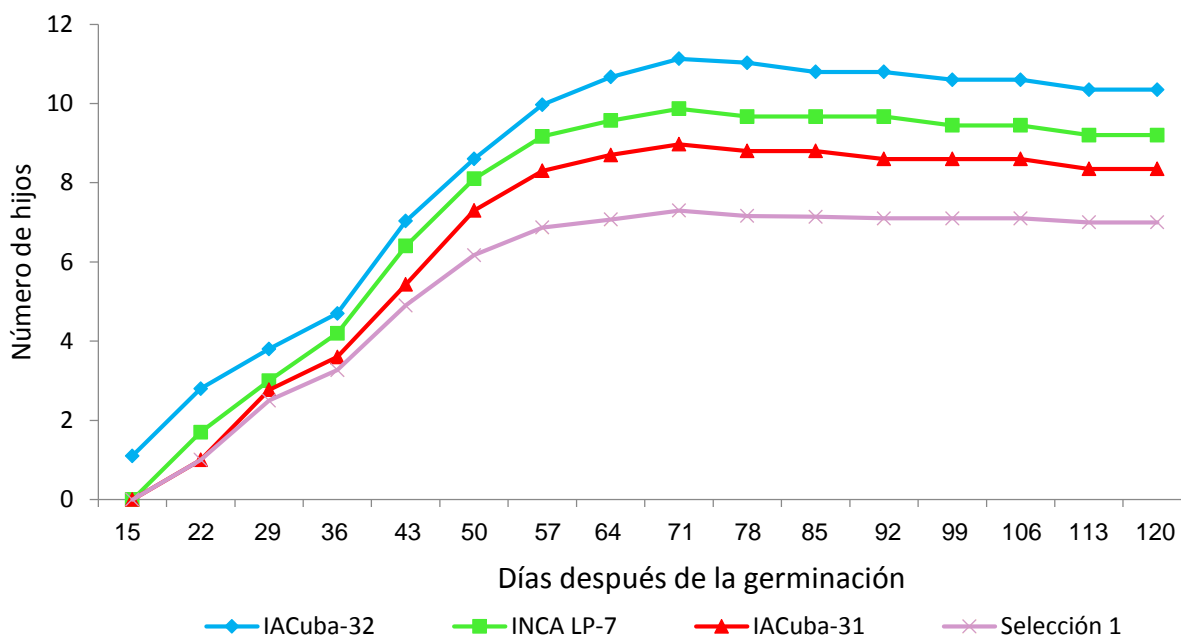


Figura 8. Dinámica del número de hijos por planta en los cultivares evaluados

Martínez (2010) señala que el inicio del ahijamiento tiene lugar a los 20 días después de la siembra (dds) coincidiendo con la emergencia de la cuarta hoja y se alarga unos 50 días más, hasta los 70 dds aproximadamente. Comienza el desarrollo y crecimiento de los tallos, hasta alcanzar la fase de máximo ahijado, que es el momento cuando se consigue la densidad máxima de tallos en planta. Desde entonces, tienen lugar

procesos de senescencia de tallos hasta que finalmente queda definido el número final de tallos productivos y, consecuentemente, los que desarrollarán panícula.

Franquet y Borrás (2010) refieren que existen muchos factores relacionados con el ahijamiento. Las temperaturas demasiado bajas reducen o inhiben este proceso, como también la excesiva altura de la capa de agua, el terreno poco fértil, la elevada densidad de siembra, el trasplante demasiado profundo o bien el realizado con plantas excesivamente desarrolladas; también lo dificultan las sustancias fitotóxicas acumuladas en el suelo y en el agua o las suministradas por los productos pesticidas, por la escarda química o por otras causas de distinto orden.

Según estudios realizados, el ahijado productivo, o sea, tallos que finalmente serán portadores de panículas, tiene lugar hasta la cuarta o quinta posición, en función del vigor del cultivo. A partir de la quinta o sexta posición el rendimiento de las panículas empieza a decrecer y se entra en la fase del ahijado improductivo, es decir, tallos que contribuyen muy poco o nada al rendimiento de la planta. Estos resultados son importantes porque definen el momento en que puede aplicarse alguna técnica para la interrupción del ahijado. Éste es un aspecto importante a tener en cuenta, para que la planta de arroz no gaste energía en formar hijos que al final mueren o no forman panículas (Martínez, 2010).

Los caracteres altura de la planta, número de hijos y ciclo del cultivo mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, no siendo así para la longitud de la panícula (Tabla 1). El cultivar INCA LP-7 mostró la mayor altura de la planta con diferencias estadísticas respecto a Selección 1 y IACuba-31, quienes mostraron alturas de 74.6 cm y 71.3 cm respectivamente.

Tabla 1. Análisis de altura, número de hijos, longitud de la panícula y ciclo del cultivo

Cultivares	A (cm)	NH (Nº)	LP (cm)	C (días)
IACuba-32	75.5 ab	10.3 a	21.43	134 b
INCA LP-7	78.0 a	9.6 a	22.91	133 b
IACuba-31	71.3 c	8.6 ab	22.70	130 b
Selección 1	74.6 b	6.6 b	23.01	140 a
<i>Media General</i>	74.85	8.83	22.51	134.0
<i>Error Estándar</i>	0.8195**	0.5481*	0.3832	1.2512**

a, b, c medias con letras no comunes muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$)

En cuanto al número de hijos se pudo apreciar que IACuba-32, IACuba-31 e INCA LP-7, no presentaron diferencias significativas entre ellos, aunque IACuba-31 tampoco difiere estadísticamente con el cultivar Selección 1 que solo alcanzó un promedio de 6.6 hijos.

El ahijado es un factor determinante de la producción de panículas y, en consecuencia, afecta el rendimiento. Además, el componente varietal tiene una gran importancia en esta fase puesto que la producción de tallos en el cultivo del arroz responde en gran medida a factores genotípicos, distinguiéndose variedades con baja y alta capacidad de ahijado. En diferentes programas de mejora se ha considerado este parámetro como elemento a tener en cuenta para el diseño de un tipo de planta muy productivo (Martínez, 2010).

La longitud de la panícula (LP) no mostró diferencias estadísticas significativas, presentó una media de 22.51 cm, los mínimos y máximos fueron 21.43 cm y 23.01 cm correspondientes a IACuba-32 y Selección 1 respectivamente. Según Parikh *et al.* (2012) y Sarawgi *et al.* (2013), las variaciones en la longitud de la panícula pueden estar asociadas a las características de los progenitores que dieron origen a los cultivares y además está comprobado que este carácter puede ser altamente influenciado por el ambiente. Algunas investigaciones informan rangos amplios de variación para este carácter.

En cuanto al ciclo de los cultivares (C) la media fue de 134 días (Tabla 1), se destacan con el período más corto IACuba-31, INCA LP-7 y IACuba-32, con diferencias estadísticas significativas con Selección 1, quien presentó el mayor ciclo (140 días). Se conoce que el ciclo vegetativo se inicia con la siembra y finaliza en el horizonte temporal definido por el 80 % de espigas maduras. También se puede dividir el ciclo en dos partes: la primera, desde la siembra hasta la floración y la segunda, desde la floración hasta la maduración de la espiga. Las condiciones de abonado, temperaturas, fotoperíodo, pueden hacer cambiar el ciclo vegetativo del arroz (Franquet y Borrás, 2010).

CIAT (2010) expresa que el ciclo de vida de los cultivares en el trópico oscila entre 100 y 200 días; sin embargo, en los cultivares comerciales fluctúan entre 100 y 150 días. Las variedades modernas tienen, en su mayoría, un tiempo de maduración intermedio.

4.2. Componentes del rendimiento agrícola

Al evaluar los componentes del rendimiento agrícola, número de granos llenos por panícula (GL), número de granos vanos por panícula (GV), masa o peso de 1000 granos (MG) y número de panículas por m² (PM), se observaron diferencias estadísticas significativas (Tabla 2).

La cantidad de granos llenos (GL) fluctuó entre 84.10 y 127.03, siendo el cultivar INCA LP-7 el de mejor comportamiento, sin diferencia significativa con IACuba-31 y Selección 1. El número de granos llenos por panículas es considerado un componente importante para obtener buenos rendimientos y las condiciones climáticas pueden ser las causas de que se formen un mayor número de granos. Algunos autores refieren que los granos llenos por panículas han podido mostrar el coeficiente máximo de variación fenotípica (Pandey y Anurag, 2010; Parikh *et al.*, 2012).

Tabla 2. Análisis de los componentes del rendimiento agrícola evaluados

Cultivares	GL	GV	MG	PM
IACuba-32	84.10 b	13.33 a	30.79 a	719.0 a
INCA LP-7	127.03 a	5.63 b	29.84 b	574.0 b
IACuba-31	119.46 a	5.47 b	30.61 a	795.3 a
Selección 1	113.23 a	6.57 b	28.30 c	727.0 a
<i>Media General</i>	110.95	7.75	29.88	703.8
<i>Error Estándar</i>	5.7302*	1.6954*	0.3088***	29.6589*

a, b, c medias con letras no comunes muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$)

Quintero (2009) señala que a partir del momento de diferenciación de la panoja se define el número de espiguillas por panoja y que con aplicaciones altas de nitrógeno es posible generar un elevado número de granos, especialmente en el momento de iniciación de la panoja; sin embargo el mismo mecanismo también genera una importante declinación del porcentaje de granos llenos. La fertilidad de espiguillas es un requisito obvio para obtener altos rendimientos, se conocen varias causas que inciden en el vaneo de los granos de arroz, entre éstas están las relacionadas con la sanidad vegetal (diferentes agentes causales, empleo de herbicidas hormonales en la etapa de fecundación y llenado del grano), pero además aparecen las agroquímicas (insuficiencia o exceso de nitrógeno, déficit de micronutrientes), genéticas (emersión

no total de las panículas y capacidad de fecundación) y el clima (humedad relativa, vientos fuertes y secos, la sequía y la temperatura).

El 75 % de los cultivares evaluados presentaron porcentajes de granos vanos menores a seis, a diferencia de IACuba-32 quien fue superior al 10 % (Fig. 9). Se considera que el vaneo tiene un comportamiento normal cuando es inferior al 10 % y con las variedades índicas semienanas se acepta hasta el 15 % por lo que en este caso los resultados para esta variable fueron favorables. En investigaciones realizadas en la India para evaluar 71 cultivares locales de arroz aromático se encontró un porcentaje de esterilidad de 14.08 % (Parikh *et al.*, 2012).

El carácter masa de 1000 granos (MG), conocido también como peso de 1000 granos, mostró diferencias significativas del tratamiento 1 y 3 con respecto al tratamiento 2 y 4; los valores variaron entre 28.30 g y 30.79 g. El mayor valor lo mostró el cultivar IACuba-32 y el menor Selección 1.

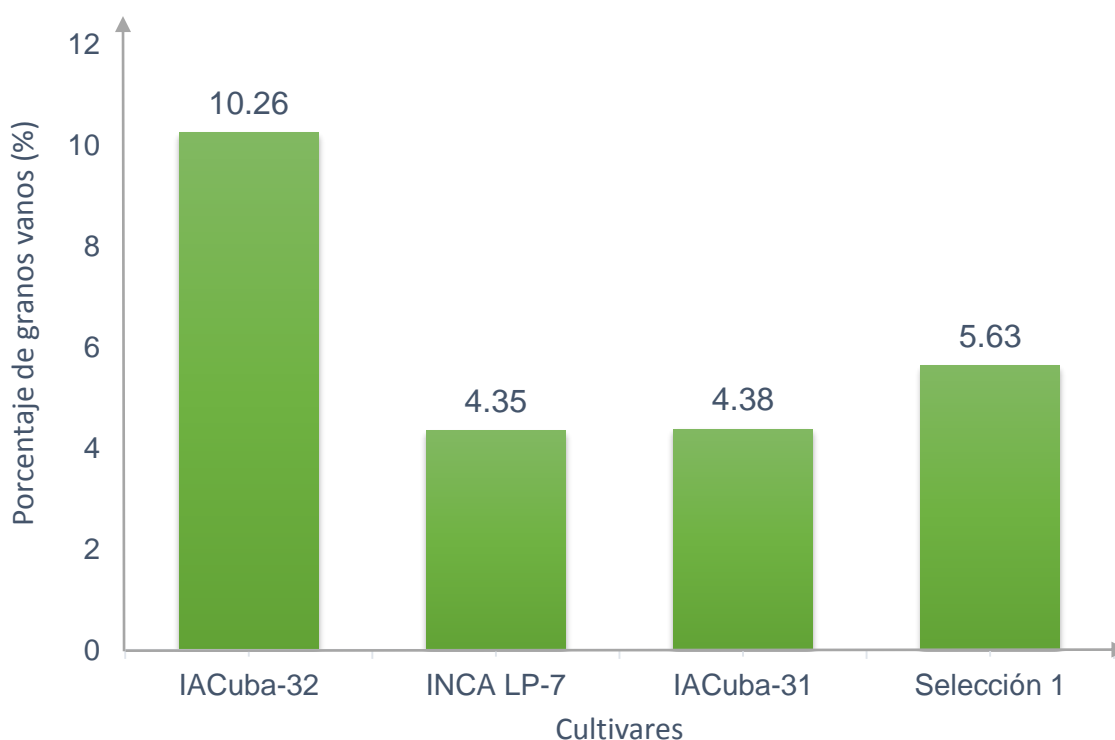


Figura 9. Porcentaje de granos vanos por panícula

Díaz *et al.* (2005) al evaluar el comportamiento de este carácter en accesiones de arroz, encontraron que la mayoría tuvieron pesos entre 21 y 25 g, aunque algunos cultivares mostraron un alto peso de 1000 granos (mayor de 30 g) y uno alcanzó el valor de 43.2 g. El peso de 1000 granos es una característica genética, este carácter

es estable en buenas condiciones de cultivo y depende fundamentalmente del cultivar, pero un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor peso en el grano.

El cultivar IACuba-31 presentó el mayor número de panículas por metro cuadrado (PM), le siguió en Selección 1 e IACuba-32 (795.3, 727.0 y 719.0 respectivamente), sin diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero sí con INCA LP-7, que presentó el menor valor (574.0).

Las panículas por metro cuadrado son el componente más variable y ha sido la principal causa limitante del rendimiento agrícola en las condiciones de Cuba. Sus valores están muy relacionados a la calidad de la preparación del suelo y la siembra, la norma de siembra, la capacidad de ahijamiento de las variedades, el manejo del agua y la fertilización nitrogenada (MINAG, 2008).

Al analizar las correlaciones que se establecen entre las variables cuantitativas evaluadas (Tabla 3), se pudo apreciar que la longitud de la panícula aparece correlacionada fuerte y positivamente con los caracteres de granos llenos por panícula (GL) y rendimiento (R), mientras que se correlacionó fuerte pero inversamente con los granos vanos por panícula (GV), estos resultados coinciden con los obtenidos por Morejón y Díaz (2013).

Tabla 3. Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables cuantitativas evaluadas en los cultivares

	A	NH	LP	GL	GV	MG	PM	R
NH	0.356							
LP	-0.040	-0.689						
GL	0.016	-0.377	0.925**					
GV	0.171	0.537	-0.957**	-0.975**				
MG	-0.184	0.852*	-0.662	-0.352	0.420			
PM	-0.943**	-0.335	-0.192	-0.317	0.118	0.155		
R	0.314	-0.647	0.914**	0.786*	-0.775*	0.826*	-0.460	
C	0.274	-0.651	0.199	-0.154	0.088	-0.867*	-0.083	0.474

* La correlación es significativa al nivel 0.05

** La correlación es significativa al nivel 0.01

Los granos vanos por panícula mostraron una correlación fuerte pero indirecta con los granos llenos por panícula. Resultados similares han sido obtenidos por otros autores (Díaz *et al.*, 2012; Donessa, 2012; Morejón y Díaz, 2013).

Fuerte pero inversamente, también se relacionó la altura de la planta con las panículas por metro cuadrado. Por otro lado, el número de hijos mostró correlación positiva y significativa con la masa de 1000 granos, quien a su vez lo hizo inversamente con el ciclo del cultivo.

Las correlaciones más altas las mostró el rendimiento con algunos de sus componentes, este se correlacionó fuerte y positivamente con la longitud de la panícula, número de granos llenos por panícula y la masa o peso de 1000 granos. También expresó una relación fuerte, pero inversa con los granos vanos por panícula. Estos resultados coinciden con los informados por Quintero (2009), Castillo *et al.* (2011) y Morejón y Díaz (2013) en otras investigaciones donde se analizó la correlación entre variables.

En investigaciones recientes se encontró correlación positiva y significativa entre el rendimiento y los granos llenos por panícula. Este es uno de los componentes, unido a panículas por metro cuadro, que por la influencia que ejercen sobre el rendimiento, son considerados por muchos autores, como marcadores para la selección, en generaciones tempranas, de cultivares de alto rendimiento (Wattoo, 2010).

En otros trabajos donde se analizó la correlación entre variables, se encontró que el rendimiento estuvo significativamente asociado al número de panojas y el número de granos llenos por panoja en forma positiva, o sea que a medida que aumenta uno aumenta el otro (Quintero, 2009; Morejón *et al.*, 2012).

La Tabla 4 muestra los valores propios, porcentajes de contribución y acumulado de los componentes 1 y 2, teniendo en cuenta el Análisis de Componentes Principales que permite arreglar y representar gráficamente el material en estudio en un número reducido de dimensiones (Morejón y Díaz, 2013).

Los dos componentes obtenidos explican 78.2 % de la variación total, el primer componente contribuyó con más del 50 % de la varianza total explicada. Las correlaciones con las variables originales indican que los granos llenos por panícula, masa o peso de 1000 granos, longitud de la panícula y rendimiento fueron las variables que más aportaron en forma positiva, mientras que los granos vanos por panícula lo hicieron negativamente.

El segundo componente contribuyó con más del 20 % de la varianza total y las variables de mayor aporte fueron número de panículas por m² y altura de la planta (de forma positiva y negativa respectivamente). Esto indica la utilidad que pueden tener estas variables en la diferenciación de los cultivares, por presentar los valores más altos de correlación con los ejes principales.

Tabla 4. Valores propios y porcentaje de contribución y acumulado de las componentes y las correlaciones con las variables originales.

	C1	C2
Valores propios	4.8106	2.2312
% contribución	53.5	24.8
% acumulado	53.5	78.2
A	0.046	-0.663
NH	-0.351	-0.321
LP	0.438	0.077
GL	0.368	0.006
GV	-0.383	-0.141
MG	0.381	0.031
PM	-0.119	0.633
R	0.445	-0.145
C	0.207	-0.097

En la representación gráfica de los componentes y la distribución de los cultivares y las variables (Fig. 10), la posición que ocupan los cuatro cultivares evaluados, indica cierta dispersión, por lo que no se realizó ningún agrupamiento de los cultivares. Esto pudiera deberse a las diferencias existentes entre los genotipos evaluados.

Las variables de mayor contribución, por estar más distantes del origen, resultaron ser rendimiento, masa de 1000 granos y longitud de panícula, seguidas de panículas por metro cuadrado. El grado de asociación entre las variables, determinado por la separación angular que forman sus proyecciones, muestra que las mejores asociaciones están constituidas por el rendimiento y el ciclo. Precisamente fue el cultivar Selección 1 el que presentó una mayor duración del ciclo y los mejores

rendimientos aunque respecto a este último carácter, no presentó diferencias significativas con INCA LP-7.

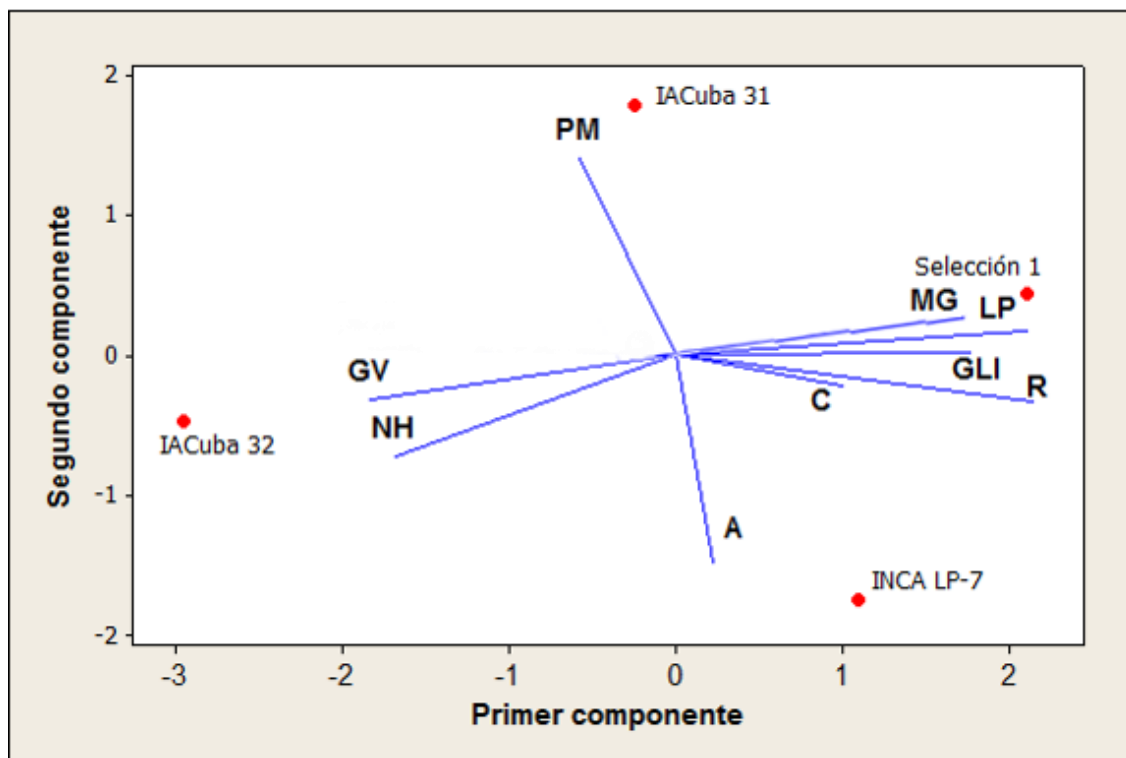


Figura 10. Distribución de los genotipos y las variables estudiados para los dos primeros componentes.

4.3. Rendimiento agrícola

Al analizar el rendimiento (R) se apreció que no hubo gran variabilidad, los valores alcanzados estuvieron entre 6.82 t ha^{-1} y 8.12 t ha^{-1} , con una diferencia de 1.3 t ha^{-1} . El mayor valor lo obtuvo el cultivar Selección 1, seguido de INCA LP-7, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. Asimismo IACuba-31 e IACuba-32 no difirieron entre si aunque mostraron diferencias estadísticas significativas respecto a Selección 1 e INCA LP-7 (Fig. 11). Estos resultados superan los reportados por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONEI) (2014), que refiere un rendimiento promedio del cultivo del arroz en Cuba de 3.4 t ha^{-1} .

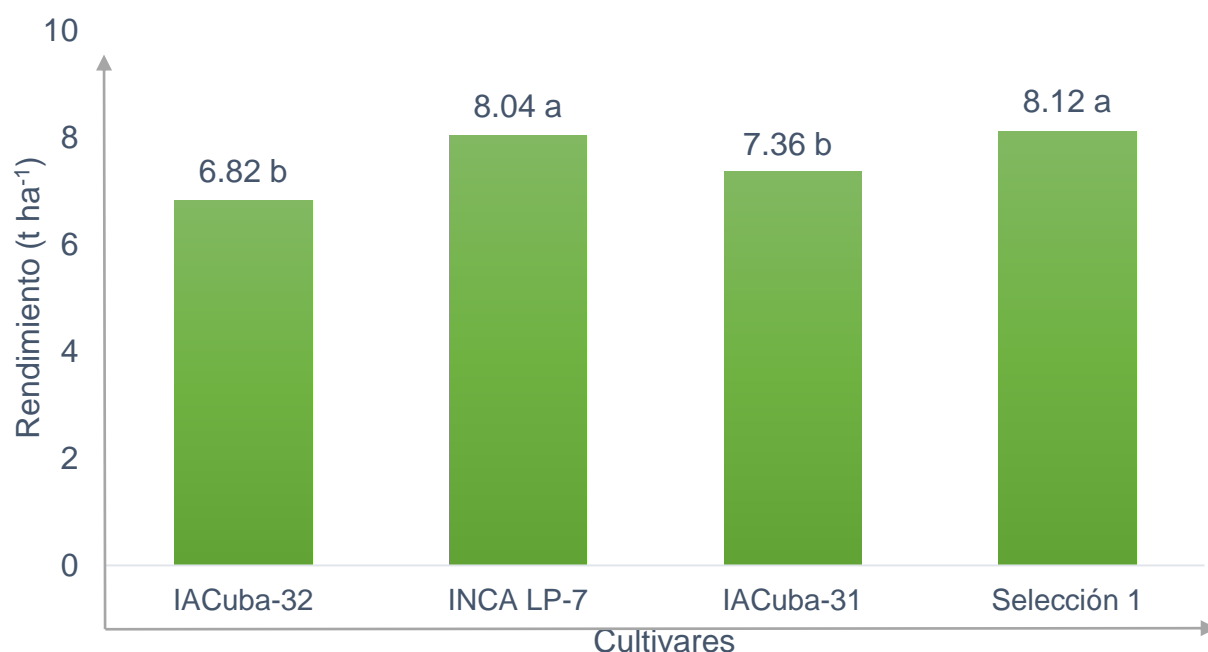


Figura 11. Rendimiento agrícola de los cultivares evaluados
a, b medias con letras no comunes muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$)

4.4. Calidad industrial

En los resultados del procesamiento industrial del arroz, se pudo apreciar que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los cultivares respecto al grano integral, mientras que si se encontraron diferencias con relación al rendimiento, grano entero y primera calidad (Tabla 5).

Las características industriales de los cuatro cultivares de arroz estudiados reflejan que el contenido de cáscara no sobrepasó el 21 % en la composición total del grano. Los cultivares que exhibieron los mayores valores de rendimiento fueron IACuba-31 y Selección 1 sin diferencias estadísticas entre ellos, aunque presentaron diferencias con IACuba-32 e INCA LP-7. La media del rendimiento fue superior al 68 % y el porcentaje de salvado fue inferior al 12 %.

Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran dentro de los rangos establecidos para este tipo de evaluación. Olmos (2007) señala que del arroz cosechado, aproximadamente 20 % es cáscara y 10 % es afrecho, ambos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido respectivamente. El resto (70 %), está formado por el arroz blanco compuesto de granos enteros y partidos (o quebrados).

Tabla 5. Análisis de la calidad industrial de los cultivares estudiados

Cultivares	Integral (%)	Rendimiento (%)	Grano entero (%)	1ra calidad (%)
IACuba-32	79.16	68.5 b	60.4 a	61.8 a
INCA LP-7	79.53	67.3 c	53.4 c	55.8 b
IACuba-31	79.63	69.7 a	56.1 bc	59.5 a
Selección 1	79.63	69.6 a	58.2 ab	60.2 a
<i>Media General</i>	79.49	68.7	57.01	59.3
<i>Error Estándar</i>	0.1183	0.3212**	0.8938**	0.7720**

a, b, c medias con letras no comunes muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$)

Durante la molienda del arroz se elimina la cáscara y las capas que recubren al endospermo, como subproductos se obtiene cáscara y afrecho (salvado). El afrecho es rico en proteínas, principalmente lisina (un aminoácido usualmente deficiente en los otros cereales) y también en aceite (15 %), por ello en algunos países se utiliza como suplemento dietético de animales. La cáscara, se puede emplear en la elaboración de compost y abonos orgánicos, además se utiliza en la preparación de ladrillos y bloques de cemento (Hernaíz y Alvarado, 2008).

El mayor porcentaje de granos enteros lo presentó IACuba-32 (60.4 %) y el menor INCA LP-7 (53.4 %) con diferencias estadísticas significativas entre ellos (Fig. 12). Este indicador (grano entero) fue superior al 50 % en todos los tratamientos.

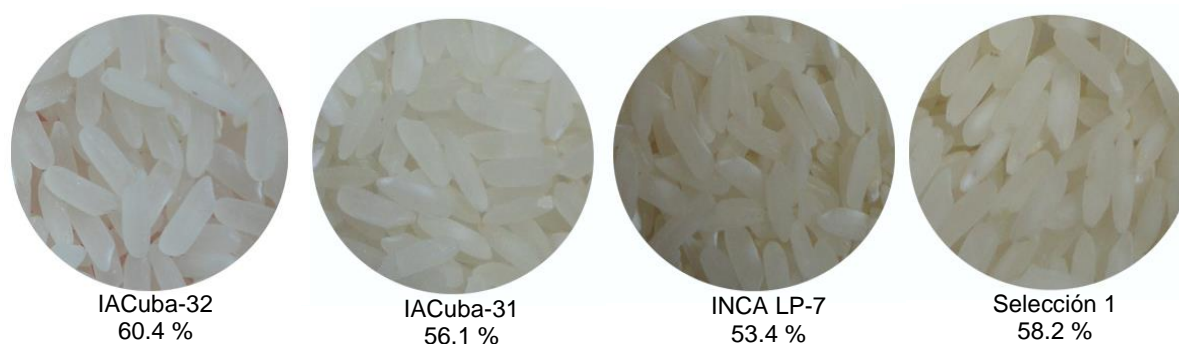


Figura 12. Porcentaje de granos enteros de los cultivares estudiados

Livore (2011) expresa que el arroz de alta calidad es aquel cuyo conjunto de granos presenta homogeneidad de tamaño, forma, color, translucidez y cumple con los parámetros establecidos en las normas de calidad. Se establecen valores máximos y mínimos de atributos que se desean optimizar, el más importante es la proporción de granos enteros respecto al conjunto. El parámetro de evaluación de este atributo está

dado por el porcentaje de grano entero obtenido después de descascarar y pulir los granos.

El factor principal de la comercialización del arroz en el mundo es su presentación como grano entero, bien sea blanco, integral o precocido, debido al hábito generalizado internacionalmente de ingerirlo como grano entero (Benedito y Martínez, 1997; Hernández *et al.* 2007), esto es por tanto, una de las razones principales de los programas de mejoramiento genético de variedades de arroz (Palacios y Pauth, 2008).

Hidalgo y Pozzolo (2012) señalan que el precio del grano de arroz, a diferencia de otros cultivos, está influenciado significativamente por el grado de quebrado que presente. Se determina luego del proceso de molinado, es conocido como el porcentaje de grano entero y su valor base se fija de la siguiente manera: arroz con más de 50 % de grano entero, se premia con un 0.8 % sobre el precio base por cada 1 % de mayor producción de grano entero; arroz entre 46 y 50 % de grano entero, se paga de acuerdo al precio base; arroz con menos de 45 % de grano entero se castiga, en 0.8 % del precio base por cada 1 % de disminución en grano entero y arroz con menos de 35 % de grano entero, el precio a pagar se acuerda entre las partes implicadas.

Para alcanzar la producción de grano entero en la cosecha o a nivel industrial se requiere de una manipulación técnica rigurosa, pero la consideración que más daño puede causar a la integralidad física del grano de arroz, es el desacertado rigor en la elección del momento óptimo de la cosecha, debido a la formación de granos figurados en el campo o en el secado que se origina por la heterogeneidad en el proceso de maduración de los granos en la planta (Hernández *et al.* 2007).

El porcentaje de granos quebrados (cabecilla, $\frac{1}{4}$ grano y $\frac{1}{2}$ grano), se mantuvo en todos los cultivares por debajo del 10 %. Una parte de estos (cabecilla) es empleado como materia prima para la elaboración de piensos.

El arroz de 1ra calidad se determina en función de las exigencias del mercado al que se destine el producto, en el caso de los más exigentes, es el porcentaje de granos enteros más $\frac{3}{4}$ grano. Teniendo en cuenta esta consideración podemos señalar que los cultivares IACuba-32, Selección 1 e IACuba-31, mostraron los mayores valores para este indicador, sin diferencias significativas entre ellos, pero sí con respecto a INCA LP-7 quien presentó el menor porcentaje para 1ra calidad (55.8 %) (Tabla 5).

Los cultivares experimentales y comerciales de arroz, son evaluados en numerosas localidades y años. Las diferentes características agronómicas e industriales son utilizadas para la identificación y selección de los cultivares superiores y los mejores resultados son recomendados a los productores (Camargo *et al.*, 2005).

V. Conclusiones

Después de analizados nuestros resultados arribamos a las siguientes conclusiones:

1. Los cultivares evaluados clasificaron como semienanos, INCA LP-7 resultó el de mayor altura e IACuba-31 el de menor, con valores de 78 cm y 71.35 cm respectivamente.
2. Todos los cultivares presentaron un ciclo medio (130-140 días) y número de hijos superior a seis, destacándose IACuba-32 con 10.3 como promedio.
3. Los cultivares Selección 1 e INCA LP-7 alcanzaron el mayor rendimiento con 8.12 t ha^{-1} y 8.04 t ha^{-1} respectivamente, con diferencias estadísticas significativas respecto al resto de los cultivares.
4. El cultivar IACuba-32 mostró la mejor calidad industrial, expresada en 60.4 % de granos enteros y 61.8 % de 1ra calidad, seguido de Selección 1, quien obtuvo 58.2 % y 60.2 % respectivamente.

VI. Recomendaciones

- Sugerir la siembra del cultivar Selección 1, en un mayor porcentaje de las áreas arroceras del Sur del Jíbaro, dado por su calidad productiva y molinera.

Bibliografía

- Acevedo, M. A.; Castrillo, W. A.; Belmonte, U. C. 2006. Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Trop.* 56(2): 151-170.
- Aguilar, M. 2001. Cultivo del arroz en el Sur de España. Centro de Investigación e Información agraria. Sevilla, España. 189 p.
- Alemán, R.; Gil, V.; Quintero, E.; Saucedo, O.; Álvarez, U.; García, J.C.; Chacón, A.; Barreda, A.; Guzmán, L. 2008. Producción de granos en condiciones de sostenibilidad. CIAP. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. 50 p.
- Alfonso, R.; Alemán, L.; Rodríguez, S. 2002. El arroz de secano para el sistema de arroz popular en Cuba. Ponencia presentada en el 2do Taller Internacional de Mejoramiento del Arroz de Secano. Santa Cruz, Bolivia.
- Almarales, O.; Suárez, E.; Mesa, H.; Reinoso, J.; Rodríguez, S. 2008. Creación de variabilidad genética mediante cruzamientos en el Programa de Mejoramiento Genético del Arroz. [CD-Rom] En: Encuentro Internacional del Arroz. (IV: 2008, 2-6 jun.: La Habana). Palacio de las Convenciones. ISBN: 978-959-282-076-0.
- Álvarez, J. G.; Daza, Martha C.; Mendoza, Cristina. 2008. Aplicación de un fertilizante enriquecido con silicio y materia orgánica en arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado en Ibagué y El Guamo (Tolima, Colombia). *Rev. Fac. Nal .Agr. Medellín.* 61(2): pp 4605-4617.
- Arce, O. 2006. Evaluación y selección de líneas de arroz (*Oryza sativa*), del vivero ION-CIAT-SECANO, en base a características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera. 75 p.
- Arregocés, O.; Rosero, M.; González, J. 2005. Guía de estudio: Morfología de la planta de arroz. Cali, CO, CIAT. En sitio web: <http://www.ciat.cgiar.org> [Consultado el 4 de mayo de 2014].
- Benedito, C.; Martínez, J. 1997. Criterios de calidad del arroz para la industrialización y el consumo. Jornada del Arroz. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fundación Valenciana de Estudios Avanzados. p 111-119.
- Caicedo, Y. J. 2008. Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (*Oryza sativa* L./ *Oryza latifolia* L.) comparadas con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento # 8 de Zacarías, municipio

- de Buenaventura. Trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar al título de Agrónomo del Trópico Húmedo. Universidad del Pacífico.
- Camargo, I.; Martínez, L.; Batista, E.; Him, P.; Quirós, E.; Name, B. 2005. Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa*L.) bajo condiciones de secano y riego. Panamá.
- Carreres, P.; León, F. 1999. Aportes del cultivo del arroz a la alimentación humana. 12 p.
- Carretero, J. L. 2004. Flora arvense española. Las malas hierbas de los cultivos españoles. Phytoma. Valencia. En sitio web: www.unavarra.es [Consultado el 14 de mayo de 2014].
- Castillo, A.; Rodríguez, S.; Castillo, Antonia María; Peña, R. 2011. Rendimiento y sus componentes en la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) IICuba-20 con relación a la fertilización nitrogenada y densidad de población en primavera. Centro Agrícola. vol.38, no. 3, p.17-22.
- CIAT. 1985. Informe de la Sexta Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y El Caribe. p. 16-20.
- CIAT. 2005. Guía de estudio, Morfología de la planta de arroz. Cali, Colombia. Abril. 16 p.
- CIAT. 2010. Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina [CD-ROM] Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 487 p. ISBN 978-958-694-103-7.
- CIAT. 2015. Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. 513 p.
- CIAT-IRRI. 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz. Segunda edición. Cali, Palmira, Colombia. 58 p.
- Cristo, Elizabeth; Pérez, Noraida; González, María C. 2014. Guillemar LP-19 nuevo cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) tolerante a los bajos suministros de agua y fertilizantes para las condiciones de Cuba. Cultivos Tropicales, vol. 35, no. 1, p. 85.
- Dalrymple, D.G. 1986. Development and spread of high-yielding rice varieties in developing countries. Washington: Agency for International Development. 117p.
- Díaz, Sandra; Morejón, R.; Castro, R.; Pérez, Noraida. 2005. Evaluación de Variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) para la Época de Primavera en Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, vol. 25, no. 4, p. 5.
- Díaz, Sandra; Morejón, R.; Donessa, L.; Castro, R. 2014. Morphoagronomic evaluation of traditional rice cultivars (*Oryza sativa* L.) collected in grower farm from Pinar del Río province. 9 p.

- Díaz, Sandra; Morejón, R.; Lucinda, D.; Castro, R. 2012. Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río.
- Donessa, D. 2012. Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) colectadas en fincas de productores de la provincia de Pinar del Río. [Trabajo de Diploma] Universidad de Pinar del Río. 73 p.
- EcuRed. 2009. Manual para el uso de Variedades y Producción de Semillas en el Arroz popular. La Habana, Cuba.
- FAO. 2004. El arroz y el agua: una larga historia matizada. En sitio web: www.rice2004.org [Consultado el 4 de mayo de 2014].
- FAO. 2006. Seguimiento del mercado del arroz. Roma, IT, FAO. En sitio web: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ag068s/ag068s00.pdf> [Consultado el 17 de octubre 2014].
- FAO. 2012. Seguimiento del Mercado del arroz. En sitio web: <http://www.fao.org/docre> [Consultado el 15 de enero 2014].
- FAOSTAT. 2015. Base de datos de producción. En sitio web: www.faostat.org [Consultado el 17 de marzo 2015].
- FEDEARROZ. 1997. «50 años de FEDEARROZ». Arroz, vol. 46, no. 408, pp. 15-52.
- Fernández, F.; Vergara, S.; Yapit, N.; García, O. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. CIAT, Cali, Colombia. Pp 80-100.
- Fontán, C. 2008. El cultivo del arroz en corriente: situación actual y perspectivas. En sitio web: www.taringa.net [Consultado el 4 de mayo de 2014].
- Franquet, J. M.; Borrás, C. 2010. Economía del Arroz: Variedades y mejora. Universidad de Málaga. Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales. ISBN-10:84-689-7762-4. En sitio web: www.eumed.net/libros [Consultado el 4 de mayo de 2014].
- Franquet, J. M; Borrás, C. 2006. Economía del arroz: variedades y mejora. En sitio web: www.eumed.net/libros [Consultado el 26 de abril 2014].
- GAIPA. 2003. Resumen anual de la producción de arroz popular (Informe). MINAG. La Habana. Editorial Científico-Técnica.
- González, F.J.; Tascón, J.E.; García, D.E. 1985. El arroz: Origen, Taxonomía y Anatomía de la planta de Arroz (*Oryza sativa* L.). Investigación y producción. Referencias de los cursos de capacitación sobre Arroz dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 47-62.

- González, J. F. 2005. Evaluación de diferentes tecnologías de siembra de arroz (*Oryza sativa* L.) en la provincia de Sancti Spíritus. Tesis presentada en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Ciego de Ávila. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- González, María C.; Cristo, Elizabeth; Pérez, Noraida; Delgado, P. 2002. INCA LP-7, nueva variedad de arroz para suelos afectados por salinidad. Cultivos Tropicales, vol 23, no. 3, p. 89.
- GRAMENE. 2007. Gramene species: cereal statistic. US. En sitio web: <http://www.gramene.org/species/cereals.html> [Consultado el 17 de octubre de 2014].
- Guzmán, L. 2006. Aspectos relacionados con el manejo de áreas arroceras. Cultivos Tropicales, vol. 27, no. 2, p. 68.
- Hamilton, R. S.; McNally, K.; Guzmán, F.; Reano, R.; Almazan, S.; Alcántara, A.; Naredo, E. 2011. Conservación de los recursos genéticos del arroz. En sitio web: <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org> [Consultado el 20 de diciembre de 2014].
- Hernaíz, S. 2003. Importancia de la calidad industrial en el arroz. INIA, Quilamapu. 4 p.
- Hernaíz, S.; Alvarado, R. 2008. Calidad Industrial del Arroz: un factor importante en la modernización del cultivo. INIA, Quilamapu. p 50-52.
- Hernández, A. A.; Castillo, D.; Hernández, Justa D.; Galano, R.; Rivero, L. 2007. Significado de la composición de grano blanco entero en la calidad del molino de arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. 8 p.
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D.; Rivero, R.; Camacho, E.; Ruiz, J. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR. Pp 37-38.
- Hernández, E. 2011. Se incrementa en Amancio producción de arroz popular. En sitio web: <http://www.radiomaboas.cu/index.php/noticias-amancio/cultura/> [Consultado el 20 de diciembre de 2014].
- Hidalgo, R.; Pozzolo, O. 2012. Tempering en ARROZ. Informe Técnico. Más grano entero y mayor capacidad de Secado de las plantas de acopio. 4 p
- IIA. 2001. El cultivo del arroz. En sitio web: www.iaa.org [Consultado el 3 de octubre 2014].
- IIA. 2002. Manual Arroceros Segunda Edición. La Habana, Pp 6-79.
- IIA. 2006. Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz. MINAG. Cuba. 16 p.

- Ilarraza, D. 2002. Efectos del genotipo y tiempos de almacenamiento sobre la calidad culinaria de líneas experimentales de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de pregrado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay Venezuela. 80 pp.
- InfoAgro. 2012. El cultivo del arroz. En sitio web: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm> [Consultado el 15 de enero de 2015].
- INIA. 2004. Producción de arroz, implicaciones en el mercado internacional. Suplemento informativo. 5 p.
- IRRI. 1981. Standart Evaluation System for Rice. Manila, Philippines. 52 p.
- Jennings, P.R.; Coofman, W.R.; Kauffman, H. 1981. Mejoramiento genético de las características agronómicas y morfológicas del arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Palmira, Colombia. 231 p.
- Jiménez, Odáliz; Silva, R.; Cruz, J. 2009. Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio Santa Rosalía Estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Unell. Cienc. Tec.*, vol. 27, p. 32-41.
- Lanceras, J.; Huang, Z.; Naivikul, O.; Vanavichit, A.; Ruanjaichon, V.; Tragoonrung, S. 2000. Mapping of genes for cooking and eating qualities in Thai jasmine rice (KDML105). *DNA Res.* 7:93-101.
- Livore, A. 2004. Calidad Industrial y culinaria del arroz. *Revista IDIA XXI* 6:190-194.
- Livore, A. 2011. Calidad Industrial y Culinaria del Arroz. INTA, Concepción del Uruguay, Entre Ríos. p 190-194.
- López, L.1991. «Arroz. Cultivos herbáceos». *Cereales*, Ediciones Mundiprensa, Madrid, 1991, p. 419.
- MAG-FOR. 2002. Ministerio de agricultura y ganadería. Fuente dirección estadística. La prensa. Suplemento negocios. May.
- Martín, D.; Socorro, M. 1989. Granos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. pp. 190-318.
- Martínez, C. P.; Cuevas, F. 1986. Perspectivas del arroz en América Latina e México. In: Programa Cooperativo Centro Americano para la mejora de cultivos alimentares PCCMCA. Reunión Anual (32,1986, San Salvador, El Salvador). Memorias: Mesa de arroz Ministerio de Agricultura e Ganadería, Centro de tecnología agrícola, San Salvador, Sv. P. A9 1-15.

- Martínez, M. Teresa. 2010. Caracterización y optimización del ahijado del arroz en el Delta del Ebro. [Tesis Doctoral] Universidad Politécnica de Valencia. 296p.
- Méndez, P. 2011. *Arroz: ¿estabilidad o nueva alza de los precios mundiales?* Informativo mensual del mercado mundial del arroz, (84) Febrero 2011. Infoarroz, Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD). En sitio web: <http://www.infoarroz.org.pdf> [Consultado el 15 de enero de 2015].
- MINAG. 2005. Instructivos Técnicos para el cultivo del arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. La Habana, Cuba, p 113.
- MINAG. 2008. Instructivo Técnico del Arroz. La Habana: Instituto de Investigaciones del Arroz. 113 p.
- MINAG. 2011. Modificaciones al Instructivo Técnico para el cultivo del arroz. Instituto de Investigaciones de Granos. Ministerio de la Agricultura, La Habana. 30p.
- MINAGRI. 1998. Formulario de Descripción Varietal para Arroz (*Oryza sativa* L.). Dirección de Certificación de Semillas. Registro de Variedades Comerciales. 12 p.
- Morejón, R.; Díaz, Sandra. 2013. Combinación de las técnicas estadísticas multivariadas y el diseño aumentado modificado (DAM) en la selección de líneas de prueba en el programas de mejoramiento genético del arroz (*Oryza sativa* L.). Cultivos Tropicales. vol.34, no. 3, p.65-70.
- Morejón, R.; Hernández, J.; Díaz, Sandra. 2012. Comportamiento de tres variedades comerciales de arroz en áreas del complejo agroindustrial arrocero «Los Palacios». Cultivos Tropicales, vol. 33, no. 1, p. 46-49. ISSN 1819-4087.
- Muñoz A. G.; Giraldo, G.; Fernández, J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. CIAT. Cali, Colombia. p. 1-5.
- NCYT. 2011. Fundamentals of rice crop science. p. 83-85.
- Olmos, Sofía. 2007. Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz. Cátedra de Cultivos II. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Corrientes – Argentina.
- ONEI. 2014. Anuario estadístico de Cuba. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. Rendimiento agrícola por cultivos seleccionados de la agricultura no cañera.
- Ospina, J.; Aldana, H. 2001. Enciclopedia agropecuaria. Producción Agrícola. Tomo 1. Terranova.

- Palacios, E. R.; Pauth, M.J. 2008. Evaluación avanzada de nueve líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) con resistencia al manchado del grano, Valle de Sébaco. 45 p.
- Pandey, P.; Anurag, J. 2010. Estimation of genetic parameters in indigenous rice. *Advances in Agriculture and Botany*, 2010, vol. 2, no. 1, p. 79-83.
- Parikh, M.; Motiramani, N.K.; Rastogi, N.K.; Sharma, B. 2012. Agro-morphological characterization and assessment of variability in aromatic rice germplasm. *Bangladesh J. Agril. Res.* vol.37, no.1 p.1-8. ISSN 0258-7122.
- Pérez, Iris; Montoya, María A. 2009. Calidad del grano y variabilidad genética de variedades y líneas de arroz del Instituto nacional de investigaciones agrícolas (INIA). *Agronomía Trop.* v 59. n 4. Maracay, dic.
- Pilar, Adalys. 2011. Cuba: Obtienen variedades de arroz de alta calidad. En sitio web: <http://www.radiococo.icrt.cu/index> [Consultado el 20 de diciembre de 2014].
- Polo, Margarita; Alfonso, R. 2013. El arroz: un cereal imprescindible. En sitio web: <http://www.sld.cu/saludvida/temas.php?idv=4366> [Consultado el 12 de febrero de 2015].
- Puldón, Violeta. 2007. Características morfológicas relacionadas con la descripción e identificación de variedades de arroz. Curso sobre producción de semillas de arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz (IIArroz). Segunda edición.
- Quintero, C.E. 2009. Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina. [Tesis Doctoral] Universidade da Coruña. 167p.
- Rosero, M. 1983. Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. 2da ed. Colombia. p. 10-21.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz. (*Oryza sativa* L.). Manual para extensionistas y productores. Programa de arroz. Comayagua, Honduras, C. A.
- Sánchez, D.; Meneses, R. 2012. Parámetros que influyen en la calidad industrial del arroz cosechado en el municipio La Sierpe. Observatorio de la Economía Latinoamericana, N°163. Pp 38-46. En sitio web: <http://www.eumed.net/cursecon/> [Consultado el 8 de abril 2014].
- Sánchez, S.; Socorro, M. 2008. Tecnología del cultivo del arroz en pequeña escala. Biblioteca Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Primera edición.
- Sanzo, R.; Pérez, R.; Meneses, P.; Saborit, R.; García, J.; Rodríguez, R.; Meneses, R.; Jiménez, R. 2008. "ABC" Técnico del Arroz Popular. Instituto de Investigaciones

- del Arroz. Estación Territorial de Investigaciones del Arroz "Sur del Jíbaro", Sancti Spiritus. Segunda edición revisada y ampliada.
- Sarawgi, A. K.; Subba, L. V.; Parikh, M.; Sharma, B.; Ojha, G.C. 2013. Assessment of Variability of Rice (*Oryza sativa* L.) Germplasm using Agro-morphological Characterization. Journal of Rice Research. vol. 6. no.1. p. 14
- Socorro, M.; Alemán, L.; Sánchez, S. 2005. El cultivo popular del arroz en Cuba. 7 p.
- Suárez, E. 2009. Manual para el uso de variedades y producción de semillas en el arroz popular. Instituto de Investigaciones del Arroz.
- Suárez, E.; Hernández, J. L.; Puldón, Violeta; Padrón, Suárez D.; Alfonso, R. 2007. Política varietal y producción de semillas para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en Cuba. 8 p.
- Suárez, E.; Puldón, Violeta; Hernández, Ana; Cruz, F.; Tanaka, T. 2012. Características y manejo de variedades comerciales de arroz. 47 p.
- Villar, L. 2012. Incrementos de las zonas arroceras en América Latina y el Caribe. p. 8-10.
- Wattoo, J. I.; Khan, A. S.; Ali, Z.; Babar, M.; Naeem, M.; Aman Ullah, M.; Hussain, N. 2010. Study of correlation among yield related traits and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Biotechnology. vol.9, no.46, p. 7853-7856.
- Yamazaki, C. 2001. Morphoagronomic evaluation of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). International Rice Commission Newsletter No. 32.
- Yan, C.; Liang, G.; Chen, F.; Li, X.; Tang, S.; Yi, C.; Tian, S.; Lu, J.; Gu, M. 2003. Mapping quantitative trait loci associated with rice grain shape based on an indica/japonica backcross population. Yi Chuan Xue Bao 30:711-716.
- Yoshida, S. 1977. Physiological consequences of altering plant type and maturity. International Rice Commission Newsletter No. 25.
- Zavala, M. I.; Ojeda, L. R. 1988. Fitotecnia especial Tomo 1. Editorial Pueblo y Educación. Habana. Cuba 237 pp.

Anexos

Anexo 1. Diseño experimental empleado en la investigación

