

**EVALUACIÓN DE CARACTERES AGRONÓMICOS RELACIONADOS
CON RENDIMIENTO EN 119 GENOTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EN CONDICIONES AMBIENTALES DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL
2016 EN EL MUNICIÓN DE IBAGUÉ – TOLIMA**

HECTOR JAVIER ROJAS TRUJILLO

**AGRONOMIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE -
ECAPMA
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
IBAGUÉ
2017**

**EVALUACIÓN DE CARACTERES AGRONÓMICOS RELACIONADOS
CON RENDIMIENTO EN 119 GENOTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EN CONDICIONES AMBIENTALES DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL
2016 EN EL MUNICIPIO DE IBAGUÉ – TOLIMA**

**Proyecto de grado opción investigación presentado como
requisito para optar por el título de Agrónomo**

HECTOR JAVIER ROJAS TRUJILLO

**I.A. PhD. GUILLERMO EDMUNDO CAICEDO DÍAS
DIRECTOR**

**JOANNA PAOLA DOSMAN GALVEZ
COORDIRECTORA**

**AGRONOMIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE -
ECAPMA
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
IBAGUÉ
2017**

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Felisa Trujillo, por siempre estar a mi lado brindándome su apoyo y por hacer de mí una mejor persona.

A mi padre Roberto Rojas, quien desde el cielo sé que siempre me cuida y me guía para que todo en mi vida salga bien.

A mis dos hijas Nicol Dayanna e Isabella, que son la razón de mi vida el tesoro más grande que Dios me regaló y el motivo de mí existir.

A mi esposa Gisell Peña, por su amor y continuo apoyo, por ser mi compañera de vida y por ser parte importante en el logro de mis metas profesionales y personales.

A mis hermanos y sobrinos por estar siempre presentes, brindándome su amor y apoyo.

A la empresa cultivos y semillas el aceituno, en especial al departamento de investigación, por la confianza, el apoyo y la oportunidad que me brindaron para estudiar y formarme profesionalmente.

A la Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD a la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y del Medio Ambiente ECAPMA, por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este proyecto se deben a la labor conjunta del equipo de trabajo presente en CULTIVOS Y SEMILLAS EL ACEITUNO, quienes brindaron los recursos logísticos, económicos y asesoramiento necesarios para el planteamiento y desarrollo de esta investigación.

Expreso mis sinceros agradecimientos a cada una de las personas que de forma directa o indirecta brindaron su apoyo para la culminación del presente proyecto y contribuyeron a alcanzar mis metas y objetivos académicos. Agradezco especialmente a la Dr. Joanna Dosman, Fitomejoradora y Jefe del Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación de Cultivos y Semillas EL Aceituno, quien en calidad de codirectora brindo todo su apoyo, conocimiento y tiempo al planteamiento, ejecución, presentación y corrección del presente estudio.

Agradezco a la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD en su programa de AGRONOMIA, por las oportunidades y la excelente formación académica brindada. Agradezco a mi tutor de tesis el Dr. Guillermo Edmundo Caicedo Días por su guía, apoyo y comprensión durante el desarrollo del presente estudio y su excelente gestión ante el programa y la Universidad.

Agradezco especial y fundamentalmente a mi familia, quienes han sido mi apoyo y mayor motivación de superación personal y profesional.

Agradezco a DIOS, por todas las bendiciones, oportunidades y éxito que he tenido durante esta etapa de desarrollo personal y profesional.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	10
2.1.OBJETIVO GENERAL	10
2.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
3. MARCO TEÓRICO	11
3.1.CULTIVO DE ARROZ: CONTEXTO INTERNACIONAL	11
3.2.CONTEXTO NACIONAL: CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA	11
3.3.CONTEXTO LOCAL: CULTIVO DE ARROZ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA	13
3.4.INVESTIGACION, DESARROLLO E INNOVACION DESDE CULTIVOS Y SEMILLAS EL ACEITUNO	14
4. METODOLOGÍA	15
4.1.LOCALIZACIÓN Y UNIDAD EXPERIMENTAL	15
4.2.MANEJO AGRONOMICO	16
4.3.CARACTERES DE RENDIMIENTO	18
4.4.DISEÑO ESTADISTICO	18
5. RESULTADOS Y DISCUSION	19
5.1.PARAMETROS DE RENDIMIENTO	19
5.2.ANALISIS DE VARIANZA	28
5.3.CORRELACIONES ENTRE LOS CARACTERES	29
5.4.ANALISIS POR VARIABLES	31
6. CONCLUSIONES	34
7. RECOMENDACIONES	35
8. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. COMPARACIÓN RENDIMIENTOS POR HECTÁREA ENTRE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2015 Y 2016. TOMADO DE (DANE. 2016)	13
FIGURA 2. GEO POSICIONAMIENTO DEL ENSAYO 9GSB	15
FIGURA 3. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS Y MEJORES GENOTIPOS PARA EL CARÁCTER “DÍAS A FLORACIÓN” (A, B) EN COMPARACIÓN A LOS CARACTERES “DÍAS A MADUREZ FISIOLÓGICA” (C) Y “DÍAS A COSECHA” (D)	22
FIGURA 4. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (A) Y MEJORES GENOTIPOS (B) PARA EL CARÁCTER “MACOLLAS POR PLANTA”	23
FIGURA 5. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (A) Y MEJORES GENOTIPOS (B) PARA EL CARÁCTER “NUMERO DE PANÍCULAS POR METRO CUADRADO”	24
FIGURA 6. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS Y MEJORES GENOTIPOS PARA EL CARÁCTER “LONGITUD DE PANÍCULAS”	25
FIGURA 7. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (A) Y MEJORES GENOTIPOS (B) PARA EL CARÁCTER “GRANOS POR PANÍCULA”	25
FIGURA 8. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (A) Y MEJORES GENOTIPOS (B) PARA EL CARÁCTER “PESO 1000 GRANOS”	26
FIGURA 9. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS Y MEJORES GENOTIPOS PARA EL CARÁCTER “RENDIMIENTO”	26
FIGURA 10. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (A) Y GENOTIPOS (B) PARA EL CARÁCTER “Nº MACOLLAS POR PLANTA”	27
FIGURA 11. REGRESIONES LINEALES PARA LOS CARACTERES “DÍAS A FLORACIÓN” VERSUS “DÍAS A MADURACIÓN FISIOLÓGICA” Y “DÍAS A COSECHA”	30

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ÍNDICES DE ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA SEGÚN EL 4° CENSO NACIONAL ARROCERO (2016). ADAPTADO DE (DANE. 2016)	12
TABLA 2. PLAN DE FERTILIZACIÓN ENSAYO 9GSB	17
TABLA 3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA SOBRE CARACTERES RELACIONADOS AL RENDIMIENTO DE 119 GENOTIPOS EVALUADOS	19
TABLA 4. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS PARA CADA UNO DE LOS CARACTERES EVALUADOS	20
TABLA 5. COMPARACIÓN NÚMERO DE LÍNEAS MEJORES, IGUALES O PEORES AL PROMEDIO DEL MEJOR TESTIGO PARA CARACTERES RELACIONADOS AL CICLO.	20
TABLA 6. COMPARACIÓN NÚMERO DE LÍNEAS MEJORES, IGUALES O PEORES AL PROMEDIO DEL MEJOR TESTIGO PARA CARACTERES RELACIONADOS A ESTRUCTURA DE PLANTA.	21
TABLA 7. COMPARACIÓN NÚMERO DE LÍNEAS MEJORES, IGUALES O PEORES AL PROMEDIO DEL MEJOR TESTIGO PARA CARACTERES RELACIONADOS AL CICLO.	21
TABLA 8. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CARACTERES RELACIONADO AL CICLO	28
TABLA 9. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CARACTERES RELACIONADOS A LA ESTRUCTURA DE LA PLANTA	28
TABLA 10. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CARACTERES RELACIONADOS CON PRODUCCIÓN	28
TABLA 11. MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE CARACTERES EVALUADOS	29

RESUMEN

Este trabajo evalúa caracteres relacionados con el rendimiento de 119 genotipos de arroz (*Oryza sativa*) producto de la investigación e innovación de nuevos materiales desarrollados por Cultivos y Semillas EL Aceituno LTDA. Como objetivo se establece relacionar los caracteres de rendimiento respecto al rendimiento general en unidad de área de los 119 genotipos bajo las condiciones ambientales del segundo semestre del 2016. la metodología propuesta en la presente investigación la cual consistió en el establecimiento de parcelas para cada genotipo estudiado y dos testigos, posteriormente se realizaron mediciones de caracteres relacionados al rendimiento en campo y laboratorio; y por último se construye un análisis estadístico sobre estadística descriptiva y correlación entre caracteres basados en el promedio del mejor testigo para cada uno de los caracteres de forma independiente. los resultados encontrados en la presente investigación resaltan la comparación de promedios entre testigos y líneas evaluadas, además se presenta una ANOVA entre los testigos por cada bloque de datos con lo cual se establece la homogeneidad de los resultados, validando estadísticamente los resultados obtenidos para cada carácter analizado. Los resultados presentados indican una serie de materiales que presentaron mejores condiciones al promedio del mejor testigo, estos casos son de vital importancia para la continuidad de investigaciones y futuro mejoramiento del set de líneas evaluadas.

Palabras Clave: Arroz, Genotipos, Caracteres relacionados con el rendimiento

ABSTRACT

This work evaluates the characteristics related to the yield of 119 rice genotypes (*Oryza sativa*) product of research and innovation of new components by Crops and Seeds EL Aceituno LTDA. The objective is to establish the relationship between the environmental performance characteristics of the 119 genotypes in the environmental conditions of the second half of 2016. The methodology proposed in the presentation of the research consists of the establishment of plots for each genotype studied and two witnesses, later character measurements related to field and laboratory performance; and finally we construct a statistical analysis on the descriptive statistics and the correlation between the characters independently of the best register for each of the characters independently. the results found in the presence of the investigation, the comparison of averages between controls and tested lines, in addition an ANOVA is presented between the results for each block of data, which establishes the homogeneity of the results, validating statistically the results obtained for each character analyzed. The results of the tests indicate a series of materials that offer better conditions than the rest of the world, these cases are important for the continuity of the investigations and the future of the set of evaluated lines.

Key words: Rice. Genotypes, Characteristics related to the yield

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es el segundo cereal con mayor producción en el mundo, Asia aporta alrededor del 90% mientras que América Latina contribuye con el 4% de la producción mundial. En Colombia el arroz es el tercer cultivo de mayor producción después del maíz y el Café; para el 2013 La producción de arroz en el país fue de 852.190 toneladas. Colombia reporta un promedio una producción de 2.8 millones de toneladas representadas en el 13% del área cosechada del país. El departamento del Tolima y el Meta concentran el 75% de producción de arroz nacional, siendo el Tolima el mayor productor de arroz con 27% de la producción nacional. (Mazuera y Neira 2009, Méndez et al 2011, FEDEARROZ 2013).

En los últimos años, el cultivo del arroz ha debido enfrentar grandes desafíos en productividad a causa de bajos rendimientos y condiciones climáticas adversas. Debido a las actuales condiciones de producción del arroz en Colombia, es prioritario contar con estrategias que permitan incrementar los niveles de rendimiento y productividad tal como variedades mejoradas con caracteres de resistencia y mayor adaptabilidad climática. El uso de estas nuevas variedades mejoradas ha demostrado, que es posible la obtención la de altos rendimientos en diferentes condiciones climáticas y zonas agroecológicas, permitiendo la rentabilidad y mayor sostenibilidad; por este motivo, la investigación y el uso de tecnologías para la evaluación y obtención de nuevas variedades comerciales es un factor de gran relevancia para el aumento de los rendimientos del cultivo en el país.

Sin embargo, Una de las principales falencias en la valoración del rendimiento de nuevas variedades radica en que, al momento de evaluar los materiales, el rendimiento es determinado por la producción total del cultivo respecto al área de terreno utilizada, siendo este, el único parámetro en la determinación del potencial rendimiento de un material. No obstante, es necesario considerar caracteres adicionales tales como: número de panículas por metro cuadrado, numero de granos por panícula, peso de 1000 granos, peso de parcela y longitud de panícula; factores que en conjunto, representan una medida de rendimiento más aproximada en las condiciones climáticas y ambientales de los Cultivos de Arroz en la Región. (CIAT 1986; DICTA 2003).

Así el problema en la medición del potencial de rendimiento en genotipos para obtención de nuevas variedades, es considerar un solo parámetro general que no permite una predicción más aproximada de la respuesta de un genotipo a las condiciones ambientales. Este trabajo busco medir variables relacionadas con rendimiento que ofrezcan una idea más ajustada de la respuesta de los 119 genotipos a determinadas condiciones ambientales de un ciclo de cultivo.

En los últimos años los arroceros se han visto enfrentando a descenso en la tasa de rendimiento de los cultivos como consecuencia, entre otros factores, de la variabilidad climática. De acuerdo con Fedearroz (2013), en los últimos años el rendimiento del cultivo ha bajado en promedio una tonelada por hectárea; según los datos, durante el periodo del 2000-2012 la producción de arroz en Colombia oscilo entre 4,16 y 5,7 toneladas por hectárea; para el año 2008, los valores en términos de rendimientos se vieron diezmados a causa de factores climáticos como altos niveles de lluvia y/o sequias más fuertes, menos luminosidad, presencia y proliferación de bacterias, hongos, patógenos y enfermedades. (Sipsa. 2013, Fedearroz 2013).

Este fenómeno ha afectado también a la región del Tolima que ha sido tradicionalmente el punto de mayor producción promedio por área en Colombia. Sin embargo, este departamento sigue siendo un referente potencial en el cultivo del arroz y además en los últimos años se ha convertido en un punto de desarrollo de tecnología y nueva genética para este cereal. En este contexto es relevante contar con genotipos altamente productivos a disposición de los agricultores. Actualmente existen grandes esfuerzos de investigación y mejoramiento, con el objetivo de producir variedades de alto rendimiento adaptadas a las condiciones locales.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar parámetros relacionados al rendimiento como: número de panículas por metro cuadrado, número de granos por panícula, peso de 1000 granos, peso de parcela y longitud de panícula; y establecer su correlación con el rendimiento general en unidad de área sobre 119 genotipos de arroz (*Oryza sativa L.*) en condiciones ambientales del segundo semestre de 2016.

2.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar parámetros relacionados con la estructura de planta y características del grano que puedan tener relación con el rendimiento de 119 genotipos en estudio perteneciente al programa de mejoramiento de semillas El Aceituno
- Evaluar el rendimiento por unidad de área de 119 genotipos de arroz, perteneciente al programa de mejoramiento de semillas El Aceituno.
- Identificar uno o dos genotipos de arroz con alto potencial de rendimiento, para continuar con el programa de mejoramiento genético de semillas El Aceituno.

3. MARCO TEÓRICO

3.1.CULTIVO DE ARROZ: CONTEXTO INTERNACIONAL

El arroz es una gramínea autógena domesticada desde hace más de 8.000, considerada como una de las especies cultivadas más antiguas. Las diversas hipótesis sobre su origen sitúan al Asia Meridional como centro de Origen ya que se encuentra de forma silvestre en India, Indochina y China, sin embargo, actualmente se debate una posible fuente origen paralela en África. (Glissant, 1984; Marchesi, 2004; Garaycochea, 2012).

El cultivo del arroz fue desarrollado en China desde donde se introdujo a diversas partes del mundo, actualmente se registran dos especies de arroz cultivadas: *Oryza sativa* originaria de Asia y *Oryza Glaberrima* de origen Africano (Garaycochea, 2012). *Oryza sativa* dio origen a innumerables tipos genéticamente divergentes lo cual permitió la adaptación del cultivo a diversas zonas agroecológicas dividiendo la especie en dos principales grupos: Indica y Japónica. (GRiSP, 2013)

El arroz es el segundo cereal con mayor producción en el mundo después del trigo, se cultiva en 112 Países, en 154 millones de Hectáreas (Marchesi, 2016). Sin embargo, Alrededor del 90% es producido en Asia en solo 7 países, de este mismo continente, consumen alrededor del 80% del total del producto. La India participa con 22.82%; Indonesia aporta el 9.24%. América aporta el 4% de la producción mundial de arroz, siendo los principales contribuyentes Brasil con participación del 1.85% y Estados Unidos con 1.42%. Colombia reporta una producción de 2,8 millones de toneladas anuales en promedio. (Méndez et al 2011; GRiSP, 2013).

EL arroz es el principal alimento en muchos países asiáticos y uno de los principales en la dieta de muchos países de América latina, según las estadísticas, el arroz representa la mitad del alimento diario para una tercera parte de la población mundial, (Marchesi, 2016).

3.2.CONTEXTO NACIONAL: CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA

La llegada del cultivo de arroz a Colombia data de 1580 según el historiador Fray Pedro Simón, el cual documentó las primeras siembras de arroz en Mariquita, Tolima; posteriormente en Prado, Tolima y para 1778 los Jesuitas introdujeron el cultivo en San Jerónimo, Antioquia (Fedearroz, 2012).

En Colombia, el arroz ocupa el primer lugar en términos de valor económico entre los cultivos de ciclo corto y el tercer producto agrícola de importancia después del maíz y café; representan el 13% del área cosechada del país y 11% de la producción agrícola nacional según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia). Según la Encuesta de Calidad de vida (2015) Se estima que el consumo de arroz en Colombia es de 35.275 toneladas Semanales; (DANE. 2016).

Según resalta Tirado y Barreto (2014), Las importaciones de arroz en Colombia hasta la dedica de los 80, era mínima o nula, desde la década de los 90 las importaciones de arroz blanco comenzaron a aumentar siendo el periodo de 1994 al 1998 donde se presentaron las cifras más altas de

Evaluación de Caracteres de Rendimiento en 119 Genotipos de Arroz

importación representando alrededor del 16 al 18% del consumo interno. Para el 2012, las importaciones de arroz en Colombia fueron 99% de arroz blanco; las principales fuentes fueron Ecuador con 54% y Perú con 37% y en menor proporción de Brasil 1%, India 2% y EEUU 1%. Estas importaciones representaron la entrada al país de alrededor de 26 mil toneladas de arroz.

Por otro lado, las exportaciones han sido mínimas. Para el 2010 se exportaron 200.94 toneladas de arroz. El comercio exterior de la cadena arrocera en general es muy bajo, representando en volumen menos del 4% del consumo aparente nacional de arroz blanco en el país. Históricamente, las exportaciones tanto de arroz paddy seco como arroz blanco han sido insignificantes y las importaciones representan volúmenes mínimos en relación con la producción nacional (FEDEARROZ 2013, Tirado y Barreto 2014).

Según el Censo Nacional Arrocero (2016); EL cultivo de arroz se encuentra presente en 211 municipios de 23 departamentos del país; 570.802 hectáreas Sembradas con arroz mecanizado (de las cuales, el 66% se concentra en los departamentos de Casanare, Tolima y Meta); 25.256 Unidades productivas; 16.387 productores y genera alrededor de 500.000 empleos directos e indirectos. (Tabla 1.).

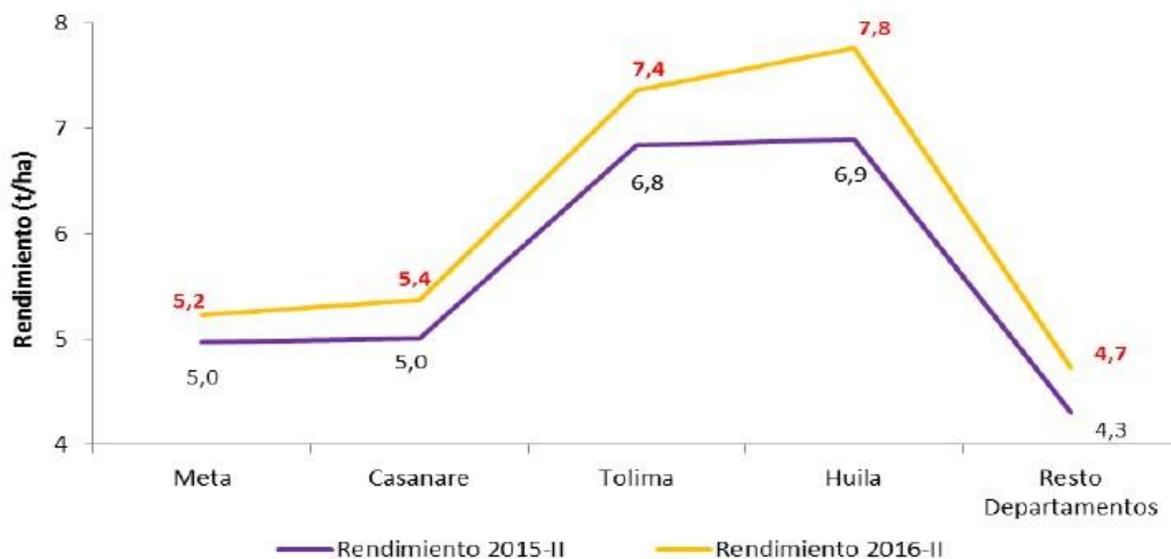
Tabla 1. Índices de establecimiento del cultivo de arroz en Colombia según el 4° censo nacional Arrocero (2016). Adaptado de (DANE. 2016)

	Total Nacional		
	3° Censo Nacional Arrocero (2007)	4° Censo Nacional Arrocero (2016)	Variación
Área Sembrada	383.690 ha	570.802 ha	48.8%
N° Departamentos	20	23	
N° Municipios	153	211	
N° UPAS	17.352	25.256	45.6%
N° Productores	12.414	16.387	31.9%

*UPAS: Unidades Productivas

Para el 2016, la producción total anual alcanzó el valor de 2.971.975 toneladas de paddy verde. La mayor participación en términos de producción fue la zona de los llanos con 45.8% del total nacional; seguida de la zona central (Tolima y Huila, entre otros) con una participación de 34% (DANE. 2016). No obstante, para el segundo semestre del 2016, los valores de área, sembrada y producción por departamento, destacó el departamento del Tolima con los valores más altos (Figura 1.). Además, según los registros, los niveles de rendimientos más altos con 7.8 Toneladas/Ha en el departamento del Huila y 7.4 en el departamento del Tolima (Figura 1.). Mientras que el promedio nacional para el 2016 fue de 5.7 Toneladas/ha. (DANE. 2016).

Rendimiento (t/ha), según departamentos II semestre 2015 - 2016



Fuente: DANE – FEDEARROZ – 4° Censo Nacional Arrocero

Resto Departamentos: Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Caquetá, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, La Guajira, Guaviare, Magdalena, Norte de Santander, Nariño, Santander, Sucre, Vichada y Valle del Cauca

Figura 1. Comparación rendimientos por hectárea entre el primer semestre del 2015 y 2016. Tomado de (DANE. 2016)

3.3.CONTEXTO LOCAL: EL CULTIVO DE ARROZ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

El departamento del Tolima es el departamento con mayor producción de arroz en Colombia, destacado por la calidad de los cultivos y de las semillas utilizadas, la implementación de nuevas tecnologías y la presencia de un sector molinero de mayor capacidad y competitividad del país. En el Tolima, 25 de los 45 municipios de su territorio se dedican a la producción del cultivo de arroz, especialmente en la meseta de Ibagué. En el sector molinero, el arroz aporta 4.468 empleos directos en la región destacando que el 21% del valor de la producción de arroz se genera en la molinería. (Méndez et al. 2011, Areiza 2012, Aktiva 2013).

La producción arrocera en el departamento del Tolima ha evolucionado en las últimas décadas gracias a la inclusión de ciencia y tecnología en las actividades productivas como estrategia de desarrollo para el sector (Méndez et al. 2011). Los mayores avances en ciencia y tecnología se han dado en áreas como producción, cosecha, maquinaria adaptada, productos derivados y de valor agregado; destacando el desarrollo tecnológico en el sector molinero, en cuanto a secado, trilla y clasificación de grano, resultando en rendimientos de grano entero competitivos a nivel internacional. (Aktiva 2013).

Según los datos presentados, el departamento del Tolima puede ser tomado como un referente potencial en el cultivo del arroz. En este sentido, es necesarios que el arroz se establezca como un

cultivo rentable y competitivo a nivel regional, nacional e internacional; caracterizado por un amplio potencial productivo (Colciencias 2005, FEDEARROZ 2011).

La investigación y desarrollo son factores claves en el fortalecimiento de la cadena productiva del arroz en el departamento del Tolima; El mejoramiento genético puede ser considerado como una de las fuentes de adaptabilidad a las condiciones locales y fuente de respuesta a las necesidades y demandas de los agricultores en la región, del mismo modo, el fortalecimiento en la producción de semillas debe ser fortalecido, garantizando el abastecimiento y acceso de semillas de alta calidad de las nuevas variedades desarrolladas..

3.4. INVESTIGACION, DESARROLLO E INNOVACION DESDE CULTIVOS Y SEMILLAS EL ACEITUNO

Desde la unidad de investigación de Cultivos y Semillas El Aceituno, se ha trabajado por largo tiempo en la investigación y desarrollo del cultivo de arroz priorizando la producción de semillas y la creación de variedades que brinden soluciones genéticas a las necesidades que presenta el cultivo en Colombia y otros países donde ha llegado a tener influencia promoviendo la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad de los recursos.

A partir de la década de los 80, cultivos y semillas el Aceituno ha trabajado en la investigación, desarrollo e innovación del cultivo de arroz a través del Mejoramiento genético y enfocado en el desarrollo de variedades con características idóneas y capacidad adaptativa que respondan a las necesidades y condiciones de la agricultura colombiana. Gracias al esfuerzo del Aceituno, se ha logrado aportar conocimiento relevante en temas de interés para toda la cadena productiva del arroz como estudios de Fisiología vegetal en arroz, manejo integrado del cultivo, control de plagas y enfermedades, sanidad e inocuidad, desarrollo de características favorables en cuanto a productividad, rendimiento y calidad molinera; productos con valor agregado y desarrollo e implementación de prácticas agrícolas sustentables con el medio ambiente.

4. METODOLOGÍA

4.1. LOCALIZACIÓN Y UNIDAD EXPERIMENTAL

La propuesta metodológica establecida tuvo una duración de cuatro (4) meses y diez (10) días de muestreo para la recolección de datos, tiempo en el cual se estableció una unidad experimental de 0,1104 hectáreas en la hacienda de Cultivos y Semillas el Aceituno, ubicada en Km 4 Vía Doima Reten Buenos Aires Z Rural Ibagué, Colombia. Se ordenaron parcelas de 6m² con cuatro surcos de 5 metros, por medio de trasplante con una planta por sitio correspondientes a 119 genotipos incluyendo 2 testigos según la metodología de bloques aumentados de Federer (Federer, W. T. 1961), con dos testigos repetidos por bloque de diez (10) materiales. Los materiales fueron codificados 9GSB y una numeración de 1 a 151 incluyendo los testigos con el fin de Salvaguardar la identidad genética de cada uno de ellos.

Desde la fase de siembra a través de trasplante con densidad de siembra de una planta por sitio correspondiente a 7 kilogramos por Hectárea por cada genotipo se realizó un manejo agronómico del ensayo de acuerdo al conocimiento previo del lote, en cuanto al complejo de arvenses y las condiciones físico – químicas para su nutrición.

Realizando análisis de suelo y diseño de las posibles condiciones de manejo ante la temporada de siembra.

Departamento	Tolima
Municipio	Ibagué
Finca	Hacienda El Aceituno
Lote	35
Área Lote	17.500 m ²
Área Ensayo	1104 m ²
Coordenadas	4°20'07,84"N 75°00'54,53"O
Altura	640 m.s.n.m.



Figura 2. Geo posicionamiento del Ensayo 9GSB

4.2.MANEJO AGRONOMICO

Como punto inicial se analizó la calidad del suelo, sus precedentes agrícolas, la fuente de agua de riego y los requerimientos para el cultivo del arroz. En términos generales se obtuvieron unas fuentes nutricionales para suministrarlas al cultivo, de manera que pueda fisiológicamente el arroz ser productivo al propósito del ensayo.

Durante el proceso, se desarrolló una adecuación convencional con el fin de aportar un excelente anclaje, desarrollo radicular al cultivo y buen manejo de agua, se empleó dos (2) pases de rastra, un (1) pase de rastrillo pulidor, nivelación con Land plane y un trazado de la parcela con caballoneador para manejar el agua de riego.

La siembra del ensayo se realizó estableciendo un semillero con semilla tratada debidamente para evitar pérdidas por complejos patogénicos y de plagas los cuales pueden interferir en la población necesaria para las parcelas, y adicionalmente de inductores del vigor para repotenciar el establecimiento del cultivo.

Se empleó una densidad de siembra de 7 Kilogramos por hectárea, la cual se realizó el 15 de septiembre de 2016, en donde se manejó el riego inmediatamente para inducir la activación del embrión. Posteriormente se dejó con capacidad de campo y se suspendió el proceso para dar calor necesario para el proceso germinativo.

Al estar el suelo con una estructura menos saturada y más firme por efecto de la lixiviación y la evaporación, se realizó una aplicación agroquímica el día 19 de septiembre de 2016 con Butachlor y Oxadiazon (Ronstar Evolution) a razón de 2.5 litros por hectárea, mas Acidurez® producto facilitador del equilibrio del pH del caldo (0.2 Kg/Ha) y un adherente (Bioplant®) con dosis de 0.2 litros por hectárea; y esto con el fin de controlar y prevenir la emergencia de arvenses nocivas para la emergencia del arroz.

El día 13 de octubre de 2016 se realizó una aplicación al semillero con el fin de controlar insectos que puedan afectar el desarrollo del cultivo como lo son los chupadores transmisores del virus de la hoja blanca, también se aplicó fertilizantes de tipo foliar de la siguiente manera: Voliam Flexi ® a razón de 0.25 litros por hectárea, Humiforte en 0.5 litros por hectárea, más los coadyuvantes Bioplant con 0.2 litros por hectárea y Acidurez con 0.2 Kilos por hectárea.

El trasplante se realizó el día 18 de octubre de 2016 con personal adecuado con tal fin, ya que es una labor de mucho cuidado a la hora de arrancar y trasponer el material basado en un mapa establecido previamente y plan de fertilización descrito en la tabla 2.

En la zona establecida para el trasplante, se realizó un control preventivo de malezas el día 28 de octubre de 2016 aplicando unos herbicidas de tipo sello y un pos emergente: Pendimetalina (Prowl400) 3 litros/Ha, Byspiribac sodium (Nominee 400) 0.125 Lt/Ha, Veraz como coadyuvante del herbicida 0.5 Lt/Ha, más el Acidurez 0.2 Kg/Ha para neutralizar las sales del agua de la zona.

Para promover un cultivo sano adicionalmente a la nutrición y en consecuencia a la presión ambiental, fue necesario realizar aplicaciones con productos fungicidas para minimizar el impacto, y es así que se programó realizar una llamada aplicación de control de hoja el día 8 de noviembre de 2016 con Taspá® (propiconazol + Difeconazol) 0.3 Lt/Ha, Amistar Top (Azoxistrobina + Difeconazol) Lt/Ha, un insecticida

para chupadores y barrenadores como Voliam Flexi 0.25 Lt/Ha, y el adherente y buffer del caldo respectivamente, Bioplant 0.2 Lt/Ha y Acidurez 0.2 Kg/Ha.

El 25 de noviembre de 2016 para continuar con el proceso de protección fitosanitaria previo a la emergencia de la aparición de las panículas, se realiza otra aplicación con Dithane Polvo (Mancozeb) 3 Kg/Ha, Rally (Miclobutanil) 0.045 Kg/Ha, El insecticida Engeo 0.2 Lt/Ha, Bioplant 0.2 Lt/Ha y Acidurez 0.2 Kg/Ha, para el control de hongos y chupadores.

Para finalizar el proceso de manejo agronómico se realizó una protección de las panículas del ensayo el día 11 de diciembre de 2016 con Taspa 0.25 Lt/Ha, Amistar Top 0.25 Lt/Ha, Engeo 0.25 Lt/Ha, Bioplant 0.2 Lt/Ha y Acidurez 0.2 Kg/Ha.

Tabla 2. Plan de fertilización ensayo 9GSB

FERTILIZACIÓN/ FECHA	FUENTE	cantidad (Kg)	N	P2O5	K2O	Ca O	MgO	S	B	Cu	Mo	Zn
1 (20-10-2016)	Urea	50	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rafos	125	15	30	15	0	2.5	1.25	0.05	0	0	0.025
	Kcl	50	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0
	Borozinco	20	1.6	1	0	3.6	1.2	0.32	0.2	0.15	0.001	0.5
	SUBTOTAL	245	39.6	31	45	3.6	3.7	2.45	0.25	0.15	0.001	0.525
2 (29-10-2016)	Urea	75	34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rafos	100	12	24	12	0	2	1	0.04	0	0	0.02
	Kcl	50	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0
	Borozinco	20	1.6	1	0	3.6	1.2	0.32	0.2	0.15	0.001	0.5
	SUBTOTAL	245	48.1	25	42	3.6	3.2	1.32	0.24	0.15	0.001	0.52
3 (10-11-2016)	Urea	75	34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rafos	60.25	7.23	14.46	7.23	0	1205	0.6025	0.1205	0	0	0.06025
	MicroEssentials sz	31	3.72	12.4	0	0	0	1.55	0	0	0	0.31
	Kcl	60	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0
	SUBTOTAL	201.25	45.45	26.86	43.23	0	1205	21525	0.1205	0	0	0.37025
4 (18-11-2016)	Urea	75	34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kcl	75	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0
	SUBTOTAL	150	34.5	0	45	0	0	0	0	0	0	0
5 (26-11-2016)	Urea	50	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kcl	30	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
	SUBTOTAL	80	23	0	18	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	921.25	190.65	82,86	193.23	3.6	15305	59225	0.6105	0.3	0.002	141525

4.3.CARACTERES DE RENDIMIENTO

Cada uno de los genotipos se evaluó en campo y en los laboratorios de Cultivos y Semillas El Aceituno de forma independiente para cada uno de los caracteres descritos a continuación:

- Número de panículas por metro cuadrado:

Este parámetro fue evaluado en campo durante la fase vegetativa del cultivo entre los 105 y 118 días, mediante el conteo del número de panículas existentes en un metro cuadrado (1m²) establecido al azar dentro de cada una de las parcelas por genotipo.

- Longitud de panícula:

Para la estimación de este parámetro, se cosecharon aleatoriamente 5 panículas por planta, las cuales fueron dispuestas en el laboratorio para su medición usando una regla en centímetros y tomando la medida de la panícula desde la base hasta el último grano lleno en la parte apical de la misma. El dato usado en el análisis fue el promedio de las cinco panículas cosechas por planta.

- Número de granos por panícula:

Para la estimación de este parámetro se usaron las 5 panículas cosechadas y medidas previamente en Laboratorio las cuales fueron desgranada manualmente y se realizó un conteo grano a grano de cada panícula. El valor reportado corresponde al promedio de número de granos por cada una de las cinco panículas por planta.

- Peso de 1000 granos:

Para la determinación de este parámetro se usaron los granos obtenidos previamente en el conteo de granos por Panícula en el Laboratorio. Se tomaron y pesaron mil (1000) granos usando una balanza

- Peso de parcela:

Para la estimación de este parámetro con un marco de un metro cuadrado (1m²), se tomó un punto de muestreo al azar, se realizó una cosecha manual mediante el golpe de panículas dentro de un recipiente para obtener los granos maduros entre los 105 y 108 días. Posteriormente la muestra fue remitida al Laboratorio, donde se realizó labor de limpieza, permitiendo tomar el peso en gramos de los granos llenos y porcentaje de humedad de cosecha usando un medidor de humedad.

4.4.DISEÑO ESTADISTICO

Los Análisis estadísticos realizados fueron determinados utilizando el software libre INFOSTAT de la Universidad de Córdoba 10@ y el Software Statistic en el cual se obtuvo resultados de estadística descriptiva para los 119 genotipos y un análisis de correlación y comparación entre promedio respecto al mejor testigo para cada una de las variables, con el fin de identificar materiales con características superior. Se realizó análisis de varianza y correlaciones de Pearson, con las correlaciones superiores a 0.6 se realizaron regresiones lineales con el fin de establecer la tendencia de relación entre las dos variables.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1.PARAMETROS DE RENDIMIENTO

Para analizar los resultados obtenidos se inicia con el análisis general a través de la estadística descriptiva de los datos (tabla 3), de esta forma se puede corroborar la normalidad de los mismos y su variabilidad que permite hacer un análisis discriminativo sobre las líneas evaluadas. Así mismo, da la confiabilidad de que estos resultados fueron obtenidos por una evaluación parametrizada y objetiva, lo que se ve reflejado en los valores de coeficiente de variación.

Tabla 3. Estadística Descriptiva sobre caracteres relacionados al rendimiento de 119 genotipos evaluados

Variable	N	Promedio	Desviación estándar	C.V.	Mínimos	Máximo
MAC (Promedio de Macollas por Parcela)	121	11,744	3,3427	28,5	5	19,7
DAF (Días a Floración)	121	77,19	5,2778	6,8	71	95
DMF (Días a Madurez Fisiológica)	121	97,322	5,6158	5,8	92	114
DAC (Días a Cosecha)	121	108,55	4,9565	4,6	105	127
NPANm2 (número de panículas por metro cuadrado)	121	305,69	94,719	31,0	139	576
RTO (Rendimiento)	121	4238,6	1264,4	29,8	1734,4	7676,2
LONGPAN (Longitud de Panícula)	121	25,515	2,1397	8,4	19,5	30,5
GRPAN (Número de Granos por Panícula)	121	171,97	33,683	19,6	97,7	259,7
P1000 (Peso de 1000 Granos)	121	28,313	3,8033	13,4	20,9	38,2
RTODIA (Rendimiento en un día)	121	54,911	15,979	29,1	23,44	99,45

De forma general, la comparación de promedios de los materiales evaluados respecto a los testigos, (tabla 4)., el testigo ORION presenta los mayores valores para todos los caracteres excepto para el carácter “Promedio de Granos por Panícula”, para el cual, el mayor valor lo presentó el testigo ACD 25-40, siendo consistente con los resultados descritos por la estadística descriptiva y la relación de máximos y mínimos.

Evaluación de Caracteres de Rendimiento en 119 Genotipos de Arroz

Tabla 4. Comparación de promedios para cada uno de los caracteres evaluados

Identificación	Promedio Macollas X Parcela	D.A.F.	D.M.F	D.A.C.	No.Pan X M2	Rto (Kg/Ha)	Promedio Long X Pan	Promedio Granos X Pan	Peso 1000 Granos	Produc c Kg/Día
ORION	14,33	91	109	118	326,25	5550,06	28,22	147,65	32,14	60,99
ACD 25-40	13,29	88	105	118	304,875	4724,74	29,57	179,65	26,43	53,69
LINEAS EVALUADAS	11,71	76,98	97,159	108,386	305,521	4223,49	25,45	172,11	28,30	54,87

Sin embargo, los resultados de promedios generales no permiten observar las excepciones o esos materiales debido a que el análisis estadístico no los alcanza a diferenciar, porque son considerados datos raros o atípicos. De esta forma al análisis general se suma la diferenciación de los materiales

Mejor Testigo (MMT), Igual al Mejor Testigo (IMT) y Peor que el Mejor Testigo (PMT). Lo que permite dirigir el análisis discriminado sobre aquellos materiales que superan el mejor de los testigos comerciales. (Tabla 5, 6 y 7).

La tabla 5 muestra que el 94,96% de las líneas fueron más precoces que el testigo más precoz (ACD 25-40). Este carácter es alta importancia, debido a que la característica de precocidad es uno de los principales criterios de los agricultores a la hora de elegir un material, ya que implica más ciclos al año y un mayor flujo de caja.

Tabla 5. Comparación número de líneas mejores, iguales o peores al promedio del mejor testigo para caracteres relacionados al ciclo.

Clúster de Acuerdo al Mejor Testigo	Variable Relacionada al Ciclo	
	D.A.F.(Más Precoces)	%
MMT	113	94,96
IMT	3	2,52
PMT	2	1,68
MEJOR TESTIGO	ACD 25-40	
MMT	Mejor que el Promedio del Mejor Testigo	
IMT	Iguales al Promedio del Mejor Testigo	
PMT	Peores al Promedio del Mejor Testigo	

Los análisis estadísticos para los caracteres relacionados a estructura de la planta determinan a ORION como el mejor testigo en promedio para los caracteres “Promedio de Macollas X Planta” y “No. Panículas X M2”; y a el testigo ACD 25-40 como mejor testigo para el carácter “Longitud Promedio de Panícula” (Tabla 5.) No obstante, dentro del set de líneas evaluadas se encuentran materiales con resultados superiores al mejor testigo en cada uno de los caracteres.

Para el caso de “Promedio de Macollas X Plantas” el 21.85% de materiales presento valores superiores al mejor testigo; en este caso, ORION; en contraste el 72.27% de los materiales evaluados estuvieron por debajo del promedio del mejor testigo. El carácter “N° Panículas X M2” presento un comportamiento similar, donde se estableció ORION como mejor testigo en promedio, se encontraron 42.86% de materiales evaluados superiores al promedio del mejor testigo y 47.90% de los materiales evaluados por debajo del promedio del mejor testigo.

El carácter “Promedio de Longitud de Panícula” presento al ACD 25-40 como mejor testigo en promedio, en este caso, el 5.04% de los materiales evaluados presento valores mejores el promedio del mejor testigo, por lo contrario, el 94.12% de los materiales evaluados estuvo por debajo del promedio del mejor testigo, para este carácter las líneas evaluadas no superan los resultados del mejor testigo.

Tabla 6. Comparación número de líneas mejores, iguales o peores al promedio del mejor testigo para caracteres relacionados a estructura de planta.

Clúster de Acuerdo al Mejor Testigo	Variables Relacionadas con Estructura de Planta					
	Promedio Macollas X Planta	%	No.Pan X M2	%	Promedio Long X Pan	%
MMT	26	21,85	51	42,86	6	5,04
IMT	7	5,88	3	2,52	2	1,68
PMT	86	72,27	57	47,90	112	94,12
MEJOR TESTIGO	ORION		ORION		ACD 24-40	
MMT	Mejor que el Promedio del Mejor Testigo					
IMT	Iguales al Promedio del Mejor Testigo					
PMT	Peores al Promedio del Mejor Testigo					

Tabla 7. Comparación número de líneas mejores, iguales o peores al promedio del mejor testigo para caracteres relacionados al ciclo.

Clúster De Acuerdo Al Mejor Testigo	Variables Relacionadas con Producción							
	Promedio Granos X Pan	%	Peso 1000 Granos	%	Rto (Kg/Ha)	%	Producción (Kg/Ha/Día)	%
MMT	47	39,50	16	13,45	19	15,97	38	31,93
IMT	1	0,84	3	2,52	1	0,84	2	1,68
PMT	41	34,45	56	47,06	20	16,81	19	15,97
MEJOR TESTIGO	ACD 25-40		ORION		ORION		ORION	
MMT	Mejor que el Promedio del Mejor Testigo							
IMT	Iguales al Promedio del Mejor Testigo							
PMT	Peores al Promedio del Mejor Testigo							

Evaluación de Caracteres de Rendimiento en 119 Genotipos de Arroz

La estadística de promedios respecto a las variables relacionadas con producción (tabla 8) presentan a ORION como el mejor testigo en promedio para los caracteres “Peso de 1000 granos”; “Rendimiento Kg/Ha” y “Producción Kg/Ha/Día” y a ACD 25-40 como el mejor testigo en promedio para el carácter “Promedio de Granos X Panícula”. En el caso del carácter “Promedio de Granos X” donde ACD 25-40 fue el mejor testigo en promedio, se encontró que el 39.50% de materiales evaluados estuvo por encima del promedio del mejor testigo, mientras que 34.45% de los materiales evaluados estuvo por debajo del promedio del mejor testigo.

Para el carácter “Peso de 1000 Granos”, la estadística establece, el 13.45% de los materiales evaluados mejores que el promedio del mejor testigo, es decir ORION, mientras que el 47.06 presentaron valores por debajo del promedio del mejor testigo. En cuanto a los casos de los Caracteres de “Rendimiento Kg/Ha” y “Producción Kg/Ha/Día”, para los cuales ORION fue el mejor testigo en promedio; se encuentra que el 15.97% y el 31.93% de los materiales evaluados presentaron valores mejores al promedio del mejor testigo, respectivamente. Por otro lado, 16.81% y 15.97% de los materiales evaluados presentaron peores valores que promedio del mejor testigo.



Figura 3. Comparación de promedios y mejores genotipos para el carácter “Días a Floración” (A, B) en comparación a los caracteres “Días a Madurez Fisiológica” (C) y “Días a Cosecha” (D)

Cabe destacar que, aunque el resultado de promedios generales resalta a el testigo ORION como el mejor testigo en promedio para 3 de los caracteres relacionados con producción, este análisis limita el alcance para encontrar líneas prometedoras como por ejemplo las 19 líneas que presentaron mejores resultados que el mejor testigo para el carácter de “Rendimiento Kg/Ha”, las que están representadas por el 15.97% de los materiales evaluados.

Las figuras anteriores exponen la comparación entre los promedios obtenidos para los testigos y el promedio de las mejores líneas, iguales o peores que el promedio del mejor testigo en cada uno de los caracteres, además, se presentan los 6 mejores genotipos de los 119 genotipos incluidos.

En el primer caso, Figura 3. Expone el carácter “Días a Floración” en el cual, ACD 25-40 fue el mejor testigo; los genotipos incluidos como los mejores respecto al mejor testigo, están por debajo del mismo. En Comparación con los caracteres “Días a Madurez Fisiológica” y “Días a Cosecha” la determinación del ciclo del material respecto a los testigos se estable usando la variable “Días a Floración”

De las 119 líneas evaluadas, el 94.96 fueron más precoces que el promedio del mejor testigo, ADC 25-40; siendo este un carácter de vital importancia, dichos materiales, como: 9GSB238, 9GSB211, 9GSB103, 9GSB10, 9GSB65, 9GSB226, quienes fueron las 6 líneas más precoces, como las demás líneas que exhiben la característica de precocidad, son de vital importancia.

La Figura 4. Describe los resultados obtenidos para el carácter “Macollas por Planta” en la cual el mejor testigo fue ORION, sin embargo, la tendencia de los mejores genotipos evaluados se mantuvo por encima el promedio del mejor testigo, es decir, que 21.85% de los materiales evaluados presentaron mayor número de panículas por planta; este resultado es suma importancia considerando las preferencia de los agricultores a materiales de alto macollamiento; esto se debe a que los materiales de alto macollamiento presentan mayor número de panículas; una mayor capacidad de cerrar surcos rápidamente y realizar una mejor competencia a las malezas, además, estos materiales podrían requerir menos densidad y en con secuencia una menor cantidad de semilla.

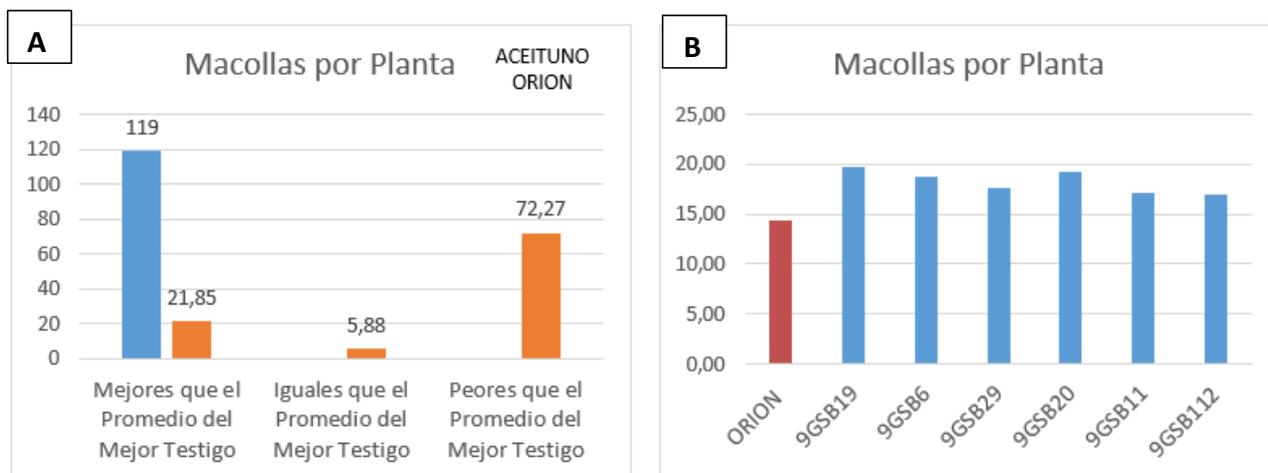


Figura 4. Comparación de promedios (A) y mejores genotipos (B) para el carácter “Macollas por Planta”

Evaluación de Caracteres de Rendimiento en 119 Genotipos de Arroz

La Figura 5. Describe la comparación de promedio de numero de líneas para el carácter “Numero de Panículas por Metro Cuadrado” concordante con los resultados de “Macollas por Planta” donde el mejor testigo fue ORION y los mejores materiales se encuentran por encima del promedio del mismo. De las 119 líneas evaluadas, el 46.82% fueron mejores que el promedio del mejor testigo, Además, los mejores materiales presentaron valores muy por encima del promedio del testigo.

El análisis de este carácter es de importancia considerando que el número de panículas podría presentar una relación con la cantidad de grano por metro cuadrado, siendo este uno de las principales variables para determinar el rendimiento del material, no obstante, es necesarios presentar reservas a la hora de catalogar un material como de alto rendimiento considerando solo la variable de número de panículas, puesto que la calidad de la panícula y el peso del grano son determinantes para establecer el rendimiento del material, es decir, un material podría presentar un alto número de panículas por metro cuadrado pero una baja cantidad de granos por panícula y/o bajo peso de grano y en consecuencia un bajo rendimiento.

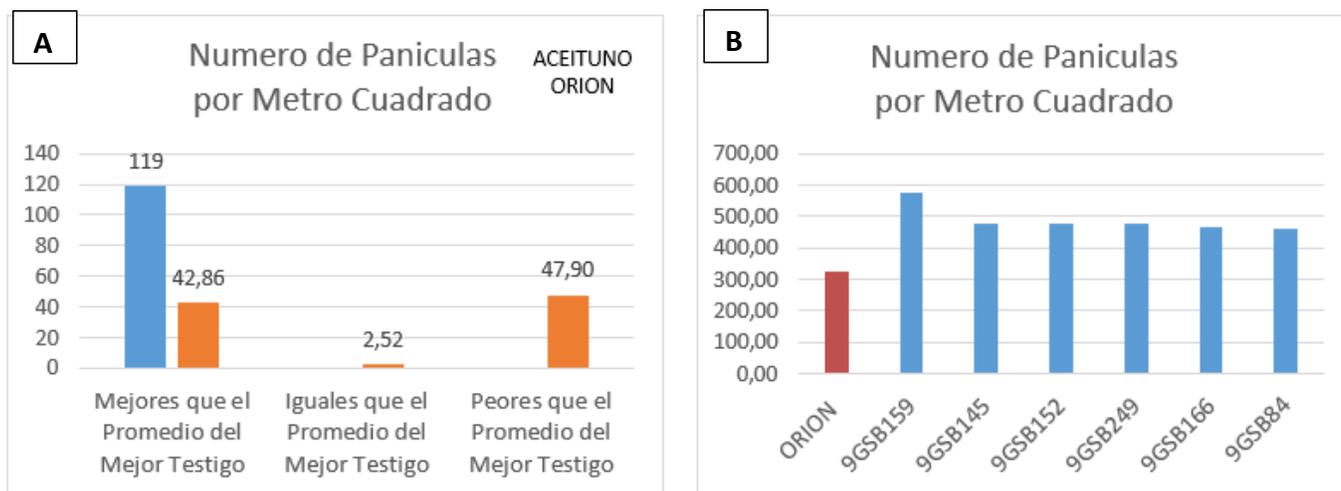


Figura 5. Comparación de promedios (A) y mejores genotipos (B) para el carácter “Numero de Panículas por Metro Cuadrado”

Los resultados para el carácter “Longitud de Panículas” se presentan en la Figura 6. El mejor testigo fue ACD 25-40, en general la mayoría de los genotipos evaluados fueron peores que el promedio del mejor testigo, sin embargo, es importante resaltar que de los mejores genotipos evaluados mostraron valores muy cercanos al mejor testigo, excepto por el genotipo 9GSB255 que presento valores muy por encima que el promedio del mejor testigo.

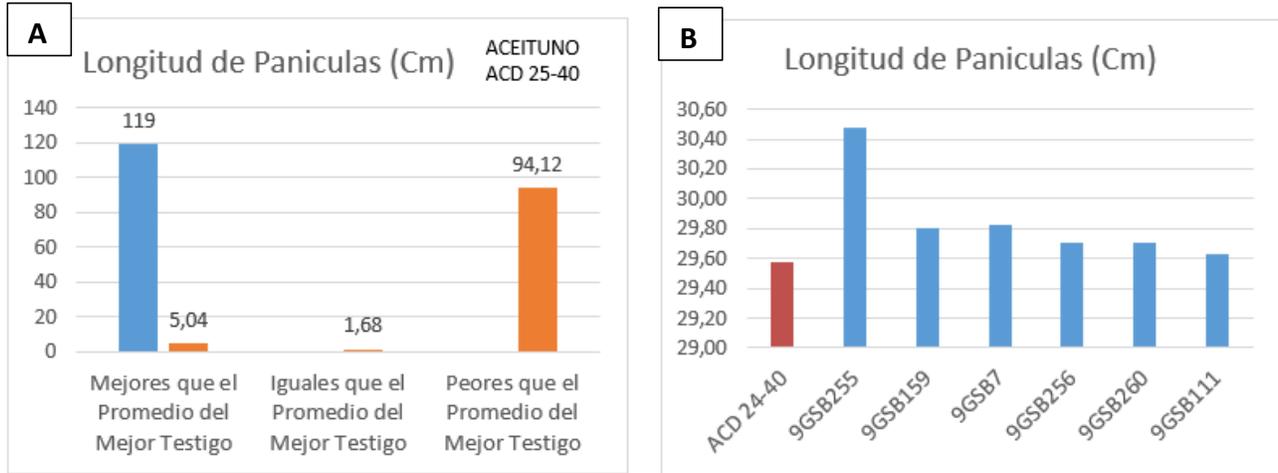


Figura 6. Comparación de promedios y mejores genotipos para el carácter “Longitud de Panículas”

En este contexto, vale la pena resaltar lo mencionado anteriormente respecto a la importancia de analizar la calidad de las panículas y determinar el peso del grano; y prestar especial atención a este material; sumando el análisis de variables como peso de grano y determinando la calidad de la panícula, este material podría presentar altos rendimientos y ser promisorio.

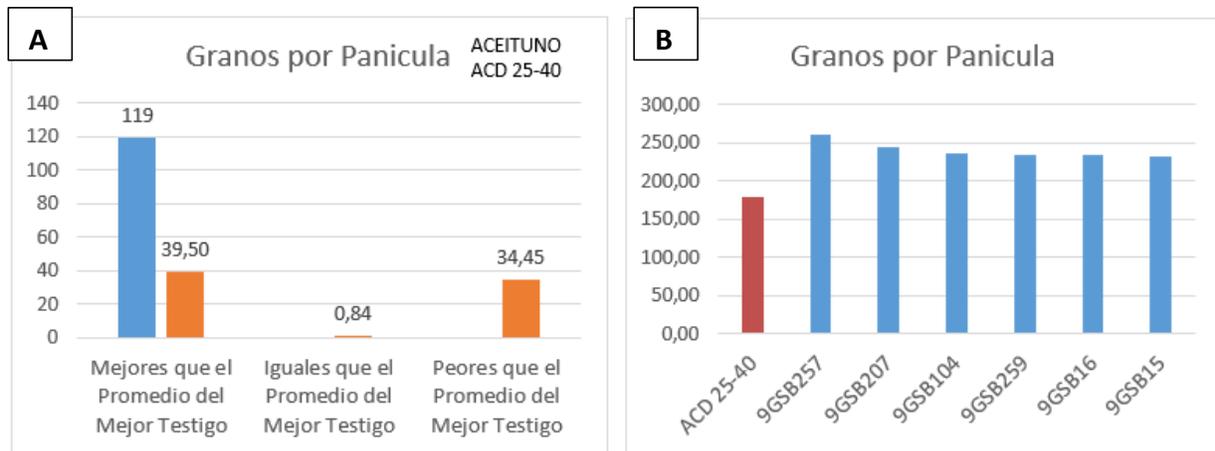


Figura 7. Comparación de promedios (A) y mejores genotipos (B) para el carácter “Granos por Panícula”

La Figura 7. Presenta los resultados y comparación de los mejores genotipos para el carácter “Granos por Panícula” para este caso el mejor testigo fue ACD 24-40, concordando con el carácter “Longitud de panícula”. Para el carácter “Granos por Panículas” los mejores genotipos evaluados se encuentran por encima del promedio del mejor testigo. En este caso, igual que el anterior, el análisis de la calidad de panícula y el peso del grano es determinante para establecer un material de interés.

Evaluación de Caracteres de Rendimiento en 119 Genotipos de Arroz

De igual forma y con las mismas consideraciones se presenta los resultados para el carácter “Peso de 1000 Granos” (Figura 8). Sin embargo, para este carácter se destaca ORION como el mejor testigo, los mejores genotipos muestran valores muy por encima de promedio del mejor testigo, aunque están representados solo por el 13.45% de las 119 líneas evaluadas, los materiales destacados son de alta importancia a la hora de terminar materiales promisorios.

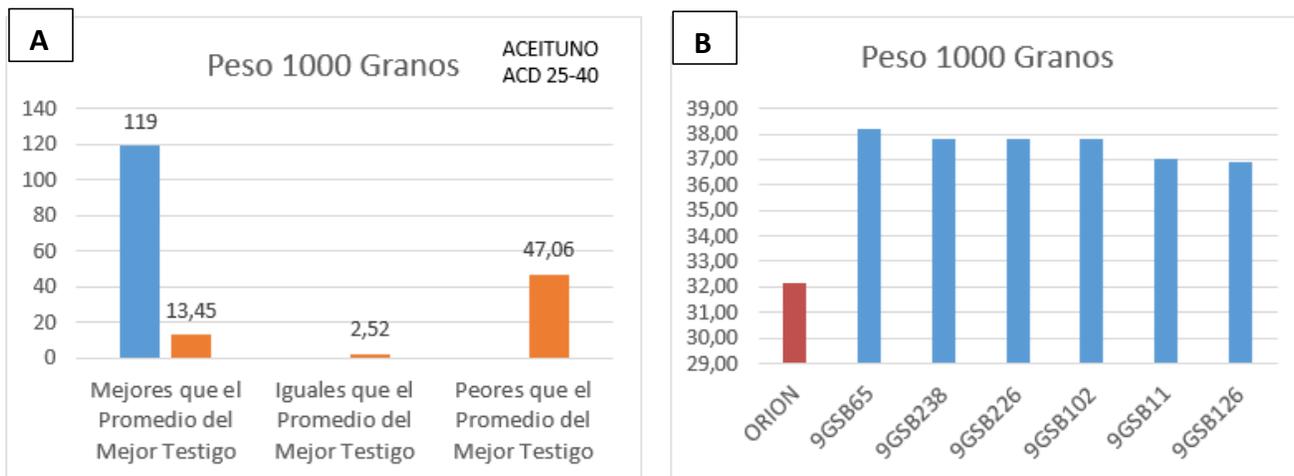


Figura 8. Comparación de promedios (A) y mejores genotipos (B) para el carácter “Peso 1000 Granos”

Los resultados y comparaciones obtenidos para el carácter “Rendimiento” (Figura 9) expresado en kilogramos por hectárea, muestran como el mejor testigo a ORION, los mejores genotipos evaluados estuvieron por encima del promedio del mejor testigo. En este contexto, es importante resaltar que, aunque el testigo ORION presento valores de alta calidad, dentro de las 119 líneas evaluadas se encuentran materiales en desarrollo que muestran un alto potencial por encima del mejor testigo ORION.

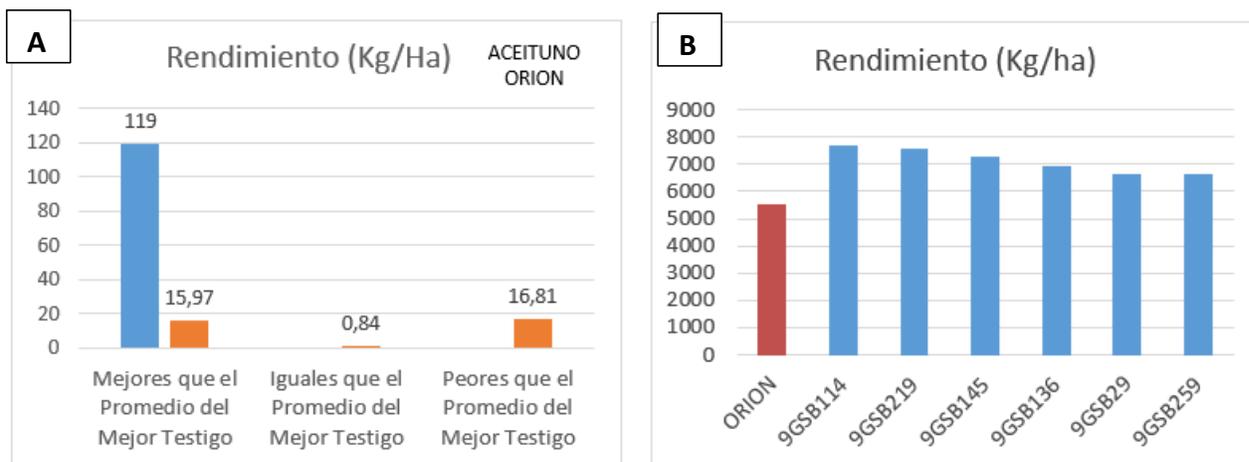


Figura 9. Comparación de promedios y mejores genotipos para el carácter “Rendimiento”

Estos materiales como el caso de 9GSB145, que presenta alto rendimiento y alto Número de Panículas por Metro Cuadrado; o el material 9GSB259, que presenta alto rendimiento y alto peso de 1000 granos, son el objetivo de los estudios de rendimiento dirigidos al mejoramiento genético, donde se detectan individuos que están en el lado derecho de la curva de la normalidad y se distancian positivamente de la normalidad. Esos son los individuos con potencial de mejoramiento.

a Figura 10. Presenta los resultados y mejores genotipos obtenidos para el carácter “Rendimiento Día” expresado en Kg/Ha/Día, concordando con el carácter de “Rendimiento” expresado en Kg/Ha, el mejor testigo correspondió a ORION, al igual que el caso anterior, los mejores genotipos estuvieron por encima del promedio del testigo, para estos caracteres, se presentan varios genotipos iguales en ambos caracteres, como, 9GSB114, 9GSB219, 9GSB145 Y 9GSB29.

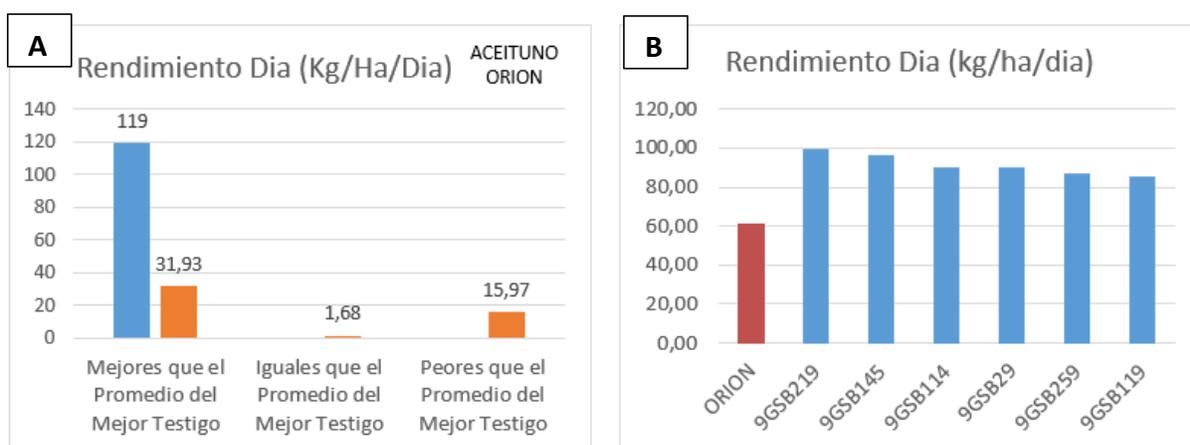


Figura 10. Comparación de promedios (A) y genotipos (B) para el carácter “Nº Macollas por Planta”

Algunos de los materiales a destacar son: 9GSB219 con altos valores de rendimiento y rendimiento día; 9GSB145 que presenta altos rendimientos y rendimiento día, además, alto número de panículas por metro cuadrado; otro material de interés es 9GSB29 con altos valores de rendimiento, rendimiento día y numero de macollas por planta; y el material 9GSB259 que presenta altos valores de rendimiento, rendimiento día y granos por panículas.

Estos genotipos pueden ser usados para un segundo ciclo de evaluación, junto los que tuvieron resultados iguales al mejor testigo, con el fin de tener más datos sobre los materiales y asegurar la decisión sobre su selección para creación de variedades.

5.2. ANALISIS DE VARIANZA

Las tablas 8; 9 y 10. Presentan la interpretación resumen del análisis de varianza para cada uno de los caracteres evaluados, la clasificación por grupos homogéneos muestran que no hay variables significativas entre los datos y caracteres de Variables Relacionadas con Ciclo y Variables relacionadas a estructura de la planta, sin embargo, los datos presentados para las variables relacionadas a producción, se evidencia una tendencia más alta a la diferencia en los caracteres “peso de 1000 semillas”; “Rendimiento” y “Producción día” generalmente para el testigo ORIO

Tabla 8. Resumen del Análisis de Varianza para caracteres relacionado al ciclo

	Variable Relacionada al Ciclo					
	Días a Floración		Días a Madurez fisiológica		Días a Cosecha	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
ORION	91	A	109	A	118	A
ACD 25-40	88	AB	105	A	118	A
9GSB	76,983	B	97,16	A	108,39	A

Tabla 9. Resumen del Análisis de Varianza para caracteres relacionados a la estructura de la planta

	Variable Relacionada a la Estructura de la Planta					
	Promedio Macollas X Planta		No. Pan X M2		Promedio Long X Pan	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
ORION	14,33	A	326,25	A	28,17	A
ACD 25-40	13,29	A	304,88	A	29,57	A
9GSB	11,709	A	305,52	A	25,459	A

Tabla 10. Resumen del Análisis de Varianza para caracteres relacionados con Producción

	Variables Relacionadas con Producción							
	Promedio Granos X Pan		Peso 1000 Granos		Rendimiento (Kg/Ha)		Producción (Kg/Ha/Día)	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
ORION	147,65	A	32,14	A	5550,1	A	60,99	A
ACD 25-40	179,65	A	26,43	B	4724,7	B	53,69	B
9GSB	172,11	A	28,297	B	4223,5	B	54,87	B

El carácter “Granos por Panícula” no es un factor determinante en la producción como lo es el carácter “Peso de 1000 Granos”, mientras en los caracteres “Rendimiento” y “Peso de 1000 Granos” se obtienen diferencias significativas, para el carácter “Promedio de Granos por Panícula” no muestra diferencias significativas.

En cuanto al carácter “Producción Día” esta es una variable construida con la producción y los días a floración, explicando la cercanía de los resultados de “Rendimiento” y “Producción Día”; esta variable permite obtener información sobre la eficiencia de la producción por día, es decir, cuanto grano por día produce el material evaluado; incluso, cuando el material muestra características de precocidad. Contrario al paradigma de que los materiales precoces de arroz tienen bajas producciones, los resultados muestran que el 30% de las líneas evaluadas presentan producción día más alta que el promedio del mejor testigo ORION.

Cabe resaltar que, aunque no se obtuvieron líneas que superen el promedio general del mejor testigo ORION, el estudio de clúster permite identificar que existen individuos excepcionales con mejores resultados que el promedio del mejor testigo, estos casos, son el principal interés para continuar el mejoramiento de líneas a variedades.

5.3.CORRELACIONES ENTRE LOS CARACTERES

Los resultados obtenidos para los análisis de correlación se presentan en la tabla 11. En donde se puede observar que caracteres como “Días a Floración”, “Días a Maduración Fisiológica” y “Días a Cosecha” presentaron valores de correlación altos, lo que es de esperarse debido a que estos caracteres están fisiológicamente encadenados y dependientes.

Por otro lado, la variable “Promedio Longitud de Panícula” presenta alta correlación positiva con las variables “Días a Floración”, “Días a Maduración Fisiológica” y “Días a Cosecha”, lo que podría interpretarse como de forma que a mayor longitud de panícula ciclos más largos y viceversa. Finalmente, la correlación entre “Producción día” y “Rendimiento” fue alta porque estos dos caracteres son dependientes.

Tabla 11. Matriz de correlaciones entre caracteres evaluados

	Prom. Mac X par	D.A.F	D.M. F	D.A. C	Nº Pan X m2	Prom. Log. X Pan.	Prom. Gra. X Pan.	Peso 1000 Gra.	Rend. (Kg/Ht)	Prod. día (Kg/día)
Prom. Mac X Par	1									
D.A.F	0,300	1								
D.M.F	0,279	0,956	1							
D.A.C	0,226	0,900	0,871	1						
Nº Pan. X m2	0,549	0,242	0,298	0,304	1					
Prom. Log. X Pan.	0,252	0,660	0,619	0,620	0,203	1				
Prom. Gra. X Pan.	-0,222	-0,049	-0,08	-0,06	-0,264	0,181	1			
Peso 1000 Gra	-0,118	0,116	0,151	0,098	-0,162	0,041	-0,218			
Rend. (Kg/Ht)	0,458	0,316	0,297	0,364	0,380	0,347	0,088	0,0721	1	
Prod. día (Kg/día)	0,407	0,051	0,044	0,137	0,357	0,180	0,105	0,029	0,959	1

Evaluación de Caracteres de Rendimiento en 119 Genotipos de Arroz

Los resultados de las regresiones lineales para los caracteres “Días a Floración”, “Días a Maduración Fisiológica” y “Días a cosecha” en la Figura 11. Muestran una correlación directamente proporcional y positiva, por lo tanto, el carácter “Días a Floración” es determinante para los caracteres “Días a Maduración fisiológica” y “Días a Cosecha”, en este sentido, la mejor medida del ciclo para un material es determinado por la variable “días a Floración”.

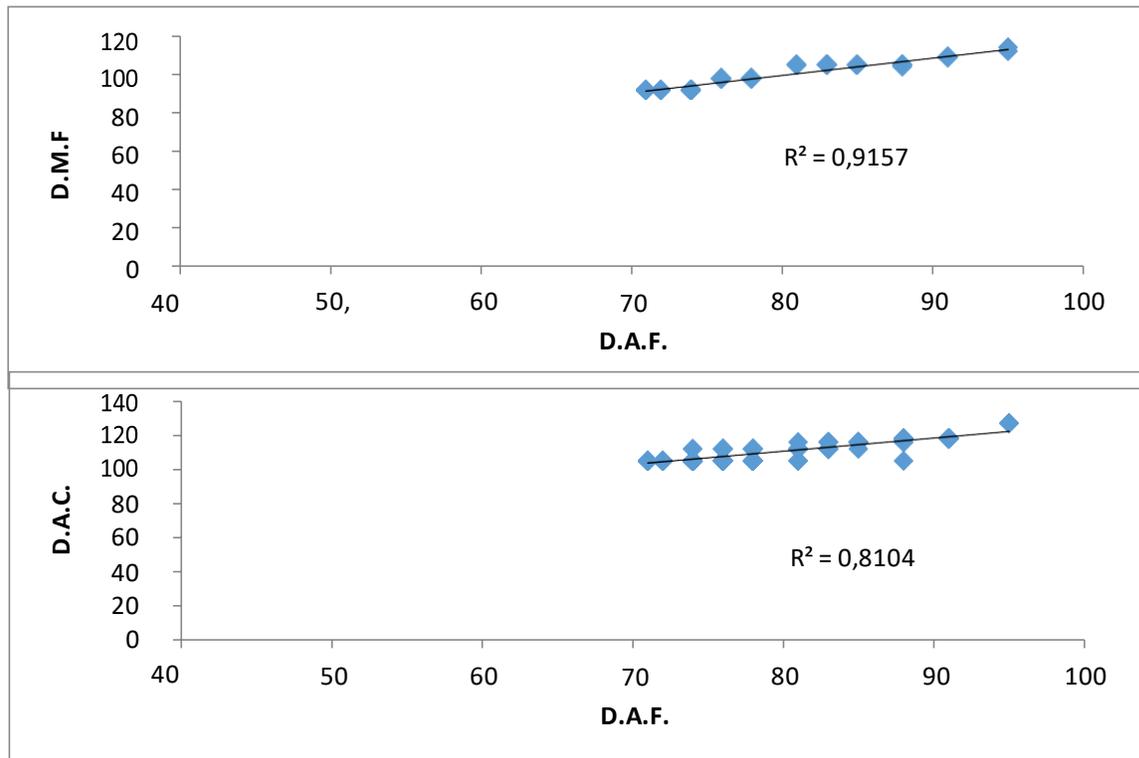


Figura 11. Regresiones lineales para los caracteres “Días a Floración” versus “Días a Maduración Fisiológica” y “Días a cosecha”

A pesar que la correlación fue alta entre los caracteres “Días a Floración” y “Días a Maduración fisiológica” versus “Promedio Longitud de Panícula”, por el contrario, las regresiones lineales (gráfica 11), no muestra una correlación marcada entre ellas, es decir no puede considerarse ciclo como predicción para longitud o de manera contraria esta última para ciclo.

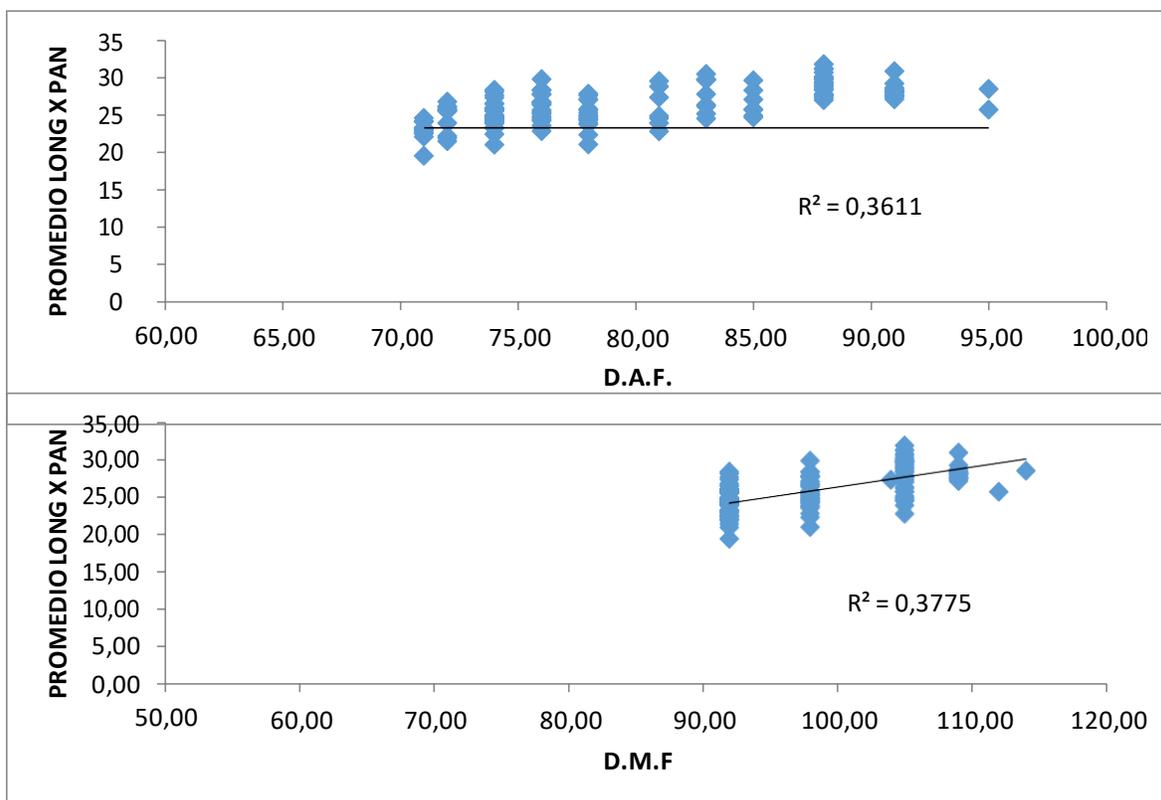


Figura 12. Regresiones lineales para los caracteres “Días a Floración” y “Días a Maduración Fisiológica” versus “Promedio Longitud de Panícula”

5.4. ANALISIS POR VARIABLES

Promedio de Macollas Por Parcela (MAC)

En el promedio de los datos obtenidos en las líneas evaluadas, el número de macollas por parcela fue inferior a los testigos comerciales estudiados, pero en el detalle, se puede apreciar una gran variabilidad dentro de las líneas, así puede decirse que existen líneas superiores, siendo las más destacadas 9GSB19, 9GSB20, 9GSB6, 9GGSB29, 9GSB11 y 9GSB112, (Gráfica 3). Se puede concluir la aptitud fenotípica de estas seis líneas resulto ser mayor para esta variable que el testigo ACEITUNO ORION de mejor comportamiento.

Días A Floración (DAF)

En esta variable, de forma general se determinó que las líneas evaluadas fueron más precoces que los testigos comerciales, alcanzando a tenerse el 94.96%. El análisis del clúster presento a las líneas 9GSB238, 9GSB211, 9GSB103, 9GSB10, 9GSB65 y 9GSB226 como más precoces (70 DAF), teniendo una alta diferencia con relación al testigo ACD 2540 con 88 DAF (Figura 3).

Días A Madurez Fisiológica (DMF).

A nivel global la madurez fisiológica las líneas tendieron a ser más precoces que los testigos comerciales. Sin embargo, se destacan las líneas 9GSB255, 9GSB43, 9GSB260 y 9GSB256 con mayor precocidad (105 DMF), en comparación al testigo comercial ACEITUNO ORION con 109 DMF.

Días A Cosecha (DAC)

El promedio de las líneas evaluadas es inferior en 10 días con respecto a los testigos comerciales ACEITUNO ORION y ACEITUNO ACD 25-40. Sin embargo, entre las líneas evaluadas a destacar por su promedio de máximos y mínimos están 9GSB95, 9GSB90, 9GSB84, 9GSB83, 9GSB42 y 9GSB261, las cuales presentaron en 112 DAC, frente a los testigos comerciales que tuvieron 118 DAC.

Número de Panículas Por Metro Cuadrado (NPAMm2)

A nivel de promedios de las líneas evaluadas se obtuvo un margen de 305 panículas por metro cuadrado, siendo inferior al potencial del testigo comercial ACEITUNO ORION con 326 panículas por metro cuadrado. Por otro lado, en el análisis del clúster, se presentaron líneas con un alto número de panículas por metro cuadrado, presentando 576, 480, 477, 477, 467 y hasta 459 panículas por metro cuadrado en las líneas 9GSB159, 9GSB145, 9GSB152, 9GSB249, 9GSB166 y 9GSB84 respectivamente (Figura 5).

Rendimiento (RTO)

El testigo comercial ACEITUNO ORION obtuvo un promedio general de producción superior a las líneas evaluadas (5550 Kg/ha más). Observando los clústeres, las líneas 9GSB114, 9GSB219, 9GSB145, 9GSB136, 9GSB29 Y 9GSB259 presentaron un rendimiento de 7676.2, 7558, 7298.4, 6928.6, 6650 y 6622.7 Kg/ha respectivamente (Figura 9), lo que indica que se tienen líneas con un alto potencial de rendimiento que puede seguir en el proceso de creación de variedades del programa de investigación.

Longitud De Panícula (LONGPAN)

Con respecto a esta variable, como se puede observar en la Tabla 4, el testigo comercial ACD2540 presenta el mayor registro de longitud de panícula con un valor de 29.57 cm, mientras el promedio de las líneas evaluadas es de 25.45 cm; los anteriores valores no significa que las líneas evaluadas presenten una longitud de panícula inferior a los testigos, debido a que en el presente estudio se observa que las líneas 9GSB255, 9GSB159, 9GSB7, 9GSB7, 9GSB256, 9GSB260 y 9GSB111, presentaron una longitud superior de panícula con valores de 30.5cm, 29.8cm, 29.8cm, 29.7cm, 29.7cm y 29.6cm respectivamente (Figura 6).

Granos Por Panícula (GRANPAN)

En la comparación de los promedios de esta variable se destaca el testigo comercial ACEITUNO ACD 25-40 con 179.65 granos por panícula seguido con el promedio de las líneas evaluadas las cuales presentaron 172.11 granos por panícula; sin la afectación de los promedios de las líneas evaluadas se observa que los materiales 9GSB257, 9GSB207, 9GSB104, 9GSB259, 9GSB16 y 9GSB15, presentaron valores superiores en el número de granos por panícula con respecto al testigo

comercial con los siguientes valores 259.7, 245, 236.5, 234.3, 233.8 y 231 respectivamente (Figura 7).

Peso De 1000 Granos (P1000)

En esta variable el testigo comercial ACEITUNO ORION presenta un peso de 1000 granos de 32.14 gr, teniendo el mejor registro en la tabla 4, para la comparación de promedios de los caracteres evaluados. Mediante la gráfica de peso de 1000 granos se evidencia que se presentaron líneas que se destacan por encima del peso de 1000 granos del testigo comercial ACEITUNO ORION, las cuales fueron 9GSB65, 9GSB238, 9GSB226, 9GSB226, 9GSB102, 9GSB11 y 9GSB126, con valores de peso de 1000 granos de 38.2, 37.8, 37.8, 37.8, 37 y 36.9 respectivamente (Figura 8).

Rendimiento Por Día (RTODIA)

Para esta variable el testigo comercial ACEITUNO ORION presenta un valor 60.99 Kg/día, siendo superior al promedio de las líneas evaluadas el cual presento un valor de 54.87 Kg/día, sin embargo, entre las líneas evaluadas como se observa en la Figura 10, las siguientes líneas presentaron valores superiores al testigo comercial ACEITUNO ORION, las cuales fueron 9GSB219, 9GSB145, 9GSB114, 9GSB29, 9GSB259 y 9GSB119, con valores de rendimiento por día de 99.45, 96.03, 90.31, 89.86, 87.14 y 85.32 Kg/día respectivamente.

6. CONCLUSIONES

A manera de conclusiones podemos establecer

1. Las mejores variables para determinar la precocidad de un material se pueden visualizar en el comportamiento de “días a Floración”, “madurez fisiológica” y “días a cosecha”, lo cual es muy importante para un fitomejorador a la hora de seleccionar un material
2. La relación entre las variables de producción son determinantes para establecer el rendimiento de un nuevo material, en este estudio de las 119 líneas evaluadas se destacaron 19 líneas con rendimiento superior a los testigos evaluados, por lo tanto, esto es determinante para seleccionarlos y seguir con estudios posteriores.
3. El promedio del mejor testigo para cada uno de las variables evaluadas es una medida segura de contraste a la hora de determinar los mejores o peores genotipos, para el caso, ACEITUNO ORION sigue siendo un material de alta calidad ya que presenta características favorables en conjunto y por ser un material comercial con genética establecida, en cuanto a las líneas en estudio se encuentran en proceso de selección y conocimiento de comportamiento en los diferentes semestres y condiciones ambientales dependiendo de la zona agroecológica.
4. Del set de materiales evaluados se encuentra una alta variabilidad, sin embargo, se debe destacar que existen muchas líneas con variables indispensables a la hora de sacar una variedad al mercado, se encuentran líneas superiores al rendimiento de los testigos comerciales, líneas con alta precocidad, posiblemente menor cantidad de semilla en área con respecto a los testigos por su alto índice de macollamiento y transformación de panículas por metro cuadrado.

7. RECOMENDACIONES

A Manera de recomendaciones se propone

Se recomienda tener en cuenta, las líneas más destacadas en las diferentes variables evaluadas, para así conocer sus aptitudes a la hora de emprender un trabajo de mejoramiento por parte de Cultivos Y Semillas El Aceituno LTDA.

Así mismo, se recomienda dar continuidad a estudios que den a conocer las expresiones fenotípicas de las líneas en diferentes épocas del año y así poder obtener datos más concisos de cada material.

El presente estudio nos permite tener datos pre-eliminados de las líneas evaluadas para sus posteriores estudios en cuanto a producción y zona agroecológica a cultivar.

8. BIBLIOGRAFÍA

AKTIVA Servicios Financieros. 2013. EL ENTORNO DE LA ACTIVIDAD ARROCERA EN COLOMBIA.

Aktiva Servicios Financieros. 2013. Estudios sectoriales, El Entorno de la Actividad Arrocera en Colombia 2013. www.aktiva.com.co

Andrade. H.; Segura. M.; Canal. D.; Gómez. M.; Marín. M.; Sierra. E.; Ortíz. Ll.; Alvarado. J.; Feria. M. 2013. Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Sistemas de Producción Agrícola y Forestal en el Departamento del Tolima. GRUPO DE INVESTIGACIÓN PRODUCCIÓN ECOAMIGABLE DE CULTIVOS TROPICALES (PROECUT) UNIVERSIDAD DEL TOLIMA.

Arango. L. 2015. El cultivo de arroz: ayer, hoy y mañana. Portafolio.

Areiza S. M.A. 2012. Diagnóstico del mercado del arroz en Colombia (2000-2012). Súper Intendencia de Industria y Comercio de Colombia. Bogotá D.C.

Arenas Calle C. 2014. Análisis de los Análisis de los Sistemas de Semillas de Cuatro Países de América Latina (Brasil, Guatemala, Perú y Colombia). Repositorio tesis de maestría Universidad nacional de Colombia. Sede Palmira

Boletín AgroClimático Nacional. 2017. Edición 30.

Caicedo. Y. 2008. Evaluación de Características Agronómicas de Cuatro Líneas Interespecíficas de Arroz (*Oryza Sativa/Oryza Latifolia*) Comparadas con Dos Variedades comerciales y Una Nativa en el Corregimiento #8 de Zacarías Municipio de Buenaventura. UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO.

Castilla. L.; Pineda.D.; Ospina. J.; Echeverry. J.; Perafan. R.; Garces. G.; Sierra J.; Diaz. A. 2010. FEDEARROZ.

CESDE. Sin fecha. El arroz.

Chica. J.; Tirado. Y.; Barreto. J. 2016. Indicadores de competitividad del cultivo del arroz en Colombia y Estados Unidos. REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS.

Colciencias. 2005. Bases para la formulación del Programa Nacional de Ciencia y Tecnologías Agropecuarias. Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” Colciencias. Bogotá, D.C., ISBN: 958-8130-92-1

CORTOLIMA. Sin fecha. Plan de Gestión Ambiental Regional del Tolima 2013-

2023. DANE. 2014. Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado.

DANE. 2016. 4º CENSONACIONAL ARROCERO.

DANE. 2016. Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado –ENAM.

DANE. 2016. Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado. Boletín Técnico.

Distrito de riego Triángulo del Tolima ¿Una oportunidad o un reto para las comunidades indígenas y campesinas del Sur del Tolima?. Sin fecha.

Dominicana Exporta. Sin fecha. Perfil Económico del Arroz. CEI-RD. EDESARROLLO. ANDI. Sin fecha. Política Comercial Para el Arroz.

EL ESPECTADOR. 2014. Cultivos de arroz en Colombia ante la prueba del cambio climático.

AFP. FAO. 2004. Año Internacional del Arroz.

FAO. SIN FECHA. Problemas y Limitaciones De La Producción De Arroz.

FEDEARROZ. 2011. Dinámica del Sector Arroceros de los Llanos Orientales de Colombia. Federación Colombiana de productores de arroz, 1999-2011. Bogotá, D.C. ISBN: 978-958-99277-2-4

FEDEARROZ. 2011. Dinámica del Sector Arroceros de los Llanos Orientales De Colombia.

FEDEARROZ. 2013. “Política Comercial para el Arroz” Reporte Final. Federación Colombiana de productores de arroz. Bogotá, D.C.

FEDEARROZ. (2012). Historia del Arroz. Retrieved Septiembre 10, 2016, from www.fedearroz.com.co: <http://www.fedearroz.com.co/new/historiaarroz.php>

Fernández. M. 2013. Evaluación del Riesgo Agroclimático Por Sectores. FONADE. IDEAM.

BID. Garaycochea. S. 2012. Estudio Evolutivo Del Origen del arroz Maleta de URUGUAY.

PEDECIBA.

Garces. A. 2009. Diagnóstico de Gestión tecnológico del cultivo del arroz en la región de Venadillo, Tolima.

Glissant. E. 1984. El correo civilización del Arroz.

UNESCO. GOBERNACION DEL TOLIMA. Ibagué en cifras. 2000- 2010.

Gomez. A.; Peluha. D. 2014. Variabilidad climática de la temperatura Impacto económico en el EBITDA de los cultivos de arroz riego mecanizado en la zona centro de Colombia para el periodo 1999-2013: medidas de adaptación. Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA.

Gonzalez. N.; Zamorano.D. 2009. EL CULTIVO DEL ARROZ(Oryzasativa L.).

GONZÁLEZ. X.; HERNÁNDEZ. G.; MORENO. I. 2016. Lineamientos Estratégicos Para el Manejo Sustentable del Cultivo de Arroz en la Vereda la Sierra, Municipio de Lérica, Departamento del Tolima. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

GRiSP (Global Rice Science Partnership). (2013). RICE ALMANAC (4th edition ed.). Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute.

Marchesi. C. 2016. El arroz pilar de la alimentación mundial. Inia.

Mazuera F. C.A.; Neira R. J.D. 2009. Análisis de los Costos de Producción de Arroz, Oriza Sativa L., en el Municipio de Saldaña, Tolima. Método Pulver vs Método Tradicional de Manejo. Repositorio de tesis de pregrado. Universidad De La Salle. Bogotá D.C.

Méndez A. J.J.; Duran P. L.; Sandoval A. A.P.; Torres P. A.M.; Bernal R. M.R. 2011. Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico de la Cadena Productiva de Arroz en el Departamento del Tolima 2010 – 2015. I Foro Intersectorial Unicafam: la investigación y la competitividad Mipyme 2011. Fundación Universitaria Cafam.

Ministerio del Medio Ambiente Sociedad de Agricultores de Colombia – SAC. Federación Nacional De Arroceros – FEDEARROZ. GUIA AMBIENTAL DEL ARROZ. Sin fecha.

Mogollon. J. 2006. Una Alternativa Para Disminuir los Costos de Producción de los Cultivos de Arroz en el Municipio de el Espinal Tolima. UNIVERSIDAD DE LA SALLE.

Murillas. A.; Londoño. E. 2014. Estimación de la Evapotranspiración En Cultivos de Arroz con Sensores Remotos. UNIVERSIDAD DEL VALLE.

OCDE. 2015. Revisión de la OCDE de las Políticas Agrícolas: Colombia 2015 Evaluación y Recomendaciones de Política. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

Oretga. R. 2014. Manual Para La Producción De Semilla De Arroz. INIFAP.

Perfetti J.J. (Coordinador); Balcázar Á.; Hernández A.; Leibovich J. Becerra A.; Botello S.; Cortés S.; Estrada L.; Rodríguez C.; Vásquez H. 2013. Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. SAC y Fedesarrollo. Bogotá, D.C., ISBN: 978-958-57092-8-7

Pincioli. M.; Ponzio. N.; Salsamendi. M. ; 2015. El Arroz Alimento de Millones.

Poppe K.J. 2012. Sistemas Nacionales de Conocimiento e Innovación Agrícola en Transición: Los Primeros Hallazgos del Grupo de Trabajo del Comité Permanente Sobre Investigación Agrícola (SCAR). Agricultural Knowledge and Innovation Systems: Proceedings of an OECD Conference, OECD, París

Principales Cultivos por Área Sembrada en el Año 2014. DANE.

Quintero. E. sin fecha. Factores Limitantes para el Crecimiento y Productividad del Arroz en Entre Ríos, Argentina. Universidad Da Coruña.

Ramirez. E.; Grattz. C. 2012. Problemática Ambiental en la Represa de Prado-Tolima. INGENIO LIBRE.

Ramirez. J. 2014. Dinámica Poblacional de Malezas del Cultivo de Arroz en las Zonas Centro, Meseta Y Norte Del Departamento del Tolima. Universidad Nacional de Colombia

SAG. 2003. MANUAL TÉCNICO PARA EL CULTIVO DE ARROZ.(ORYZA SATIVA)

Silva. L. 2016. Modelo Estadístico Para el Análisis del Rendimiento Del Cultivo de Arroz en Colombia. Fundación Universitaria Los Libertadores.

Tinoco. R.; Acuña. A.; 2009. Manual de Recomendaciones Técnicas. Cultivo de Arroz. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Tirado O. Y.C., Barreto O. J.M. 2014. Evaluación de la Competitividad del Arroz Colombiano Frente al estadounidense: Un Análisis de la Seguridad Alimentaria en el Marco Del TLC. Repositorio tesis de pregrado Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

Tirado. Y.; Barreto. J. 2014. Evaluación de la Competitividad del Arroz Colombiano Frente al estadounidense: un Análisis de la Seguridad Alimentaria en el Marco del TLC.