



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Maestría en Mejoramiento Genético**

**Trabajo de graduación**

**Evaluación y selección de líneas avanzadas de arroz  
(*Oryza sativa* L.) en base a características  
agronómicas y de rendimiento 2014-2016**

**AUTOR**

Ing. Jessenia del Carmen Sandoval Balladares

**TUTOR**

Ing. MSc. Vidal Marín Fernández

**Managua, Nicaragua  
Octubre, 2018**



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Maestría en Mejoramiento Genético**

**Trabajo de graduación**

**Evaluación y selección de líneas avanzadas de arroz  
(*Oryza sativa* L.) en base a características  
agronómicas y de rendimiento 2014-2016**

**AUTOR**

Ing. Jessenia Sandoval Balladares

Presentado a la consideración del  
Honorable Tribunal Examinador como requisito  
final para optar al grado de  
Maestro en Mejoramiento Genético Vegetal

**Managua, Nicaragua  
Octubre, 2018**

## CONTENIDO

Sección	Página
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	4
3.1. Descripción del experimento	4
3.1.1 Primera Etapa: Evaluación y selección de líneas avanzadas	5
3.1.2 Segunda Etapa: Evaluación de líneas avanzadas	6
3.2. Características agroclimáticas del departamento de río San Juan	6
3.3. Modelación de la interacción genotipo x ambiente de 10 genotipos de arroz en cinco ambientes de Río San Juan, 2014-2016	9
3.4. Diseños experimentales establecidos y Modelos Aditivos Lineales	9
3.4.1. Diseños experimentales	9
3.4.2 Modelo Aditivos Lineales	9
3.5. Manejo agronómico del cultivo	13
3.6. Variables evaluadas	14
3.7. Análisis estadísticos	18
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	19
4.1. Primera Etapa: Evaluación de 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) en las localidades de San Carlos, El Castillo y San Miguelito	19
4.2. Rendimiento en las localidades de San Carlos, El Castillo y San Miguelito	21
4.3. Variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en la localidad de San Carlos	23
4.4. Variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en la localidad en El Castillo	25
4.4.1. Variables agronómicas cualitativas evaluadas en El Castillo	27
4.4.2. Enfermedades evaluadas en El Castillo	28
4.4.3. Variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en San Miguelito	34
4.5. Relación y análisis estadístico de 25 genotipos en tres ambientes de Río San Juan	36

4.6.	Segunda Etapa: Evaluación de 10 líneas avanzadas en dos localidades del departamento de Río San Juan	39
4.6.1.	Análisis de Varianza en variables de desarrollo evaluadas en las localidades de Los Cerritos y Los Pantanos	40
4.6.2	Rendimiento evaluado en las localidades de Los Cerritos y Los Pantanos	41
4.7.	Relación y análisis estadístico de 10 genotipos en cinco ambientes individuales del departamento de Río San Juan	43
4.7.1.	Método multivariante: Análisis con el modelo AMMI	43
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>50</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>56</b>

## **DEDICATORIA**

A: *Dios* Supremo Creador por haberme dado la vida, por guiarme en esta otra etapa de mi formación profesional, por darme la fuerza y sabiduría para terminar con éxito este trabajo investigativo.

A mis padres, Francisco Sandoval y Nereyda Balladares pilares fundamentales en mi formación, a ellos se las dedico por su apoyo incondicional brindado durante toda mi vida, por sus consejos y por haberme inculcado valores que hoy me permiten ser una persona honesta y responsable.

A mis Hermanos: Norma, Marlon, Víctor, Marisol y Allan Sandoval Balladares; quienes han estado a mi lado, en mis triunfos y también en los momentos difíciles. Ellos que han sido para mí un ejemplo a seguir. Gracias hermanos.

A mi Hijo; Ramsés Cesar Gurdián Sandoval. Por ser el motor en mi vida. A mi adorado hijo por entender que debía dedicar tiempo a mi formación, el que entre reclamos me comprende y sabe que debemos de seguir adelante.

Ing. Jessenia Sandoval Balladares

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecida con DIOS por todas las oportunidades que me ha dado en la vida. Infinitas gracias señor, todo lo que soy se lo debo a Usted.

A mi tutor: Profesor MSc. Vidal Marín Fernández, por sus consejos y observaciones, que han sido claves para lograr mi trabajo investigativo.

Al profesor MSc. Álvaro Benavides González; por su apoyo incondicional y su aporte sustancial en la culminación de mis estudios.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) quien me brindó la oportunidad de seguir formándome profesionalmente, para beneficio de nuestros productores en Nicaragua.

A los profesores de la Universidad Nacional Agraria (UNA), por su invaluable trabajo de enseñar. Gracias por la calidad de su enseñanza y prestigio.

Ing. Jessenia Sandoval Balladares

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción de los tratamientos o genotipos de arroz seleccionados	5
2	Aplicación de la escala CIAT para <i>Helminstoporium</i> (BS) y <i>Pyricularia oryzae</i> en la hoja (BI)	15
3	Aplicación de la escala CIAT para macollamiento (Ti)	15
4	Aplicación de la escala CIAT para altura de planta (Ht)	16
5	Aplicación de la escala CIAT para exersión de la panícula (Exs)	16
6	Aplicación de la escala CIAT para Senescencia (Sen)	17
7	Aplicación de la escala CIAT para acame de planta (Lg)	17
8	Aplicación de la escala CIAT para aceptabilidad fenotípica (PAcp)	17
9	Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2014. San Carlos, Río San Juan	19
10	Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2015. El Castillo, Río San Juan	20
11	Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2015. San Miguelito, Río San Juan	21
12	Categorización estadística del rendimiento evaluada en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2014. San Carlos, Río San Juan	22
13	Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2014. San Carlos, Río San Juan	24
14	Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2015. El Castillo, Río San Juan	26
15	Calificación de variables cualitativas de 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2015. El Castillo, Río San Juan	31
16	Categorización estadística (Tukey $\alpha=0.05$ ) de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2015. San Miguelito, Río San Juan	35
17	Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2014-2015. San Carlos, El Castillo y San Miguelito. Río San Juan	36
18	Correlaciones fenotípicas en variables de desarrollo y rendimiento de 25 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) evaluados en San Carlos, El Castillo, y San Miguelito durante el ciclo Primera-2015. Río San Juan	39

<b>19</b>	Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 10 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2016. Los Cerritos. Río San Juan	40
<b>20</b>	Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 10 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2016. Los Pantanos. Río San Juan	41
<b>21</b>	Categorización estadística del rendimiento de 10 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) evaluados durante el ciclo Primera-2016. Los Cerritos y Los Pantanos, Río San Juan	42
<b>22</b>	Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 10 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2014. Los Cerritos, Río San Juan	42
<b>23</b>	Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 10 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) durante el ciclo Primera-2014. Los Pantanos, Río San Juan.	43
<b>24</b>	Significación en factores y categorización estadística en el rendimiento de 10 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) evaluados en cinco ambientes. Río San Juan 2014-2016	44
<b>25</b>	Análisis de varianza del rendimiento mediante el modelo AMMI en 10 genotipos de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) evaluados en cinco ambientes. Río San Juan	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Metodología de desarrollo del trabajo en campo y análisis estadísticos	4
2	Condiciones climáticas del departamento de Río San Juan 2014-2016 (Datos INETER, 2016)	7
3	Comportamiento de las precipitaciones en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz del departamento de Río San Juan 2014-2016 (INETER, 2016). <i>SC= San Carlos, SM= San Miguelito, LC= Los Cerritos_Los Pantanos</i>	8
4	Relación de 25 genotipos considerando 16 variables evaluadas en El Castillo, departamento de Río San Juan. Método Ward y distancia de Gower	33
5	Relación de los Ambientes (●) considerando variables (▲) de desarrollo mediante los dos primeros componentes principales	37
6	Relación de los Genotipos (●) considerando variables (▲) de desarrollo mediante los dos primeros componentes principales	38
7	Dispersión bidimensional del PC-1 y PC-2 de diez genotipos de arroz (▲) en cinco condiciones ambientales (●) del departamento de Río San Juan, 2014-2016	47
8	Dispersión bidimensional del PC-1 en función del rendimiento promedio de diez genotipos de arroz (▲) en cinco condiciones ambientales (●) del departamento de Río San Juan, 2014-2016	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Descripción del sitio donde se estableció el ensayo de arroz en condiciones de secano, durante el período 2014	57
2	Condiciones agroclimáticas básicas de la zona. INATEC, San Carlos, 2014	57
3	Descripción del sitio donde se estableció el ensayo de arroz en condiciones de secano, durante el período 2015	57
4	Condiciones agroclimáticas en la evaluación de líneas avanzadas de arroz. San Miguelito 2015	57
5	Descripción de los sitios donde se estableció el ensayo de arroz en condiciones de secano, durante el período 2016	58
6	Condiciones agroclimáticas en Morrito (Los Cerritos), Río San Juan, 2016	58

## RESUMEN

Se establecieron líneas de arroz (*Oryza sativa* L.), provenientes del CIAT Colombia en viveros y fueron evaluados en ambientes del departamento de Río San Juan (San Carlos, El Castillo, San Miguelito, Los Cerritos y Los Pantanos) durante el período 2014-2016. Se utilizó Bloques Incompletos arreglados en diseños Alfa Látice (5X5), con 25 materiales genéticos como tratamientos (San Carlos, El Castillo, San Miguelito). Fueron evaluadas variables de crecimiento y desarrollo y posteriormente se seleccionaron 10 tratamientos promisorios, se establecieron en diseño de Bloques Completos al Azar (Los Cerritos y Los Pantanos). De igual manera, se implementaron análisis multivariados y modelos de efectos mixtos, y se determinó la interacción genotipo-ambiente (GxA), con la metodología AMMI. En las localidades de San Carlos, El Castillo y San Miguelito, sobresalieron las líneas CT18238-23-6-1-4-1-2-M (T10), CT18247-11-5-2-3-2-2-M (T14) y los testigos INTA Dorado e INTA San Juan con rendimientos superior a los 8200 kg ha<sup>-1</sup>. En Los Cerritos, la línea CT18238-23-6-1-4-1-2-M (T10) superó los 11,500 kg ha<sup>-1</sup>, con buena aceptabilidad fenotípica y tolerante a *Helmistosporium* y *Pyricularia*. Las metodologías utilizadas en GxA, determinaron que los genotipos T15 (PCT-4\SA\1\1,BO\3\1>60-3-5-2-M) y T24 (M-57-191) fueron inestables y con bajos rendimientos. Por otro lado, los genotipos T6 (CT18233-15-6-6-4-1-3-M), T7 (CT18245-11-6-2-3-4-3-M) y T14 (FLO3724-3P-5-1P-3P-M) resultaron estables y con buen rendimiento. Los genotipos INTA San Juan e INTA Dorado, presentaron rendimientos intermedio y variaciones en los ambientes.

**Palabras Claves:** *Oryza sativa* L., Río San Juan, Alfa Látice, BCA, interacción GxA.

## ABSTRACT

Rice lines (*Oryza sativa* L.) from CIAT Colombia were established in nurseries and were evaluated in environments of the department of Río San Juan (San Carlos, El Castillo, San Miguelito, Los Cerritos and Los Pantanos) during the period 2014- 2016 Incomplete Blocks arranged in Alfa Látice designs (5X5) were used, with 25 genetic materials as treatments (San Carlos, El Castillo, San Miguelito). Growth and development variables were evaluated and then 10 promising treatments were selected, and they were established in Design of Random Complete Blocks (Los Cerritos and Los Pantanos). In the same way, multivariate analysis and mixed effects models were implemented, and the genotype-environment interaction (GxA) was determined with the AMMI methodology. In the towns of San Carlos, El Castillo and San Miguelito, the lines CT18238-23-6-1-4-1-2-M (T10), CT18247-11-5-2-3-2-2-M stood out (T14) and the witnesses INTA Dorado and INTA San Juan with yields greater than 8200 kg ha<sup>-1</sup>. In Los Cerritos, line CT18238-23-6-1-4-1-2-M (T10) exceeded 11,500 kg ha<sup>-1</sup>, with good phenotypic acceptability and tolerant to *Helmistosporium* and *Pyricularia*. The methodologies used in GxA, determined that the T15 genotypes (PCT-4 \ SA \ 1 \ 1, BO \ 3 \ 1 > 60-3-5-2-M) and T24 (M-57-191) were unstable and with low yields. On the other hand, the genotypes T6 (CT18233-15-6-6-4-1-3-M), T7 (CT18245-11-6-2-3-4-3-M) and T14 (FLO3724-3P- 5-1P-3P-M) were stable and with good performance. The genotypes INTA San Juan and INTA Dorado, presented intermediate yields and variations in the environments.

**Keywords:** *Oryza sativa* L., Río San Juan, Alpha Lattice, RCB, interaction GE.

## I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es el cultivo más importante para el consumo humano (Morejón *et al.*, 2015), ocupa el segundo lugar entre los cereales más cultivados, y es alimento básico para más de un tercio de la población mundial (Orona *et al.*, 2013). Su producción promedio anual alcanza, aproximadamente, 650 millones de toneladas. Sin embargo; a pesar de su importancia como alimento, las producciones del grano no cubren la demanda mundial, la gran explosión demográfica en los últimos años y limitaciones en la disponibilidad de suelo y agua son factores que condicionan este cultivo (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2014).

El arroz es un alimento básico en América Central. El área total cultivada con arroz de secano y riego en la región alcanza las 255 mil hectáreas. En Nicaragua el arroz de secano abarca aproximadamente 85 mil hectáreas y representa el 64% del área total de producción (MAGFOR, 2005; citado por Trouche *et al.*, 2006). En condiciones de secano, los rendimientos son muy variables según la región y el sistema de producción, además dependen de las condiciones pluviométricas y fitosanitarias, variando de 2-3 t ha<sup>-1</sup> en los sistemas tradicionales y de 4-6 t ha<sup>-1</sup> para los sistemas mecanizados (Trouche *et al.*, 2006).

En Nicaragua, el arroz constituye un rubro importante en el sector agropecuario, al ser un alimento en la dieta de los nicaragüenses, su aporte energético dentro de la canasta básica es del 14%. La actividad arrocera genera 190.70 millones de dólares a nivel nacional y alrededor de 75 mil puestos de trabajo directos e indirectos al año (ANAR, 2011; citado por Téllez y Rivera, 2017).

El mejoramiento genético de las especies cultivadas ha sido esencial en la búsqueda de genotipos que contribuyen a incrementar la productividad en cantidad y calidad de los productos agrícolas. El fitomejoramiento participativo es una estrategia que busca desarrollar variedades apropiadas para los pequeños productores pocos tecnificados en condiciones de producción marginales y/o con exigencias de calidad de grano específicas, donde el fitomejoramiento convencional no ha logrado proveer variedades mejoradas adecuadas (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011a).

La obtención de líneas de arroz mediante el mejoramiento participativo es una de las estrategias empleadas en el país para elevar la producción de arroz de secano a fin de alcanzar la seguridad y soberanía alimentaria con adaptación al cambio climático. No obstante, en algunas ocasiones los fitomejoradores suelen tener restricción de recursos financieros, baja disponibilidad de semilla, etc. Es importante priorizar y realizar las selecciones en las localidades de prueba más conveniente para selección, y no diluir esfuerzos en aquellas que no aportan significativamente al proceso selectivo (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011a).

En los programas de mejoramiento, tanto en la fase de selección como en la de recomendación de los genotipos, la interacción genotipo-ambiente es un gran problema para los mejoradores; por ello se realizan pruebas de estabilidad y adaptación, mediante las cuales se hace posible identificar genotipos de interés. La detección de esta interacción genotipo-ambiente en ensayos de campo ha llevado al desarrollo de procedimientos que son llamados genéricamente análisis de estabilidad (Abbott & Pistorale, 2011). Asimismo, Pérez (2014), considera que la utilización de técnicas multivariadas al estudio de las interrelaciones entre cultivares, ambientes, variables o sus interacciones es una herramienta valiosa para la identificación de material genético sobresaliente.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L), basadas en características agronómicas y de rendimiento en el departamento de Rio San Juan durante el período 2014-2016.

### **2.2. Objetivos específicos**

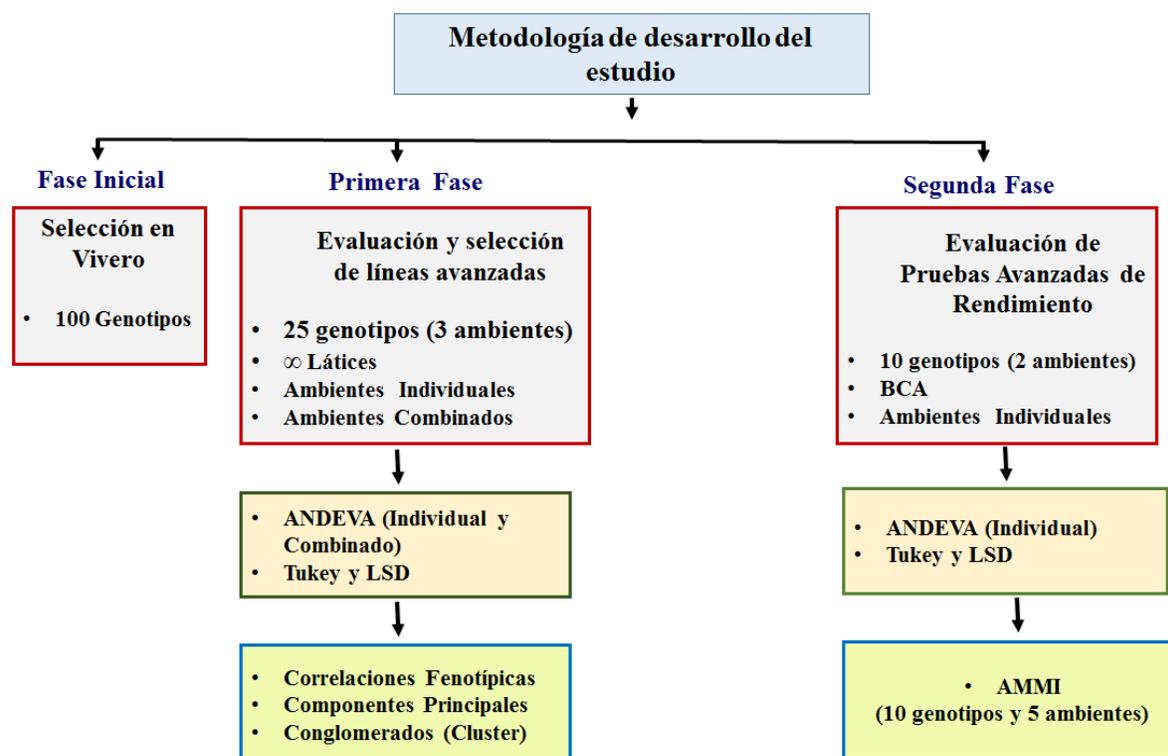
1. Valorar 25 genotipos de arroz seleccionados en ensayos de vivero, y determinar características agronómicas, incidencia de enfermedades y de rendimiento en localidades del departamento de Rio San Juan.
2. Seleccionar genotipos de arroz promisorios provenientes de pruebas avanzadas en ensayos establecidos en las condiciones de secano en las localidades del departamento de Rio San Juan.
3. Evaluar la interacción Genotipo x Ambiente (GxA) en el rendimiento de diez genotipos de arroz en cinco ambientes del departamento de Río San Juan.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se consideró el fitomejoramiento participativo con algunos productores del departamento de Río San Juan. De acuerdo a Trouche *et al.*, (2006) el fitomejoramiento participativo es una estrategia y un proceso de mejoramiento genético de los cultivos que generalmente busca desarrollar variedades apropiadas para los pequeños productores poco tecnificados en condiciones de producción marginales y/o con exigencias de calidad de grano específicas, donde el fitomejoramiento convencional no ha logrado proveer variedades mejoradas adecuadas.

#### 3.1. Descripción de los experimentos

El material genético inicial fue obtenido de la evaluación y selección en vivero realizado en el Centro de referencia nacional del cultivo de arroz TAINIC en el año 2013. Los experimentos fueron establecidos en cinco localidades del departamento de Río San Juan durante el período comprendido entre 2014 y 2016. Las actividades agronómicas realizadas fueron de manera convencional (Figura 1).



**Figura 1.** Metodología de desarrollo del trabajo en campo y análisis estadísticos

### 3.1.1. Primera Etapa: Evaluación y selección de líneas avanzadas

Los genotipos o tratamientos fueron 25 líneas de arroz proveniente de fases previas de selección sobre un vivero de 100 líneas mejoradas avanzadas (F6), provenientes de cruces convencionales (híbridos simples), cruces inter específicos proveídas por el CIAT, Colombia. Se evaluaron 23 líneas y dos testigos con alto potencial de rendimiento generados por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) en colaboración con la Misión Técnica de China Taiwán (INTA-Dorado e INTA San Juan). En el Cuadro 1 se muestran las 25 líneas de arroz (Tratamientos) que fueron establecidas en diseños de Bloques Incompletos (Alfa Látice) en el municipio de San Carlos (primera 2014), y los municipios de El Castillo y San Miguelito (primera 2015).

En esta etapa se realizó un análisis exploratorio a la información proveniente de los ensayos establecidos en Alfa Látice para detectar los mejores materiales. Asimismo, fueron consideradas características relevantes reconocidas por los productores, y se seleccionaron 10 líneas de arroz, incluyendo a los testigos INTA Dorado e INTA San Juan (8 líneas y dos testigos).

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos o genotipos de arroz seleccionados

Tratamientos	Código del genotipo	Tratamientos	Código del genotipo
T1	CT18667-5-17-3-4-3-M	T16	PCT-11\0\0\2,BO\2\1>60-3-1-1-M
T2	CT18614-4-1-2-3-1-M	T17	PCT-11\0\0\2,BO\2\1>46-M-4-4-2-3-M
T3	CT18620-6-5-5-2-3-M	T18	PCT-4\SA\1\1,BO\3\1>60-3-2-1-M
T4	FLO3724-3P-5-1P-3P-M	T19	PCT-11\0\0\2,BO\2\1>46-M-4-2-1-5-M
T5	PCT-11\0\0\2,BO\2\1>19-M-3-4	T20	INTA DORADO
T6	CT18233-15-6-6-4-1-3-M	T21	PCT-11\0\0\2,BO\2\1>92-M-2-1-4-5-M
T7	CT18245-11-6-2-3-4-3-M	T22	CT17334-13-7-2-1-1-4-3-1-M
T8	CT18238-23-1-1-2-5-1-M	T23	CT17130-M-1-2-1-1-2-2-4-M
T9	CT18238-23-1-2-3-3-1-M	T24	M-57-191
T10	CT18238-23-6-1-4-1-2-M	T25	INTA SAN JUAN
T11	PCT-11\0\0\2,BO\2\1>19-M-3-2		
T12	CT18245-18-2-4-1-2-2-M		
T13	CT18247-11-5-2-3-1-1-M		
T14	CT18247-11-5-2-3-12-2M		
T15	PCT-4\SA\1\1,BO\3\1>60-3-5-2-M		

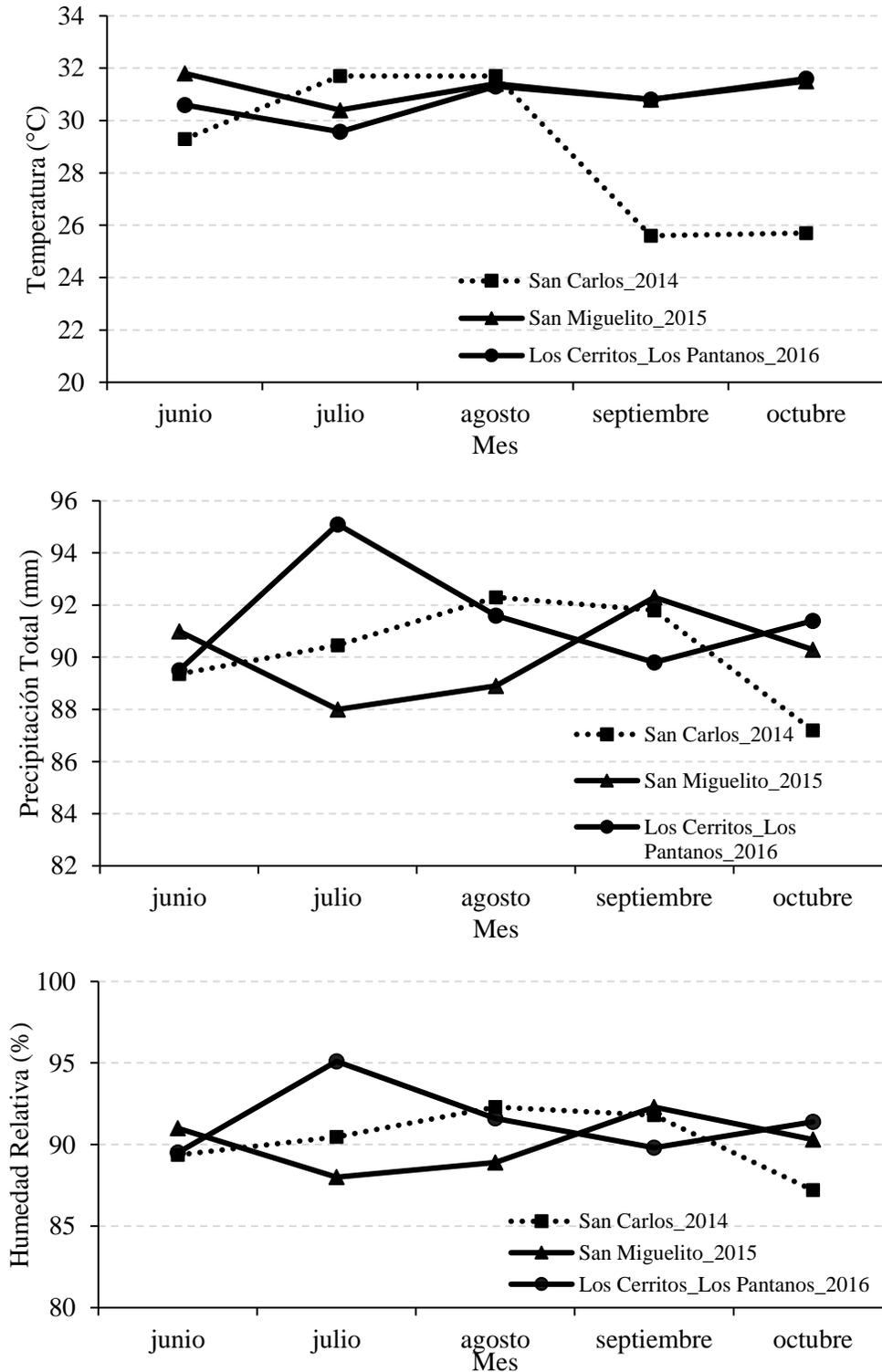
### **3.1.2. Segunda Etapa: Evaluación de líneas avanzadas**

Posterior a la primera evaluación se seleccionaron 10 líneas las que pasaron a evaluarse a través de Pruebas Avanzadas de Rendimiento (PAR) un criterio importante para su selección que tuvieran comportamiento superior a los testigos (INTA Dorado e INTA San Juan). En esta etapa se evaluaron ocho líneas de arroz provenientes del CIAT más los testigos INTA-Dorado e INTA San Juan. Dichos materiales fueron seleccionados a partir de las 25 líneas de arroz establecidas en los municipios de San Carlos, El Castillo y San Miguelito durante el período 2014-2015 en el departamento de Río San Juan.

Las 10 líneas de arroz (Tratamientos) fueron establecidas en diseños de Bloques Completos al Azar (BCA) en las localidades de Morritos (Los Cerritos) y San Miguelito (Los Pantanos) durante el ciclo de primera 2016.

### **3.2. Características agroclimáticas del departamento de río San Juan**

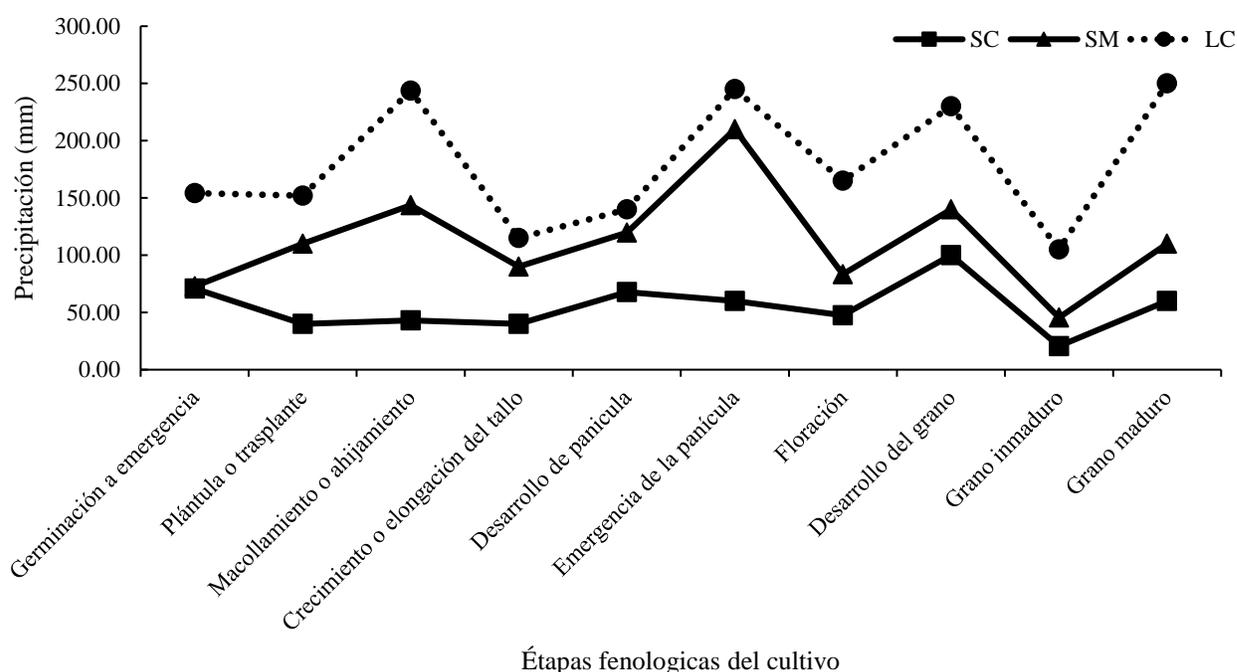
En la Figura 2, se presentan las condiciones agroclimáticas donde se establecieron los ensayos en la primera y segunda etapa de evaluación en el departamento de Río San Juan durante el período 2014-2016. El clima se caracteriza por las precipitaciones alta durante la estación lluviosa, con promedios mensuales de 250 mm en el mes de agosto: La temperatura se mantiene constante en el rango de los 25 °C a los 32 °C. La humedad relativa es un parámetro de mucha importancia a ser considerado manteniéndose por encima del 90% lo que conlleva a la presencia de enfermedades foliares en el cultivo (INETER, 2015).



**Figura 2.** Condiciones climáticas (Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa) del departamento de Rio San Juan 2014-2016 (INETER, 2016)

Al analizar el comportamiento de las precipitaciones en cada etapa del cultivo, se determinó que, durante todo el ciclo del cultivo, la localidad de Los Cerritos presento las mayores precipitaciones, seguido por San Miguelito y San Carlos. La cantidad de precipitaciones es óptima en todas las localidades bajo estudio para este rubro como en las diferentes etapas fenológicas, manteniendo precipitaciones mayores a los 50 mm hasta los 250 mm. Troché *et al.*, (2006) hace mención que bajo la metodología de Fito mejoramiento participativo la principal época de cultivo del arroz es durante la temporada de invierno, en donde es importante que la planta cuente con la cantidad de agua en cada una de sus etapas fenológicas (Figura 3).

La FAO (2003) hace mención que el déficit de humedad en el suelo, influye directamente en la disponibilidad de nutrientes y desarrollo de la planta, siendo la fase reproductiva en donde se debe suministrar el agua necesaria para el desarrollo de la floración, panícula y granos (Figura 3).



**Figura 3.** Comportamiento de las precipitaciones en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz del departamento de Rio San Juan 2014-2016 (INETER, 2016).SC= San Carlos, SM= San Miguelito, LC= Los Cerritos\_Los Pantanos

### **3.3. Modelación de la interacción genotipo x ambiente de 10 genotipos de arroz en cinco ambientes de Río San Juan, 2014-2016**

Esta modelación consistió en aplicar el Análisis de Efectos Aditivos e Interacción Multiplicativa (AMMI) en rendimiento de 10 genotipos de arroz evaluados en la Primera y Segunda Etapa en las cinco localidades del departamento de Río San Juan. De acuerdo a Lozano-del Rio *et al.*, (2009), el modelo AMMI ha mostrado ser efectivo en el análisis de ensayos multiambientales, ya que captura una gran proporción de la suma de cuadrados de la Interacción GXA, separando en forma precisa los efectos principales de aquellos correspondientes a la interacción. El modelo integra el Análisis de Varianza (ANDEVA) y el Análisis de Componentes Principales (ACP).

### **3.4. Diseños experimentales establecidos y Modelos Aditivos Lineales**

#### **3.4.1. Diseños experimentales**

El diseño utilizado en la fase de vivero fue establecido en condiciones controladas y se ensayaron 30 líneas. El caso de la segunda etapa de experimentación fue empleado un Diseño de Bloques Incompletos (Alfa Látice 5x5), con tres repeticiones y 25 líneas, incluyendo las variedades testigos INTA San Juan e INTA Dorado. Cada parcela experimental, se conformó de 6 surcos de 5 m de longitud, separados a 0.30 m para un área de 9 m<sup>2</sup>. El área de la parcela útil, la formaron 4 surcos centrales para un área de 6 m<sup>2</sup>. En la tercera fase se establecieron diseños en Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones.

#### **3.4.2. Modelos Aditivos Lineales**

Se utilizaron diferentes Modelos Aditivos Lineales (MAL) en las diferentes fases de los resultados. A continuación, se presentan los Análisis Estadísticos desarrollados.

### **Análisis univariante: Bloques Incompletos (Alfa Látice)**

En la segunda fase del estudio se establecieron experimentos en Bloques Incompletos (Alfa Látice) 5 x 5. Las líneas fueron 25 (Líneas o Tratamientos), evaluados los 25 líneas sobre tres repeticiones:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_{j(k)} + \tau_{j(k)} + E_{ijk}$$

*Donde:*

$Y_{ijk}$  = Efecto de la variable en el *i-ésimo* Genotipo, *k-ésimo* Bloque y en la *j-ésima* Repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\beta_{j(k)}$  = Efecto del *k-ésimo* Bloque alojado en la *j-ésima* Repetición.

$\tau_{j(k)}$  = Efecto del *i-ésimo* Genotipo.

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental relacionado al *i-ésimo* Genotipo, *k-ésimo* Bloque alojado en la *j-ésima* Repetición.

Tosquy Valle *et al.*, (2005), al realizar estudios en maíz hace mención que este tipo de modelo es empleado en experimento de selección de líneas en el cultivo de interés, y utilizados en campo en los procesos de mejora genética.

### **Análisis multivariante: Análisis de Agrupamiento (AA)**

El AA fue utilizado para relacionar 25 genotipos y 16 variables de manera simultánea. Se seleccionó el método de Ward y la distancia de Gower y eligió el mejor coeficiente cofenético. Esta es una técnica de agrupación efectiva para comparar grupos de genotipos con variables relacionadas (Judez, 1989), y su gráfico es reconocido como dendograma o cluster (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011a).

### **Análisis multivariante: Análisis de Agrupamiento (ACP)**

El ACP es una técnica multivariada, similar al AA, con la diferencia que la relación de los factores (ambientes y/o tratamientos) versus variables pueden graficarse en un plano cartesiano de al menos dos dimensiones (Pla, 1986) denominados componentes principales (CP). Generalmente son graficadas los CP-1 y CP-2 que aportan la mayor variación a la relación o dispersión en un biplot (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011b).

### **Análisis univariante: Bloques Completos al Azar (BCA)**

En la última fase fueron evaluadas los 10 Genotipos y se establecieron en Bloques Completos al Azar (BCA). A continuación el modelo estadístico utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \tau_i + E_{ijk}$$

*Donde:*

$Y_{ijk}$  = Efecto de la variable en el *i*-ésimo Genotipo en el *j*-ésimo Bloque.

$\beta_j$  = Efecto del *j*-ésimo Bloque.

$\tau_i$  = Efecto del *i*-ésimo Genotipo.

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental asociado a la *j*-ésimo Bloque y el *i*-ésimo Genotipo.

### **Análisis multivariante: Análisis de Efectos Aditivos e Interacción Multiplicativa (AMMI)**

Este es un Análisis de Varianza (ANDEVA) combinado con el objetivo de determinar la significación estadística de la interacción genotipo x ambiente (GxA). Dicho ANDEVA combinado fue utilizado en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz durante el período 2014-2015 en las localidades de San Carlos, El Castillo y San Miguelito del departamento de Río San Juan.

Fueron considerados los genotipos evaluados en la fase de selección de líneas avanzadas (10 Genotipos en Los Cerritos y Los Pantanos), y también evaluados en la segunda etapa en San Carlos, El Castillo y San Miguelito). Por otro lado, en una base de datos se agruparon los rendimientos de los cinco Ambientes (Los Cerritos, Los Pantanos, San Carlos, El Castillo y San Miguelito), así como los 10 Genotipos (CT18238-23-6-1-4-1-2-M, CT18233-15-6-6-4-1-3-M, CT18247-11-5-2-3-2-2-M, INTA Dorado, CT18245-11-6-2-3-4-3-M, INTA San Juan, PCT-11\0\0\2,BO\2-1>19-M-3-4, FLO3724-3P-5-1P-3P-M, PCT-4\SA\1\1,BO\3\1>60-3-5-2-M y M-57-191). Esto con el objetivo de analizar el comportamiento de los materiales genéticos en los diferentes ambientes, tanto sus efectos principales como para la interacción GxA.

Los efectos principales GxA fueron determinados por el Análisis de Varianza (ANDEVA) e interacción GxA siendo el MAL el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + (GA)_{ij} + B_{k(j)} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Rendimiento medio del *i-ésimo* genotipo en el *j-ésimo* Ambiente y *k-ésima* repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$G_i$  = Efecto del *i-ésimo* Genotipo.

$A_j$  = Efecto del *j-ésimo* Ambiente.

$(GA)_{ij}$  = Efecto de interacción del *i-ésimo* genotipo y el *j-ésimo* Ambiente.

$B_{k(j)}$  = Efecto de la *k-ésima* Repetición en el *j-ésimo* Ambiente.

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental relacionado al *i-ésimo* Genotipo, *j-ésimo* Ambiente y *k-ésima* Repetición.

Asimismo, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para los efectos no aditivos de la interacción (GxA) mediante la prueba de Gollob (1968); citado por Alejos *et al.*, (2006). Dicho análisis es llamado Efectos Aditivos e Interacción Multiplicativa (AMMI) y fue propuestos por Gauch y Zobel (1988); Balzarini *et al.*, (2005), y está conformado por parámetros aditivos y multiplicativos:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + A_j + \sum_{n=1}^N B_n \cdot t_{in} \cdot \delta_{jn} + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Rendimiento medio del *i-ésimo* genotipo en el *j-ésimo* Ambiente.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$G_i$  = Efecto de los Genotipos principales.

$A_j$  = Efecto de los Ambiente principales.

$N$  = Número de componentes principales en el modelo.

$B_n$  = Valor angular para cada componente principal.

$t_{in}$  = Valores de los vectores de los Genotipos para cada componente principal.

$\delta_{jn}$  = Valores de los vectores de los Ambientes para cada componente principal.

$E_{ij}$  = Residuo que incluye el error experimental.

### **3.5. Manejo agronómico del cultivo**

La preparación de suelo se realizó de forma tradicional como lo realizan los pequeños productores de la zona, limpieza de tacotales, chapia y preparación del área a cultivar. El tipo de siembra realizada fue al espeque. En ambos experimentos la distancia entre planta fue de 25 cm y surco fue de 0.30 m, depositando de 10-12 semillas por golpe a razón de 60 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **Fertilización**

La fertilización se realizó de la siguiente manera:

- Fertilización básica: 136 kg ha<sup>-1</sup> de 18-46-0 (3 qq/mz) al momento de la siembra.
- Complementación fertilización nitrogenada: 260 kg ha<sup>-1</sup> de urea 46% (181.8 kg/hectárea).
- Primer fraccionamiento: 129 kg ha<sup>-1</sup> a los 25 dde (días después de la emergencia).
- Segundo fraccionamiento: 129 kg ha<sup>-1</sup> a los 60 dde.

En todos los ensayos el día de la siembra, se aplicó al fondo del surco fertilizante de la fórmula 18-46-00 a razón de 130 kg ha<sup>-1</sup>. A los 15 y 35 dde, se aplicó Urea 46% a razón de 130 kg ha<sup>-1</sup> por fraccionamiento. A los 55 dde, se realizó un último fraccionamiento de Urea 46%, en dosis de 65 kg ha<sup>-1</sup> más 65 kg ha<sup>-1</sup> de MOP (00-00).

#### **Control de arvenses**

El control de arvenses (hoja ancha y gramíneas) se realizó desde antes de la siembra, haciendo uso de prácticas manuales y aplicaciones de herbicidas. Durante el ensayo se realizaron limpiezas del área de forma cultural con machete. Se realizaron dos aplicaciones de 24D (ácido 2,4 dicloro fenoxi acético) para controlar arvenses de hoja ancha 3 l ha<sup>-1</sup> para control de gramíneas y Bispiribac Sódico 400ml ha<sup>-1</sup>.

### **El control de plagas**

El control de plagas insectiles se realizó mediante recuentos periódicos, utilizando como base los umbrales de daño económico establecidos para la prevención y control de plagas como chinche de la espiga (*Oebalus insularis*). Fueron realizadas aplicaciones de Engeo a razón de 10cc/bomba de 20 lts.

### **3.6. Variables evaluadas**

El resultado de la evaluación de cada variable se realizó aplicando la escala de evaluación estándar para arroz (CIAT, 1983). El tamaño de muestra para caracteres cuantitativos de crecimiento, desarrollo y componentes de rendimiento fueron de 10 muestras elegidas de forma aleatoria en los surcos centrales de cada parcela.

#### **Floración (Fl)**

Se registró el número de días, desde la emergencia hasta cuando el 50% de las plantas estaban espigando.

#### **Maduración (Mat)**

Se registró el número de días, desde la emergencia hasta cuando el 50% de las plantas estaban en madurez fisiológica (20-22% humedad de grano).

#### **Incidencia por *Helminthosporium* (BS) y *Pyricularia oryzae* en la hoja (BI)**

Se realizó un muestreo en 20 plantas para determinar presencia o no de la enfermedad y posteriormente se calculó el porcentaje de incidencia.

**Cuadro 2.** Estructura de la escala CIAT para *Helminthosporium* (BS) y *Pyricularia oryzae* en la hoja (BI)

<b>Clasificación</b>	<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
0	Ninguna lesión visible	Sin lesión
1	Menos del 1%	Lesiones apicales
3	1-5 %	Lesiones apicales
5	6-25 %	Lesiones apicales y algunas marginales
7	26-50 %	Lesiones apicales y marginales
9	51-100 %	Lesiones apicales y marginales

### **Incidencia de manchado de grano (GID)**

En 10 panículas se contaron los granos (espiguillas) totales y granos manchados con al menos un 25% de afectación. Luego, se realizó el respectivo cálculo para obtener el porcentaje de grano manchado. Tiempo de evaluación y madurez fisiológica.

### **Rendimiento de granza en kg ha<sup>-1</sup> al 14% de humedad**

Se determinó el rendimiento potencial de arroz granza de cada línea de arroz, expresándolo en kg ha<sup>-1</sup> y considerando un 14% de humedad, el cálculo se realizó de la siguiente manera: 100 - H° Campo/86. Tiempo de evaluación y madurez fisiológica.

### **Calidad industrial**

En la determinación de la calidad industrial se tomó 200 gramos de arroz granza seco y limpio, con un porcentaje de humedad del 14%, posteriormente a través de un proceso de molinería se obtuvieron los respectivos índices de pilada y calidad industrial de grano. Tiempo de evaluación, 10 días después de la cosecha.

### **Habilidad de macollamiento (Ti)**

Efectuado mediante el recuento de tallos productivos por metro lineal, en estado lechoso del grano.

**Cuadro 3.** Estructura de la escala CIAT para macollamiento (Ti)

<b>Clasificación</b>	<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
1	Más de 25	Muy buenas
3	20-25	Buena
5	10-19 mediana	Mediana
7	5-9	Débil
9	Menos de 5	Escasa

### **Longitud de la panícula (PnL)**

La longitud de la panícula se determinó tomando 10 panículas (cm), de la base al ápice de la panícula. Tiempo de evaluación, madures fisiológica.

### **Granos por panícula (GPn)**

Se tomó el promedio de granos de 10 panículas. Tiempo de evaluación, madures fisiológica.

### **Peso de 1000 granos granza (GW)**

Realizado mediante el peso de 1000 granos granza en gramos calculados al 14% de humedad. Tiempo de evaluación y madures fisiológica.

### **Altura de la planta (Ht)**

Para determinar el promedio de la altura se cuantificaron 10 plantas en cm, midiendo desde la superficie del suelo hasta la punta de la panícula más alta. Tiempo de evaluación, y madures fisiológica.

**Cuadro 4.** Estructura de la escala CIAT para altura de planta (Ht)

<b>Clasificación</b>	<b>Categorías (Ht)</b>
1	Menos de 100 cm planta semienana.
5	101-130 cm planta intermedia.
9	Más de 130 cm planta alta.

### **Excursión de la panícula (Exs)**

Producto del promedio de la excursión de la altura de 10 plantas de manera cualitativa en la panícula más alta. Tiempo de evaluación y madures fisiológica.

**Cuadro 5.** Estructura de la escala CIAT para excursión de la panícula (Exs)

<b>Clasificación</b>	<b>Categorías (Exs)</b>
1	Todas las panículas con buena Exersión
3	Panículas con excursión moderada
5	Panículas con excursión casi definida
7	Panículas con excursión parcial
9	Panículas sin excursión

### **Senescencia (Sen)**

Mediante una estimación visual del porcentaje del follaje amarillo al momento del inicio de la madurez fisiológica (Mat). Tiempo de evaluación y madures fisiológica.

**Cuadro 6.** Estructura de la escala CIAT para Senescencia (Sen)

<b>Clasificación</b>	<b>Categorías (Sen)</b>
1	Tardía y lenta
5	Intermedia
9	Temprana y rápida

**Acame o volcamiento de planta (Lg)**

Efectuada por medio de una valoración visual del porcentaje de plantas acamadas. Tiempo de evaluación y madures fisiológica.

**Cuadro 7.** Estructura de la escala CIAT para acame de planta (Lg)

<b>Clasificación</b>	<b>Categorías (Lg)</b>	<b>Descripción</b>
1	Tallos fuertes	Sin volcamiento
3	Tallos moderadamente fuertes	1-15 % de acame
5	Tallos moderadamente débiles o intermedios	16-50 % de acame
7	Tallos débiles	51-99 %
9	Tallos muy débiles	100 %

**Aceptabilidad fenotípica (PAcp)**

La evaluación del material fue realizada de manera objetiva de acuerdo a los objetivos planteados, y refleja las condiciones del material para cada ambiente específico. Tiempo de evaluación y madures fisiológica.

**Cuadro 8.** Estructura de la escala CIAT para aceptabilidad fenotípica (PAcp)

<b>Clasificación</b>	<b>Categorías (PAcp)</b>
1	Excelente
3	Buena
5	Regular
7	Pobre o mala
9	Inaceptable

### **3.7. Análisis estadísticos**

Las bases de datos, fueron manejadas en hojas electrónicas (Excel). Se determinó significación estadística en variables cuantitativas univariadas (ANDEVA, Tukey y LSD) en modelos lineales mixtos (Diseños Alfa Látices) en la etapa de evaluación, y modelos de efectos fijos (BCA) con SAS (SAS Institute, 2002). Asimismo, el programa GEA-R (Pacheco *et al.*, 2015) del CIMMYT fue el principal software utilizado para realizar los análisis estadísticos univariantes y multivariantes en la modelación de la interacción GxA mediante el Análisis de Efectos Aditivos e Interacción Multiplicativa (AMMI). Los análisis multivariados como Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Agrupamiento (AA) se realizaron en InfoStat e InfoGen (Balzarini, 2008).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso de evaluación de los 25 genotipos de arroz (Primera Etapa) en el departamento de Río San Juan, se desarrolló la selección y fueron identificadas ocho líneas de arroz más los testigos INTA Dorado e INTA San Juan (Segunda Etapa). A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las características agronómicas, tolerancia a enfermedades y rendimiento de las líneas avanzadas y los testigos.

### 4.1. Primera Etapa: Evaluación de 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en las localidades de San Carlos, El Castillo y San Miguelito

La evaluación de 25 genotipos en el departamento de Río San Juan. El ANDEVA correspondientes al Diseño Alfa Ládice, el rendimiento fue afectado de manera significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) por los factores. La mayor variación en el modelo la aportaron las repeticiones y los genotipos (Cuadro 9). El factor Genotipo resultó altamente significativo ( $Pr > F = 0.0001$ ). De igual manera, los Bloques anidados en las repeticiones mostraron efecto significativo. Acevedo *et al.*, (2010) en estudios realizados en arroz de riego hacen mención que al existir efecto significativo de la interacción Genotipo-Ambiente esta debe ser considerada para recomendar a los productores.

**Cuadro 9.** Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2014. San Carlos, Río San Juan

Variables	REP	Bloque(RE P)	Genotipos	R <sup>2</sup>	CV (%)	ER (%)
Rendimiento	3982.71*	1910.54*	2307.50**	0.77	19.83	101.31
Macollamiento	3.93 <sup>NS</sup>	2.79*	2.86**	0.71	9.10	97.31
Altura del tallo	2.02 <sup>NS</sup>	9.79**	12.67**	0.97	1.61	101.36
Floración	1.62 <sup>NS</sup>	6.81**	10.33**	0.99	0.77	126.12
Madurez	0.92 <sup>NS</sup>	5.02**	7.69**	0.99	0.45	120.96

REP=Repetición, R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación, CV=Coeficiente de variación, ER=Eficiencia Relativa. <sup>NS</sup>No Significativo ( $\alpha > 0.05$ ), \*Significativo ( $\alpha \leq 0.05$ ), \*\*Altamente Significativo ( $\alpha \leq 0.01$ ).

El rendimiento obtenido en el ciclo de Primera-2015 en El Castillo, Río San Juan, resultó altamente significativo en los factores evaluados ( $\infty \leq 0.01$ ). En el Cuadro 10, se puede observar que hubo efecto significativo del factor Genotipos. El bloqueo dentro de las repeticiones resultó altamente significativo ( $\infty \leq 0.01$ ), lo que indica que el modelo estadístico aisló el efecto el bloqueo a lo interno de las repeticiones.

**Cuadro 10.** Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2015. El Castillo, Río San Juan

Variables	REP	Bloque(R EP)	Genotipos	R <sup>2</sup>	CV (%)	ER (%)
Rendimiento	5901.78**	2297.16**	2541.75**	0.79	23.06	109.77
Macollamiento	4.74 <sup>NS</sup>	3.46**	3.20*	0.69	10.57	105.69
Altura del tallo	0.23 <sup>NS</sup>	10.53**	13.64**	0.99	0.99	100.11
Floración	0.03 <sup>NS</sup>	6.67**	10.54**	0.99	0.52	117.30
Madurez	2.58 <sup>NS</sup>	5.21**	7.12**	0.91	1.82	96.74
Granos/Panícula	2.85 <sup>NS</sup>	26.73**	33.45**	0.97	4.13	97.60
Peso/Panícula	1.36 <sup>NS</sup>	6.53**	8.70**	0.96	5.73	99.62
Longitud/Panícula	0.31 <sup>NS</sup>	2.03**	3.87**	0.91	4.18	90.02
Peso 1000 Granos	12.13 <sup>NS</sup>	44.32**	58.98**	0.96	3.54	98.82

REP=Repetición, R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación, CV=Coeficiente de variación, ER=Eficiencia Relativa. <sup>NS</sup>No Significativo ( $\infty > 0.05$ ), \*Significativo ( $\infty \leq 0.05$ ), \*\*Altamente Significativo ( $\infty \leq 0.01$ ).

Al igual que los ensayos establecidos en San Carlos y El Castillo, en la localidad de San Miguelito, también los Genotipos presentaron efecto altamente significativo ( $Pr > F = 0.001$ ) en las variables de crecimiento, desarrollo y de rendimiento (Cuadro 11). Según Doyle (1986); citado por Cuadra (2016), los factores más importantes que afectan al rendimiento del cultivo del arroz son el potencial de la variedad y la reacción a la fertilización y el manejo de plagas, manejo del cultivo, riego y el ambiente.

**Cuadro 11.** Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2015. San Miguelito, Río San Juan

Variables	REP	Bloque(RE P)	Genotipos	R <sup>2</sup>	CV (%)	ER (%)
Rendimiento	3160.22 <sup>NS</sup>	2468.68**	2592.06**	0.74	23.61	115.23
Macollamiento	7.88 <sup>NS</sup>	4.26**	4.93**	0.80	13.40	134.78
Altura del tallo	6.70 <sup>NS</sup>	15.01*	9.77**	0.74	6.21	93.30
Floración	1.61 <sup>NS</sup>	7.92**	10.03**	0.97	1.85	100.01
Madurez	2.31 <sup>NS</sup>	11.31**	14.33**	0.97	2.03	100.05
Granos/Panícula	1.85 <sup>NS</sup>	23.90**	32.08**	0.99	3.12	98.30
Peso/Panícula	1.30 <sup>NS</sup>	6.31**	10.54**	0.96	5.73	98.72
Longitud/Panícul	0.33 <sup>NS</sup>	1.63**	3.29**	0.98	2.18	93.02
a						
Peso 1000 Granos	2.13 <sup>NS</sup>	30.58**	60.57**	0.99	2.54	98.92

REP=Repetición, R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación, CV=Coeficiente de variación, ER=Eficiencia. <sup>NS</sup>No Significativo ( $\infty > 0.05$ ), \*Significativo ( $\infty \leq 0.05$ ), \*\*Altamente Significativo ( $\infty \leq 0.01$ ).

#### 4.2. Rendimiento en las localidades de San Carlos, El Castillo y San Miguelito

El rendimiento es un carácter fuertemente influenciado por la interacción entre genotipos y ambientes. El rendimiento al ser cuantitativo, no queda exento de esta influencia (Cárdenas *et al.*, 2002). En el presente estudio, la línea T10 superó a los testigos INTA Dorado e INTA San Juan en más 262 kg ha<sup>-1</sup> y 824 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 12), diferenciándose de los tratamientos T24, T21 y T9. Dichos resultados coinciden con los reportados por Cuadra (2016) al realizar estudios de estas líneas de arroz en otras localidades de Nicaragua. En San Carlos los genotipos en estudio mostraron diferencias altamente significativas en cuanto al rendimiento, este osciló entre 9025 y 4262 kg ha<sup>-1</sup>. Ninguna de las líneas superó a los testigos. La línea T10 superó estadísticamente en rendimiento a T24, T21 y T9 (Cuadro 12).

En la localidad de El Castillo, las líneas T10 y T14, así como los testigos INTA Dorado e INTA San Juan no se diferenciaron estadísticamente (Tukey,  $\infty = 0.05$ ) con rangos de 8883 kg ha<sup>-1</sup> y 8082 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 12). Dichos genotipos superaron en más de 5000 kg ha<sup>-1</sup> a los materiales genéticos T9 y T1. El rendimiento promedio nacional de arroz en Nicaragua es de 2.5 t ha<sup>-1</sup> (INTA, 2014), se encontró que todos los genotipos superaron a esta media nacional.

En el ambiente de San Miguelito, se observó que el genotipo T1 presentó el mayor rendimiento promedio con 10,148 kg ha<sup>-1</sup>; no obstante, este mismo material fue muy inferior a todos los genotipos evaluados en el ambiente de El Castillo (Cuadro 12).

Existen tres características principales que se consideran importantes para obtener altos rendimientos, estas son: tallos rígidos, hojas erectas y elevada capacidad de producción de hijos (De Datta 1986; citado por Cuadra 2016). Entre más alta sea la planta menor es el rendimiento en grano, debido a la relación grano/paja. Las variedades de porte bajo responden positivamente en rendimiento de grano y a la fertilización nitrogenada (Ruíz, 1983; citado por Arce, 2006). Según Martínez (1985); citado por Oviedo (2008), el rendimiento de cualquier cultivo es el objetivo final. En la evaluación de las líneas deben rendir por encima o en su defecto, igual a la variedad testigo.

**Cuadro 12.** Categorización estadística del rendimiento evaluada en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2014. San Carlos, Río San Juan

Tratamiento	San Carlos	DSH	El Castillo	DSH	San Miguelito	DSH
T10	9025	a	8883	a	8967	ab
INTADor	8763	ab	8853	a	5955	ab
T14	8391	abc	8514	ab	7521	ab
INTASJ	8201	abc	8032	abc	6043	ab
T6	7913	abc	6813	abc	7720	ab
T8	7839	abc	7791	abc	7432	ab
T7	7703	abc	7663	abc	7214	ab
T2	7635	abc	5838	abc	7229	ab
T4	7600	abc	8028	abc	6185	ab
T5	7535	abc	7419	abc	6693	ab
T13	6989	abc	7054	abc	7917	ab
T22	6102	abc	7053	abc	7369	ab
T17	5791	abc	5846	abc	4463	b
T23	5699	abc	5593	abc	7619	ab
T1	5652	abc	3648	C	10148	a
T18	5636	abc	5842	abc	4687	b
T12	5633	abc	5594	abc	4423	b
T3	5607	abc	4502	abc	7683	ab
T16	5452	abc	5477	abc	4816	b
T19	5363	abc	5419	abc	4104	b
T11	5218	abc	5108	abc	8240	ab
T15	5197	abc	5294	abc	4849	b
T24	4846	bc	4863	abc	6396	ab
T21	4502	c	4502	abc	5888	ab
T9	4262	c	4137	bc	6124	ab
Pr>F	0.0008		0.0012		0.0030	
Media	6502.080		6310.560		6627.413	

Promedios con letras en común, no difieren estadísticamente. DSH = Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### **4.3. Variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en la localidad de San Carlos**

En el Cuadro 13, se aprecian las variables de crecimiento y desarrollo (Ht, Ti, Fi y Mat) obtenidas en la localidad de San Carlos, las cuales resultaron significativas. En cuanto a la altura de planta (Ht), todos los genotipos presentaron altura Intermedia (101-130 cm según Escala del CIAT), únicamente los genotipos T12 y T8 están descritas como plantas Altas (> 130 cm según Escala del CIAT, 1985). Según Ruíz 1983; citado por Arce, 2006, entre más alta sea la planta menor es el rendimiento en grano, debido a la relación grano/paja. Las variedades de porte bajo respondieron positivamente en rendimiento de grano y a la fertilización nitrogenada. Según el CIAT (1985) la altura de la planta de arroz es fuertemente influenciada por condiciones ambientales.

La floración (Fi) presentó un rango de 79 a 94 días con una desviación estándar de 0.68 y promedio de 89 días. El ANDEVA para esta variable encontró diferencias altamente significativas, en los tratamientos evaluados en San Carlos. Los testigos INTA Dorado e INTA San Juan, en su mayoría las plantas florecieron entre los 93 y 94 días (Cuadro 13). En cuanto a la maduración (Mat), los genotipos se diferenciaron estadísticamente, con medias de 111.9 y desviación estándar de 0.85 días. Las líneas evaluados son catalogados de ciclo Intermedio (110-119 días). Cuadra (2016), reporta promedios de 101.1 días con variación de 1.1 %.

En el Cuadro 13, se puede observar que sólo las líneas T10 y T14 mostraron promedios de 25.33 y 24.33 macollas. Los testigos INTA Dorado e INTA San Juan tuvieron valores muy similares (Tukey,  $\infty > 0.05$ ). Molina y Rodríguez (2012) hacen mención que el macollamiento en la planta es estimulada por la disponibilidad de agua y el nivel de fertilización que se emplea en el cultivo.

El macollamiento (Ti), es uno de los componentes de rendimiento y su máxima expresión estará en dependencia de los nutrientes agua y espacio (Jennings, 1985; citado por Palacios, 2008). Esta es la etapa más larga del ciclo del cultivo y dura entre 45 y 55 días en las variedades precoces y tardías respectivamente (Bird y Soto, 1991; citado por Palacios, 2008). El macollamiento es deseable para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas, además el número de hijos formados determina el número de panículas, es el factor más importante para obtener altos rendimientos de granos (Narváez, 1998; citado por Palacios, 2008).

**Cuadro 13.** Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2014. San Carlos, Río San Juan

Tratamiento	Ht	DSH	Ti	DSH	Fi	DSH	Mat	DSH
T12	149.7	a	20.0	ab	94.0	a	115.0	a
T8	135.0	b	21.7	ab	94.0	a	115.0	a
T4	129.3	bc	21.7	ab	94.0	a	115.0	a
T13	129.3	bc	19.0	b	93.7	a	115.0	a
T7	129.0	bc	20.7	ab	93.0	a	115.0	a
T9	128.3	c	19.3	ab	93.3	a	115.0	a
T14	128.3	c	24.3	ab	92.7	a	115.0	a
T21	126.7	defgh	19.0	b	79.7	b	105.0	b
T10	126.3	cd	25.3	a	93.7	a	115.0	a
T24	126.0	cde	21.0	ab	93.7	a	115.0	a
T5	123.7	cdef	22.7	ab	79.7	b	104.7	b
T11	121.7	defg	19.0	b	80.0	b	105.0	b
T23	121.3	defgh	22.0	ab	92.7	a	115.0	a
T15	120.3	defgh	20.0	ab	79.3	b	105.0	b
T18	119.7	efghi	20.7	ab	78.7	b	105.0	b
T1	118.3	fghi	18.7	b	93.7	a	116.0	a
T16	116.7	ghij	20.0	ab	80.0	b	105.0	b
T2	116.3	ghi	21.3	ab	92.0	a	116.0	a
T19	116.3	ghij	19.3	ab	80.0	b	105.0	b
T6	116.0	ghij	22.7	ab	93.0	a	115.0	a
T17	116.0	ghij	19.7	ab	79.7	b	105.0	b
INTASJ	115.7	ghij	23.7	ab	94.0	a	115.0	a
T3	115.0	hij	19.3	ab	93.3	a	116.0	a
T22	113.7	ij	22.0	ab	93.3	a	115.0	a
INTADor	112.0	j	23.7	ab	93.3	a	115.0	a
Pr>F	0.0001		0.0147		0.0001		0.0001	
Media	122.590		21.070		88.970		111.910	

Promedios con letras en común, no difieren estadísticamente. **DSH** = Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

**Ht**=Altura del tallo (cm), **Ti**=Macollas productivas por panículas/m lineal,

**Fi**=Floración (59 % a partir de la emergencia de plántulas), **Mat**=Madurez fisiológica.

#### **4.4. Variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en la localidad en El Castillo**

Al evaluar la altura del tallo (Ht) se pudo apreciar que la mayoría de las líneas superaron a los testigos INTA Dorado (111.67 cm) e INTA San Juan (113.67 cm) tuvieron valores muy similares, y estadísticamente fueron superados en altura por todos los genotipos evaluados en la localidad de El Castillo (Cuadro 14). El arroz posee una altura variable, ya que existen variedades de porte bajo, intermedio y alto, la altura de las variedades comerciales oscila entre 1 a 1.5 m (Zavala y Ojeda, 1988; citado por Palacios, 2008), así como los portes bajo y la dureza del tallo son cualidades esenciales en variedades de alto rendimiento, ya que minimizan el volcamiento y poseen una mayor relación grano/panoja (Fernández *et al.* 1985; citado por Palacios, 2008).

La longitud de la panícula (PnL) resultó altamente significativa. Los genotipos presentaron un rango promedio de 31.33 y 21 cm, con una media de 25.45 cm y CV igual a 4.19 % (Cuadro 14). El ANDEVA realizado demostró que hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, el tratamiento 10 presentó mayor longitud de panícula con 31.33 cm; sin embargo, el genotipo T11 fue quien obtuvo el menor promedio con 21.0 cm (Cuadro 14).

El número de granos por panícula (GPn), es el segundo componente del rendimiento de importancia, este número disminuye si las ramas secundarias no se forman (Jennings *et al.*, (1981); citado por Palacios (2008). En el ambiente El Castillo, resultó altamente significativa con un rango 183 granos/panícula (T9) e INTA Dorado (110 granos/panícula), y un promedio de 136.51 granos/panícula y CV=4.13 %. Por otro lado, el testigo INTA San Juan se comportó muy similar a los genotipos T10, T1 y T9, los cuales obtuvieron los mayores promedios de granos/panícula (Cuadro 14).

El CIAT (1981), citado por Palacios (2008); consideraron que los productores prefieren variedades que presentan panículas largas, esto permite una mayor cantidad de granos, además de presentar una buena exersión y así tener mayor porcentaje de fertilidad de espiguillas. Po otro lado, Soto 1991, citado por Oviedo (2008), afirma que la longitud de la panícula varía entre 10 y 40 cm, respectivamente. El análisis estadístico respecto a peso de mil granos resultó altamente significativo.

Los mayores valores lo obtuvieron los genotipos T19, T15 y T17, con 38.0 g, 37.6 g, 37.5 g y 36.0 g, respectivamente. Los testigos estudiados, mostraron valores cercanos al promedio general (31.7 g), con promedios de 33.2 g (INTA Dorado) y 31.7 g (INTA San Juan). El peso de mil granos (GW), según Pérez *et al*; 1985; citado por Palacios (2008), es el componente más determinante en el rendimiento del grano.

**Cuadro 14.** Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2015. El Castillo, Río San Juan

Tratamiento	Ht	DSH	Mat	DSH	GPn	DSH	PnW	DSH	PnL	DSH	GW	DSH
INTADor	111.7	i	115.0	ab	110.0	j	27.0	efgh	26.7	bc	33.20	bcde
INTASJ	113.7	hi	115.0	ab	160.7	bc	36.3	ab	26.0	bcd	31.70	cdef
T22	114.3	hi	115.0	ab	112.0	j	25.0	ghij	23.0	de	30.00	efg
T3	114.3	hi	116.7	a	110.0	j	20.7	ij	24.0	cde	30.00	efg
T16	115.0	hi	105.0	d	112.0	ij	20.0	j	24.0	cde	26.00	hi
T19	115.0	hi	105.0	d	146.0	cdef	35.0	abc	23.0	de	38.00	a
T6	115.3	hi	115.0	ab	110.0	j	23.0	hij	24.0	cde	25.00	i
T17	115.3	hi	105.0	d	140.0	def	37.3	a	23.0	de	37.50	a
T2	116.0	gh	115.0	ab	121.0	ghij	22.0	hij	26.0	bcd	31.00	defg
T1	117.3	fgh	113.3	abc	168.0	ab	31.3	bcde	30.7	a	31.73	cdef
T23	119.7	fg	115.0	ab	116.0	hij	35.0	abc	27.0	bc	35.00	abc
T15	120.0	f	106.0	d	131.0	fgh	35.0	abc	26.0	bcd	37.60	a
T21	120.0	f	105.0	d	137.0	defg	32.0	bcde	24.0	cde	31.40	cdefg
T18	120.3	f	105.0	d	120.0	ghij	24.0	ghij	25.3	bcd	35.80	ab
T11	120.7	f	108.3	cd	136.3	efg	22.0	hij	21.0	e	25.00	i
T24	120.7	f	115.0	ab	146.0	cdef	29.0	defg	27.0	bc	31.00	defg
T10	125.7	e	119.3	a	166.7	bc	30.7	cdef	31.3	a	33.47	bcde
T5	126.3	de	110.0	bcd	155.0	bcd	35.3	abc	26.7	bc	36.00	ab
T9	127.7	cde	115.0	ab	183.0	a	35.0	abc	26.0	bcd	33.50	bcde
T7	128.7	cde	115.0	ab	151.0	bcde	25.7	fghi	27.0	bc	33.70	bcd
T14	130.0	cd	115.0	ab	160.0	bc	27.0	efgh	28.0	ab	30.80	defg
T4	130.0	cd	115.0	ab	160.0	bc	33.7	abcd	25.0	bcd	32.80	bcde
T13	130.7	c	115.0	ab	116.0	hij	22.3	hij	24.0	cde	26.00	hi
T8	137.3	b	115.0	ab	115.0	hij	26.0	fgh	24.7	bcd	28.00	ghi
T12	150.7	a	115.0	ab	130.0	fghi	24.0	ghij	23.0	de	28.90	fgh
Pr>F	0.044		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001	
Media	122.25		112.35		136.51		28.57		25.45		31.724	

Promedios con letras en común, no difieren estadísticamente. **DSH** = Tukey ( $\alpha=0.05$ ). **Ht**=Altura del tallo (cm), **Ti**=Macollas productivas por panículas/m lineal, **Fl**=Floración (50 % a partir de la emergencia de plántulas), **Mat**=Madurez fisiológica, **GPn**=Granos por panícula, **PnW**=Peso por panícula (g), **PnL**=Longitud de panículas (cm), **GW**=Peso de 1000 granos (g).

#### **4.4.1. Variables agronómicas cualitativas evaluadas en El Castillo**

Las variables evaluadas en el ambiente de El Castillo a través de escalas de comparación visual y descriptiva, se presentan en el Cuadro 15.

##### **Acame (Lg)**

Los tratamientos T4, T5 y T1 presentaron los más altos valores, por lo que se consideran líneas con Tallos moderadamente débiles o intermedios (Escala 5-7). El 60% de los genotipos evaluados, mostraron tallos fuertes, incluyendo al testigo INTA San Juan; por el contrario, el testigo INTA Dorado tuvieron tallos moderadamente fuertes (Cuadro 15). El acame está relacionado al volcamiento de los tallos. Es el desplazamiento inelástico de las plantas desde su posición vertical, tomándose como características positivas la habilidad de los tallos a permanecer erectos en el campo (Lira, 2004).

##### **Exersión de Panícula (Exs)**

Esta variable no presentó diferencias estadísticas; no obstante, el 60% de los genotipos exhibieron panículas con buena exersión. Con valor de escala de 1. El resto de tratamientos se encuentran entre la escala 3-4 panículas con exersión moderada y casi definida. La exersión de la panícula, es considerada como una habilidad de las panículas de emerger completamente de la hoja bandera. La no-emergencia se considera como una característica genética negativa. Así mismo, los factores ambientales y las enfermedades contribuyen a este defecto. Las características deseables para la selección de las líneas deben ser de buena a moderada (Linarte, 2001).

## **Aceptabilidad Fenotípica (PAcp)**

Los genotipos evaluados en su mayoría obtuvieron escala de excelente (T5 y T10), y los testigos INTA Dorado e INTA San Juan; el resto de materiales se seleccionaron como buenos a regulares (Cuadro 15). Así mismo los materiales con la peor aceptación fueron los tratamientos T15, T17 y T21.

### **4.4.2. Enfermedades evaluadas en El Castillo**

#### ***Pyricularia* (BI)**

Las enfermedades como *Pyricularia* (BI) en hoja y *helminthosporium*, su presencia en el ensayo fue mínima; sin embargo, el manchado de grano si afecto a la mayoría de los tratamientos (Cuadro 15). En relación a la variable incidencia de enfermedades, fueron materiales tolerantes a enfermedades fungosas, ya que de los 25 tratamientos tres de ellos presentaron la enfermedad en menor proporción.

Esta enfermedad es causada por el hongo (*Pyricularia oryzae*) será por mucho tiempo el problema más complejo del cultivo de arroz especialmente en las áreas tropicales (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2014). La infección de *Pyricularia oryzae* puede afectar a la panícula cuando se encuentra todavía en el interior de la vaina, es decir en la fase de “espiguillas” en zurrón o “ventrellat” después de la emergencia de la panícula la infección se manifiesta con necrosis sobre el raquis, maquilles y nudos. Muchas flores abortan (Tinarelli, 1989). Por otro lado, Cárdenas *et al.*, (2002), no encontró resistencia en materiales cubanos, ya que todos ellos desarrollaron mejores niveles de tolerancia a la enfermedad en la hoja en comparación con el testigo; además encontró interacción genotipo-ambiente para la severidad de la enfermedad.

En la variable de incidencia de *Helminthosporium* (BS), los genotipos T15 y T23 mostraron un nivel de afectación mínimo del 1-5%; según la escala de medición de CIAT. El restante 92 % de los materiales menos del 1 % en lesiones apicales (Cuadro 15). El 12 % de los materiales genéticos fueron afectados por *Pyricularia oryzae* (BI), entre ellos los genotipos T11 (PCT-11\0\0\2,BO\2\1>19-M-3-2), T14 (CT18247-11-5-2-3-2-2-M) y T21 (PCT-11\0\0\2,BO\2\1>92-M-2-1-4-5-M) con 1-5 % de lesiones apicales (Escala 3).

### ***Helminthosporium* (BS)**

En cuanto, a la enfermedad de *Helminthosporium*, el 92 % de los materiales presentaron lesiones apicales menores del 1 % (Clasificación 1), sólo los T15 y T23 mostraron categorías entre 1 % y 5 % (Cuadro 15). Este hongo infecta en cualquier etapa del cultivo, sin embargo, la incidencia más crítica a la planta ocurre en la etapa final del cultivo, disminuyendo su rendimiento y calidad molinera (Rodríguez y Nass, 1991; citado por Oviedo, 2008).

Los síntomas de la enfermedad están presentes, tanto en hojas jóvenes como adultas y en granos. En las hojas aparecen primeramente unas manchas pardas circulares u ovaladas, que se van extendiendo y toman un color café oscuro hasta marchitarse. En los granos al momento de su formación son atacados, presentando manchas redondas que se hacen ovales, pudiendo alargarse y tomar un color café oscuro. Los granos casi se cubren totalmente por una capa negra, aterciopelada de micelio (Górrez, 1994; citado por Landaverde, 2003).

Castaño (1985); citado por Oviedo (2008), manifiesta que la enfermedad expresa su severidad en aquellas plantas que crecen en suelos deficientes en silicio, potasio, magnesio, hierro y zinc; de otra manera, la óptima preparación del suelo, la fertilización balanceada, son medidas eficientes para reducir la incidencia de la enfermedad, lo cual pudo haber influido para que la Helminthosporiosis se presentará en la menor escala.

## **Manchado de grano (GID)**

Los testigos INTA San Juan e INTA Dorado; presentaron la menor incidencia con 1 y 5 %. El resto de las líneas se clasifican entre la Escala 2 y 8, lo que indica afectaciones mayores 5-25 %. Los genotipos T19, T13, T16 ,17 y T18, fueron los más afectados (Cuadro 15). El manchado del grano es el efecto de un complejo de agentes causales entre los que se encuentran: hongos (*Bipolaris oryzae*, *Phyllosticta* sp; *Gerlachia Oryzae*, *Alternaria padwickii*, *Curvularia* sp; *Pyricularia grises*. *Cercospora Oryzae* y *Sarocladium*) y las bacterias (*Pseudomonas* sp, *Xanthomonus oryzae* y *Erwinia* sp) y ácaros.

Este complejo afecta el grano en la disminución del peso (hasta 40 %), la germinación (entre 26 y 41 %) y el llenado de los granos (30 %). El manchado puede aparecer en las glumas o internamente en el grano o en ambos. Es una enfermedad de mucha importancia en los cultivos de arroz de secano. Las manchas en las glumas varían desde pequeños puntos oscuros a extensas áreas que pueden alcanzar el 100 % de su superficie. La enfermedad está asociada a temperaturas altas, precipitaciones continuas y humedad relativa elevada en el momento de la floración y durante la maduración del grano, suelos de baja fertilidad. Afecta los componentes del rendimiento, y se pueden observar granos quebradizos y coloraciones anormales en el grano entero (Palacios, 2008).

Según Castaño (1990); citado por Palacios (2008), el manchado del grano de arroz es más común en arroz de secano que en arroz de riego, ya que el ambiente húmedo durante la floración es esencial para el desarrollo del grano y esto favorece el ataque del complejo del manchado del grano. No se conocen cultivares que sean inmunes o altamente resistentes; el comportamiento es variable, algunas son tolerantes, y en el caso de los genotipos semienanos son más susceptibles que los cultivares tradicionales de alto porte (CIAT, 1983). También, Pichardo *et al.*, (2006), reporta manchado del grano causado por *H. oryzae* en otros genotipos en los cuales estuvo presente la incidencia con un promedio de 92%.

**Cuadro 15.** Calificación de variables cualitativas de 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2015. El Castillo, Río San Juan

Tratamiento	Lg	Exs	PAcp	St	BS	BI	GID	R E/Q
T1	4.3	1	3	1	1	1	2.3	81/19
T2	3	1	3.7	5	1	1	4.3	83/18
T3	5	1	3	3	1	1	3	85/15
T4	6.3	1	2.3	3	1	1	1	80/20
T5	6.3	1	1.7	1	1	1	1	80/20
T6	1	4.3	4.3	5	1	1	3	90/10
T7	3	2.3	3.7	5	1	1	6.3	85/15
T8	3	1	3	3	1	1	3.7	89/11
T9	1	1	3	1	1	1	3.7	85/15
T10	1	1	1.7	3	1	1	3	85/15
T11	1	1	3	5	1	3	1	80/20
T12	1	1	3	5	1	1	4.3	82/18
T13	1	1.7	4.3	5	1	1	7	85/15
T14	3	3	4.3	3	1	2.3	6.3	80/20
T15	1	3	5.7	1	2.3	1	5.7	80/20
T16	1	3	4.3	5	1	1	7	82/18
T17	1	3.7	5.7	3	1	1	6.3	80/20
T18	1	3	5	3	1	1	7	81/19
T19	1	3.7	4.3	3	1	1	8.3	82/18
INTADor	3	1	1.7	3	1	1	1	80/20
T21	3	1	5.7	3	1	1.7	3	80/20
T22	1	2.3	3.7	3	1	1	2.3	90/10
T23	1	1.7	3.7	5	2.3	1	1	95/15
T24	1	3	3.7	3	1	1	1	90/10
INTASJ	1	1	1	3	1	1	1	86/14

**Lg**=Plantas acamadas, **Exs**=Excursión de la panícula, **PAcp**=Aceptabilidad Fenotípica, **St**=Fertilidad de la panícula (%), **BS**=Afectación por *Helminstoporium*, **BI**=*Piricularia*, **GID**=Grano manchado (%). **R E/Q**=Relación granos enteros/granos quebrados.

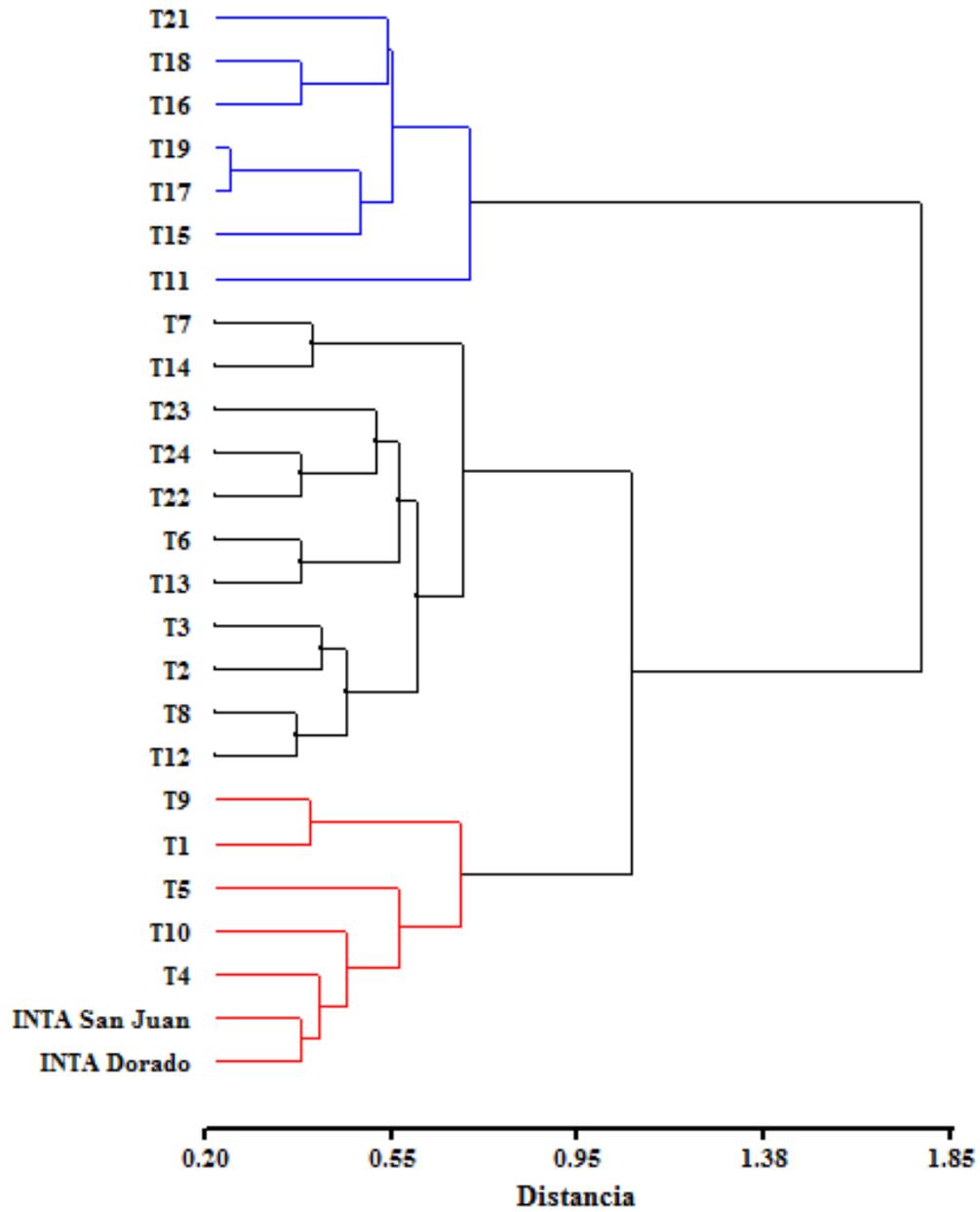
### Análisis de Agrupamiento (AA)

El análisis de conglomerado mediante el método de Ward es una técnica multivariada, que busca agrupar elementos (o variables) y que trata de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos (Judez, 1989). De igual manera, los métodos de análisis por conglomerado, visualizados mediante los dendrogramas (Pla, 1986), pueden ser de utilidad para agrupar los ambientes y optimizar el potencial genético de los cultivares de arroz (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011a y 2011b).

En la Figura 4, se aprecia el dendrograma según metodología de Ward asociando todos las líneas y 16 variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento. El AA con una Correlación cofenética  $CC=0.85$  y a una Distancia de Gower de 0.95, aglutinó en el Cluster-III a los genotipos T9, T1, T5, T10, T4, y los testigos INTA San Juan e INTA Dorado.

Dichos genotipos presentaron los más altos valores de en peso de panícula (PnW), granos por panícula (GPn), longitud de panícula (PnL), plantas camadas (Lg), rendimiento (Yld), altura de planta (Ht), floración (Fi) y maduración (Mat) y con los mejores valores en aceptabilidad fenotípica (PAcp). Asimismo, los genotipos T21, T18, T16, T19, T17, T15 y T11 conformaron el Cluster-I, con los mayores valores en excersión de la panoja (Exs), fertilidad en la panícula, así como más granos manchados (St). Algunos de estos genotipos también estuvieron relacionados con la mayor afectación de *Helminstosporium* (BS) y *Pyricularia* (BI). El Cluster-II, aglutinó al 44 % de los genotipos estudiados (T7, T14, T23, T24, T22, T6, T13, T3, T2, T8 y T12) que presentaron los menores valores y/o intermedios en las variables mencionadas anteriormente.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado indicó también que las variables aceptabilidad fenotípica (PAcp), excersión de la panícula (Exs), maduración (Mat), Floración (Fi), macollamiento (Ti), manchado del grano (GID y el rendimiento, fueron las que más aportaron a la variación total con un 83 % en el primer componente principal. En general, dichos resultados coincidieron con el AA.



**Figura 4.** Relación de 25 genotipos considerando 16 variables evaluadas en El Castillo, departamento de Río San Juan. Método Ward y distancia de Gower

#### **4.4.3. Variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en San Miguelito**

El Cuadro 16, refleja la significación estadística de las variables evaluadas en la localidad de San Miguelito. Los genotipos expusieron alturas de planta entre 100.67 cm y 128.33 cm, con una media de 114.56 cm y desviación de 7.12 cm. El genotipo T3 tuvo el mismo comportamiento en las tres localidades evaluadas (Cuadro 16 y Cuadro 17). Los testigos INTA Dorado (108 cm) e INTA San Juan (100.67 cm), expusieron los menores valores en los ambientes de San Carlos, El Castillo y San Miguelito. Los rangos de altura de planta reportados, son los propuestos por el CIAT (1983).

La altura de planta (Ht) es una característica varietal que influye directamente en la capacidad de rendimiento y es un factor de mucha importancia al momento de tomar criterios en el proceso de selección. La escogencia de determinada altura de planta adquiere importancia desde el punto de vista agronómico por la relación existente entre altura de planta y la resistencia al acame. Así mismo, la cosecha mecánica y manual es otro factor de importancia al considerar la altura en el proceso de selección, considera los mejores genotipos con porte bajo y alto con alturas entre 1 y 1.5 m (CIAT, 1983).

Las condiciones climáticas pueden ser la causa que se formen un mayor número de espiguillas o granos (GPn), sobre todo la radiación solar que favorece la actividad fotosintética, produciendo así un incremento en los carbohidratos (De Datta, 1986). Asimismo, la fertilidad de las espiguillas es un prerrequisito para obtener altos rendimientos; y agrega que con un buen manejo del cultivo y desarrollo apropiado se obtienen altos rendimientos para una esterilidad normal de las espiguillas del 10 al 15% (Jenings, 1981). Los valores del Cuadro 16, contrastan con los valores encontrados por Cuadra (2016).

**Cuadro 16.** Categorización estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ) de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2015. San Miguelito, Río San Juan

Tratamiento	Ht	Ti	Fl	Mat	GPn	PnW	PnL	GW								
T16	128.3	a	13.7	c	78.0	b	100.0	b	108.0	o	20.0	n	24.0	f	26.00	j
T14	124.3	a	17.0	bc	92.0	a	120.0	a	160.0	c	27.0	h	28.0	b	31.20	h
T13	123.7	a	19.3	abc	92.0	a	120.0	a	116.0	o	21.0	m	24.0	f	26.00	j
T1	123.0	ab	22.0	ab	92.0	a	120.0	a	160.0	b	30.0	f	30.0	a	32.00	h
T21	121.3	ab	16.7	bc	78.0	b	100.0	b	137.0	h	38.0	b	24.0	f	31.40	h
T12	120.7	ab	17.0	bc	92.0	a	120.0	a	130.0	k	24.0	k	23.0	g	28.90	i
T7	120.3	ab	20.0	abc	92.0	a	120.0	a	151.0	d	25.0	j	27.0	c	33.70	g
T17	120.3	ab	17.3	bc	78.0	b	100.0	b	140.0	g	40.0	a	23.0	g	37.50	c
T11	120.0	ab	19.3	abc	78.0	b	100.0	b	132.0	h	20.0	n	21.0	h	25.00	j
T15	115.3	ab	15.7	bc	78.0	b	100.0	b	131.0	j	35.0	e	26.0	d	37.60	b
T3	114.3	ab	19.7	abc	92.0	a	120.0	a	110.0	o	20.0	n	24.0	f	30.00	d
T5	113.3	ab	21.3	abc	78.0	b	100.0	b	150.0	e	36.0	d	25.0	e	36.00	d
T2	112.7	ab	18.0	abc	92.0	a	120.0	a	121.0	m	20.0	n	25.0	e	31.00	2
T4	112.0	ab	22.3	ab	92.0	a	120.0	a	160.0	c	36.0	d	25.0	e	32.80	h
T23	111.0	ab	19.3	abc	92.0	a	120.0	a	116.0	o	35.0	e	27.0	c	35.00	f
T19	110.7	ab	16.0	bc	78.0	b	100.0	b	146.0	f	35.0	e	23.0	g	38.00	a
T9	110.3	ab	18.0	abc	92.0	a	120.0	a	183.0	a	35.0	e	26.0	d	33.50	g
T10	110.3	ab	26.0	a	92.0	a	120.0	a	125.0	l	26.0	i	28.0	b	29.50	i
T6	109.7	ab	19.3	abc	92.0	a	120.0	a	110.0	o	22.0	l	24.0	e	25.00	j
T8	109.7	ab	22.0	ab	92.0	a	120.0	a	115.0	p	26.0	i	24.0	f	28.00	i
T22	109.0	ab	19.3	abc	92.0	a	120.0	a	112.0	q	25.0	j	23.0	g	30.00	hi
INTADor	108.0	ab	17.7	bc	87.0	a	113.3	a	110.0	o	27.0	h	26.0	d	33.20	h
T24	107.7	ab	18.0	abc	92.0	a	120.0	a	146.0	f	29.0	g	26.0	d	31.00	hi
T18	107.3	ab	15.0	bc	78.0	b	100.0	b	120.0	n	24.0	k	24.0	f	35.80	e
INTASJ	100.7	b	22.3	ab	92.0	a	120.0	a	151.0	e	37.0	c	25.0	e	31.70	h
Pr>F	0.045		0.0002		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	
Media	114.56		18.893		87.333		113.333		133.960		28.520		25.000		31.72	

Promedios con letras en común, no difieren estadísticamente. Tukey ( $\alpha=0.05$ ). **Ht**=Altura del tallo (cm), **Ti**=Macollas productivas por panículas/m lineal, **Fl**=Floración (50% a partir de la emergencia de plántulas), **Mat**=Madurez fisiológica. **GPn**=Granos por panícula, **PnW**=Peso por panícula (g), **PnL**=Longitud de panículas (cm), **GW**=Peso de 1000 granos (g).

#### 4.5. Relación y análisis estadístico de 25 genotipos en tres ambientes de Río San Juan

Las variables rendimiento, número de macollas, altura del tallo, floración y madurez fisiológica de los ambientes de San Carlos, El Castillo y San Miguelito fueron sujetas a análisis estadístico de efectos mixtos. El Cuadro 17, muestra la significación estadística en los factores estudiados en los tres ensayos de la segunda fase. En cuanto al rendimiento, la mayor varianza en el modelo la proporcionaron las repeticiones (REP) y los genotipos (GEN), la interacción fue altamente significativa, lo que indica una dependencia entre los factores estudiados. Las Figuras 4 y 5, complementan el análisis de efectos mixtos mostrado en el Cuadro 17.

**Cuadro 17.** Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2014-2015. San Carlos, El Castillo y San Miguelito. Río San Juan

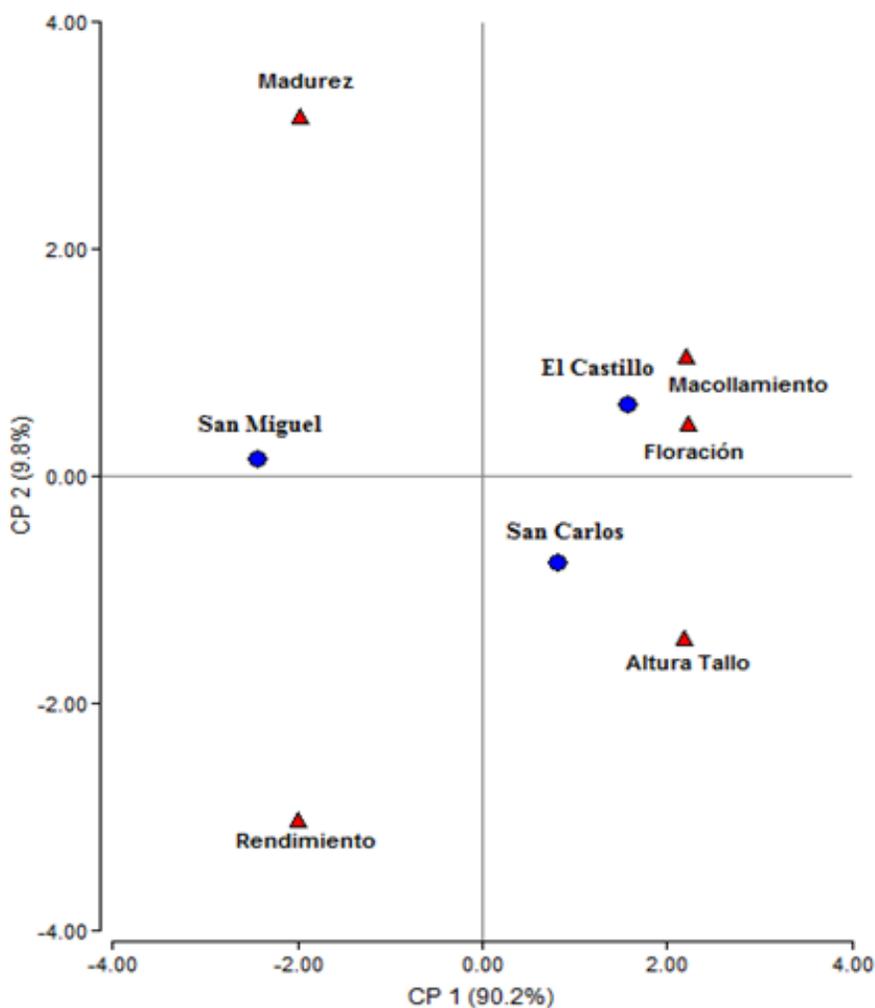
VARIABLES	AMB	REP	Bloque (REP)	GEN	AMB*GEN	R <sup>2</sup>	CV (%)
Rendimiento	1381.93 <sup>NS</sup> <sub>s</sub>	4558.29 <sup>NS</sup> <sub>s</sub>	2427.50**	3394.54**	1938.01**	0.79	23.1
Macollamiento	14.35 <sup>NS</sup>	1.07 <sup>NS</sup>	4.17**	5.66**	2.63 <sup>NS</sup>	0.72	11.7
Altura del tallo	39.33**	5.15 <sup>NS</sup>	7.20**	3.43**	1.99**	0.85	4.1
Floración	9.85**	1.87 <sup>NS</sup>	1.34*	17.78**	1.06 <sup>NS</sup>	0.98	1.2
Madurez	6.33*	0.75 <sup>NS</sup>	2.07 <sup>NS</sup>	16.54**	5.15**	0.96	1.6

AMB=Ambiente, GEN=Genotipo, REP=Repetición, R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación, CV=Coeficiente de variación.

<sup>NS</sup>No Significativo ( $\infty > 0.05$ ), \*Significativo ( $\infty \leq 0.05$ ), \*\*Altamente Significativo ( $\infty \leq 0.01$ ).

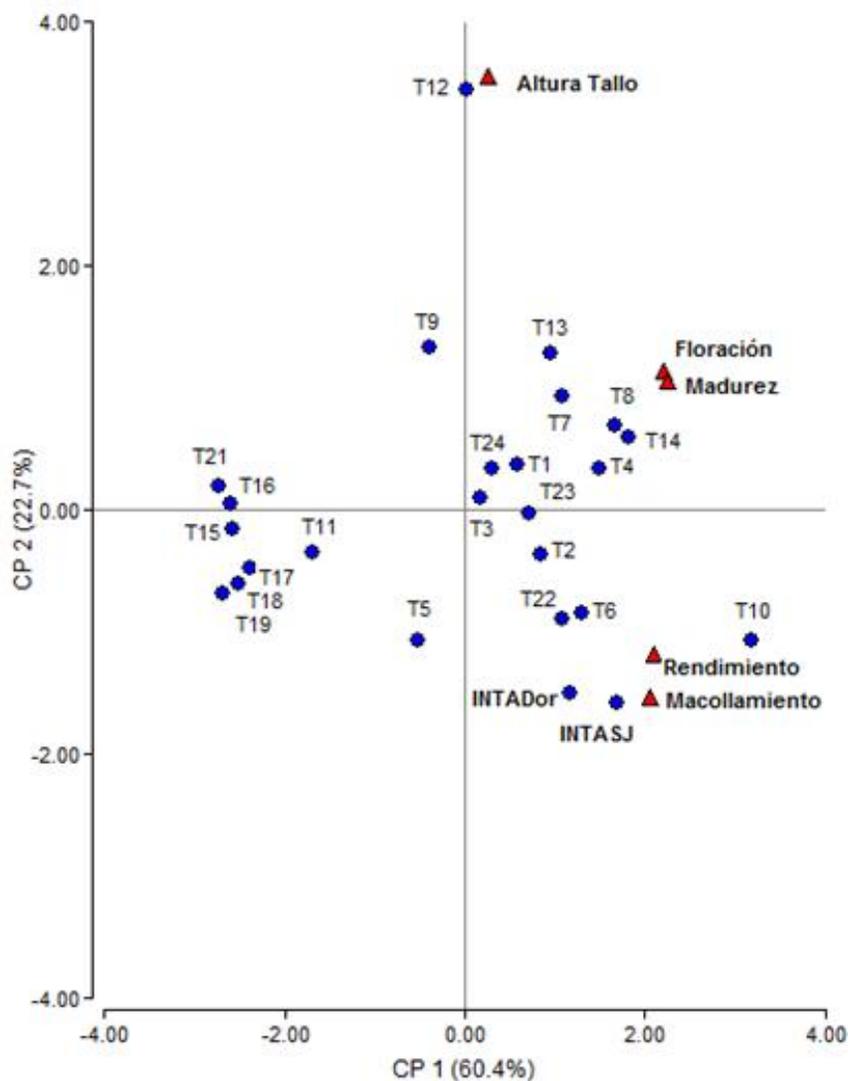
Las técnicas de análisis multivariados, como el Análisis de Componente Principales (Pla, 1986), son efectivas para identificar mega-ambientes, para optimizar el potencial genético de los cultivares de arroz, aunque estos mega-ambientes sean más dependientes de la capacidad adaptativa de los genotipos superiores que de las propias condiciones agroclimáticas de las localidades evaluadas (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011a y 2011b). Partiendo del origen, cuando los ángulos de los vectores son menores la asociación es mayor. Esta relación se puede aplicar tanto a los ambientes vs. variables, como a los genotipos vs. variables, o viceversa (Cuadro 18).

Con una variación del 90.2 %, componente principal uno supero la localidad de San Miguelito de las otras dos localidades. San Miguelito estuvo más asociada al rendimiento debido a que su promedio general fue el mayor ( $6627.98 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Las localidades de El Castillo y San Carlos estuvieron más asociadas a las variables macollamiento (Ti), floración (Fi) y altura del tallo (Ht) presentaron los más altos valores, por lo que estuvieron más asociados a los ambientes de El Castillo y San Carlos (Figura 5).



**Figura 5.** Relación de los Ambientes (●) considerando variables (▲) de desarrollo mediante los dos primeros componentes principales

El 83 % de la variación total, la aislaron los dos primeros componentes principales, con 60.4 % y 22.7 % de variación para el CP-1 y CP-2, respectivamente. Los genotipos T16, T21, T7, T17, T11, T15, T19, T9 y T18, presentaron relativamente los más altos promedios para las variables en estos ambientes, por lo que estuvieron menos asociados con las variables mostradas en el CP-1, derecha de la Figura 6.



**Figura 6.** Relación de los Genotipos (●) considerando variables (▲) de desarrollo mediante los dos primeros componentes principales

La maduración (Mat) estuvo en dependencia directa con la floración (Fi) con Pr=0.001 y R<sup>2</sup>=0.107). La altura de planta (Ht), no presentó relación significativa ( $\alpha > 0.05$ ) con variables de panícula, pero sí estuvo asociada a Mt y Fi. Las variables de panícula mostraron alta asociación fenotípica (Cuadro 18).

**Cuadro 18.** Correlaciones fenotípicas en variables de desarrollo y rendimiento de 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) evaluados en San Carlos, El Castillo, y San Miguelito durante el ciclo Primera-2015. Río San Juan

Variables	Yld	Ti	Ht	Lg	Fl	Mat	GPn	PnW	PnL
<b>Ti</b>	0.607 0.001	1.000							
<b>Ht</b>	0.115 0.325	0.026 0.824	1.000						
<b>Lg</b>	0.091 0.438	0.013 0.913	0.090 0.442	1.000					
<b>Fl</b>	0.217 0.061	0.251 0.030	0.246 0.033	0.112 0.337	1.000				
<b>Mat</b>	0.251 0.030	0.341 0.003	0.267 0.021	0.176 0.131	0.889 0.001	1.000			
<b>GPn</b>	-0.002 0.984	0.054 0.648	0.206 0.077	0.180 0.123	0.057 0.626	0.086 0.461	1.000		
<b>PnW</b>	-0.036 0.760	0.006 0.958	-0.081 0.491	0.071 0.545	-0.182 0.118	-0.159 0.172	0.581 0.001	1.000	
<b>PnL</b>	0.121 0.301	0.248 0.032	0.009 0.940	0.186 0.109	0.372 0.001	0.363 0.001	0.488 0.000	0.268 0.020	1.000
<b>GW</b>	0.000 0.999	-0.046 0.697	-0.157 0.178	0.102 0.384	-0.300 0.009	-0.265 0.022	0.358 0.002	0.699 0.001	0.302 0.009

**Yld=Rendimiento, Ht=Altura del tallo (cm), Ti=Macollas productivas por panículas/m lineal, Mat=Madurez fisiológica, GPn=Granos por panícula, PnW=Peso por panícula (g), PnL=Longitud de panículas (cm), GW=Peso de 1000 granos (g).**

**Nota:** El primer valor de cada hilera corresponden los coeficientes e Pearson y el segundo número de la parte inferior representa la significación estadística (Pr). Pr>0.05 es no significativo. Pr<0.05 es significativo. Pr<0.01 altamente significativo.

#### 4.6. Segunda Etapa: Evaluación de 10 líneas avanzadas en dos localidades del departamento de Río San Juan

En la Segunda Etapa se realizó un análisis exploratorio mediante GEA-R (Pacheco *et al.*, 2015) para detectar genotipos sobresalientes; además de considerar otras características relevantes reconocidas por los productores, y fueron identificados 10 genotipos. La evaluación de 10 líneas avanzadas forma parte de la Tercera Etapa de evaluación y comprende el proceso de Pruebas avanzadas de Rendimiento. (PAR). Dichos ensayos fueron establecidos en Morrito (Los Cerritos) y San Miguelito (Los Pantanos) en arreglos en Bloques Completos al Azar (BCA).

#### 4.6.1. Análisis de Varianza (ANDEVA) en variables evaluadas en las localidades de Los Cerritos y Los Pantanos

El rendimiento de los genotipos o líneas (Tratamientos), se diferenciaron estadísticamente y de manera significativa ( $\infty \leq 0.01$ ); asimismo, presentaron las mayores varianzas en comparación al bloque. En algunas variables, el efecto del bloque fue efectivo ( $\infty \leq 0.05$ ), y en otras no ocurrió lo mismo ( $\infty > 0.05$ ). Asimismo, el macollamiento (Ti), madurez fisiológica (Mat) y granos por panícula (GPn) tuvieron efecto significativo en los Genotipos evaluados en Los Cerritos (Tabla 19).

La habilidad de macollamiento o hijos por planta, es la etapa de crecimiento más importante por tener estrecha relación con el mejoramiento del cultivo y las prácticas agronómicas. En variedades tempranas el número máximo de hijos se alcanzan casi simultáneamente con la iniciación de la panícula o ligeramente después (Tabla 19). En variedades tardías puede bien producir la elongación del tallo y la iniciación de la panícula (CIAT, 1985; citado por Aguilar *et al.*, 2017). Asimismo, Tinarelli (1985), considera que la intensidad o inicio del ahijamiento dependen de las características genéticas, condiciones climáticas, edáficas, así como técnicas agronómicas empleadas. La floración inicia cuando la panícula emerge de la vaina de la hoja bandera, inmediatamente el proceso de floración es seguido por la fecundación de las flores en el tercio superior de la panícula. El período entre la floración y fecundación varía de 8 a 10 horas (Balladares y Espinoza, 1995; Citados por Aguilar *et al.*, 2017).

**Cuadro 19.** Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 10 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2016. Los Cerritos. Río San Juan

Variables	Bloque	Genotipo	R <sup>2</sup>	CV (%)
Rendimiento	329.62 <sup>NS</sup>	2669.47**	0.64	14.93
Macollamiento	7.20**	7.66**	0.61	19.07
Altura del tallo	9.6*	6.57 <sup>NS</sup>	0.45	4.35
Floración	3.42 <sup>NS</sup>	3.04 <sup>NS</sup>	0.48	2.69
Madurez	2.74**	3.44**	0.70	1.28
Granos/Panícula	4.72 <sup>NS</sup>	7.45*	0.50	18.64
Peso/Panícula	1.19*	0.71 <sup>NS</sup>	0.45	17.29
Longitud/Panícula	1.88 <sup>NS</sup>	1.33 <sup>NS</sup>	0.20	7.25
Peso 1000 Granos	1.40 <sup>NS</sup>	2.08 <sup>NS</sup>	0.40	6.04

R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación, CV=Coeficiente de variación.

<sup>NS</sup>No Significativo ( $\infty > 0.05$ ), \*Significativo ( $\infty \leq 0.05$ ), \*\*Altamente Significativo ( $\infty \leq 0.01$ ).

El rendimiento proveniente del ensayo establecido en Los Pantanos (Cuadro 20), aunque el bloque presentó la mayor varianza, no tuvo efecto significativo y el error experimental fue reducido ( $R^2=0.93$  y  $CV=4.02\%$ ). Por el contrario, el rendimiento fue altamente significativo en los Genotipos ( $\infty<0.01$ ); de la misma forma, lo fueron las variables floración (Fl), granos por panícula (GPn) y longitud de a panícula (PnL).

**Cuadro 20.** Desviación estándar de factores y significación estadística en variables evaluadas en 10 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2016 Los Pantanos. Río San Juan

Variables	Bloque	Genotipo	R <sup>2</sup>	CV (%)
Rendimiento	3158.66 <sup>NS</sup>	1380.45**	0.93	4.02
Macollamiento	16.19**	2.60 <sup>NS</sup>	0.64	19.58
Altura del tallo	14.49 <sup>NS</sup>	11.72 <sup>NS</sup>	0.40	10.74
Floración	1.64 <sup>NS</sup>	10.69**	0.95	1.75
Granos/Panícula	41.53 <sup>NS</sup>	63.74**	0.78	15.09
Peso/Panícula	0.68 <sup>NS</sup>	0.94 <sup>NS</sup>	0.56	20.45
Longitud/Panícula	1.77*	2.47**	0.65	5.75
a				
Peso 1000 Granos	0.70 <sup>NS</sup>	1.69 <sup>NS</sup>	0.30	6.36

R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación, CV=Coeficiente de variación. <sup>NS</sup>No Significativo ( $\infty>0.05$ ), \*Significativo ( $\infty\leq 0.05$ ), \*\*Altamente Significativo ( $\infty\leq 0.01$ ).

#### 4.6.2. Rendimiento en las localidades de Los Cerritos y Los Pantanos

El Cuadro 21 muestra la categorización estadística mediante DSH ( $\infty=0.05$ ). Los tratamientos T10 con 11,539.8 kg ha<sup>-1</sup> y T6 con 10,316 kg ha<sup>-1</sup>, superaron a los testigos locales INTA San Juan e INTA Dorado, pero estadísticamente son similares según la prueba de Tukey (DSH  $\infty>0.05$ ). Los resultados obtenidos coinciden con los rangos de valores reportados por Cuadra (2016), quien realizó estudios de líneas de arroz en diferentes ambientes del Nicaragua, quien menciona que el tratamiento T10, reportó los mayores rendimientos en los diferentes ambientes evaluados.

**Cuadro 21.** Categorización estadística del rendimiento de 10 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) evaluados durante el ciclo Primera-2016. Los Cerritos y Los Pantanos, Río San Juan

Tratamiento	Los Cerritos	DSH	Los Pantanos	DSH	Media
T10	11539.8	a	8066.9	a	9803.4
T6	10316.0	ab	7166.6	b	8741.3
INTASJ	10081.5	ab	6106.9	c	8094.2
INTADor	10009.5	ab	5858.4	c	7934.0
T7	9925.3	ab	7344.5	ab	8634.9
T15	9389.5	ab	7184.9	b	8287.2
T14	9132.5	ab	6244.7	c	7688.6
T24	8054.8	b	6331.0	c	7192.9
T5	7924.5	b	7866.8	ab	7895.7
T4	7059.5	b	6010.4	c	6535.0
Pr>F	0.0042		0.0001		
Media	9343.28		6827.10		
DSH $\alpha$ 0.05	3392.6		805.31		

Promedios con letras en común, no difieren estadísticamente. DSH = Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

De acuerdo con Trouche *et al.*, (2006), los nuevos cultivares que se adaptan directamente a los sistemas de cultivo existentes deben ser seleccionados por los agricultores, tomando en cuenta la productividad, el porte de planta, el ciclo adecuado para la zona, la resistencia a las enfermedades, la apariencia y calidad del grano y otros criterios menores (Cuadro 22 y 23). Se muestran que los tratamientos T10, T7, T5 y T14, presentaron estas características de interés para los productores, lo cual podría influir en su adopción en un futuro cercano.

**Cuadro 22.** Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 10 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2014. Los Cerritos, Río San Juan

Tratamiento	Ti	DSH	Fl	DSH	Mat	DSH	GPn	DSH
INTADor	22.25	ab	81.00	ab	116.50	c	208.00	ab
T24	19.75	ab	82.00	ab	119.50	abc	186.00	ab
T5	17.50	ab	79.25	ab	117.00	c	266.00	a
T15	15.70	b	79.25	ab	120.50	ab	185.75	ab
T14	23.75	ab	81.50	ab	120.00	abc	188.75	ab
T4	20.00	ab	81.00	ab	120.25	ab	166.50	b
T7	24.75	ab	81.00	ab	121.25	a	208.00	ab
T10	26.75	a	80.00	ab	121.25	a	211.25	ab
INTASJ	25.25	ab	83.50	a	121.50	a	166.50	b
T6	17.00	ab	80.00	ab	120.00	abc	185.25	ab
Pr>F	0.045		0.047		0.001		0.0501	
Media	21.28		80.83		119.78		133.962	
DSH $\alpha$ 0.05	9.87		5.29		3.74		89.99	

Promedios con letras en común, no difieren estadísticamente. **DSH** = Tukey ( $\alpha=0.05$ ). **Ht**=Altura del tallo (cm), **Ti**=Macollas productivas por panículas/m lineal, **Fl**=Floración, **Mat**=Madurez fisiológica.

**GPn**=Granos por panícula, **PnW**=Peso por panícula (g), **PnL**=Longitud de panículas (cm), **GW**=Peso de 1000 granos (g).

**Cuadro 23.** Categorización estadística de variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en 10 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante el ciclo Primera-2014. Los Pantanos, Río San Juan.

Tratamiento	Fl	DSH	GPn	DSH	PnL	DSH
T24	95.00	b	149.33	bc	24.57	ab
T5	95.00	b	242.67	a	21.33	b
T10	100.00	a	198.67	ab	23.10	ab
T4	95.00	b	124.33	c	22.67	ab
T6	95.00	b	159.00	bc	25.43	a
T14	95.00	b	129.00	bc	21.47	b
INTADor	78.00	c	127.00	bc	24.87	ab
INTASJ	91.00	b	162.00	bc	23.53	ab
T15	95.00	b	180.00	abc	24.37	ab
T7	100.00	a	175.67	abc	22.80	ab
Pr>F	0.001		0.004		0.013	
Media	93.90		164.77		23.37	
DSH $\infty$ 0.05	4.81		72.79		3.94	

Promedios con letras en común, no difieren estadísticamente. **DSH** = Tukey ( $\infty=0.05$ ). **Ht**=Altura del tallo (cm), **Ti**=Macollas productivas por panículas/m lineal, **Fl**=Floración, **Mat**=Madurez fisiológica.

**GPn**=Granos por panícula, **PnW**=Peso por panícula (g), **PnL**=Longitud de panículas (cm), **GW**=Peso de 1000 granos (g).

#### 4.7. Relación y análisis estadístico de 10 genotipos en cinco ambientes individuales del departamento de Río San Juan

De los 10 genotipos seleccionados en la segunda fase del estudio se procedió a efectuar análisis multivariados en las localidades de Los Cerritos y Los Pantanos, evaluados también en las localidades de San Carlos, El Castillo y San Miguelito.

##### 4.7.1. Método multivariante: Análisis con el modelo AMMI

El genotipo T10 presentó el mayor promedio con 9436.5 kg ha<sup>-1</sup>. Los genotipos T6, T14 e INTA Dorado superaron los 8 mil kg ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, se puede observar que el mejor promedio ambiental lo obtuvo Los Cerritos con 9343.3 kg ha<sup>-1</sup>. En el ANDEVA combinado, se pueden apreciar diferencias altamente significativas entre ambientes y genotipos (Pr=0.0006), y efectos significativos de la interacción AMB\*GEN, lo que significa que los Genotipos expresaron de manera desigual a la variación ambiental.

**Cuadro 24.** Significación en factores y categorización estadística en el rendimiento de 10 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) evaluados en cinco ambientes. Río San Juan 2014-2016

Tratamientos		San Carlos	El Castillo	San Miguelito	Los Cerritos	Los Pantanos	Media
T10		9024.9	8883.0	8966.7	11539.7	8066.9	9436.5 a
T6		7999.6	6813.1	7720.4	10316.1	7166.6	8147.7 b
T14		8390.8	8513.9	7520.8	9132.4	6244.7	8033.8 b
INTADor		8763.3	8853.3	5954.4	10009.7	5858.3	8020.4 b
T7		6445.4	7663.1	7213.7	9925.6	7344.5	7950.5 b
INTASJ		8200.9	8032.2	6042.9	10081.5	6196.9	7859.1 b
T5		7534.8	7419.4	6693.2	7924.2	7866.8	7515.0 bc
T4		7599.8	8028.2	6184.8	7059.5	6010.4	6981.7 bc
T15		5196.7	5293.9	4849.2	9389.4	7184.9	6570.8 cd
T24		4845.5	4862.9	6395.9	8054.8	6330.9	6220.3 d
	Pr>F	<b>Media</b>	7443.3 b	7436.3 b	6754.2 b	9343.3 a	6827.1 b
	Pr>F	REP	0.2056	0.0855	0.3482	0.0620	0.2639
	Pr>F	AMB					0.0001
	Pr>F	GEN	0.0013	0.0247	0.3803	0.0092	0.0001
		AMB x GEN					0.0261
		R <sup>2</sup>	0.76	0.64	0.51	0.64	0.93
		CV (%)	14.26	19.08	27.94	14.33	4.03
							17.211

REP=Repetición, AMB=Ambiente, GEN=Genotipo, CV=Coefficiente de Variación.  
R<sup>2</sup>=Coefficiente de Determinación, LSD=Diferencia Mínima Significativa.

No obstante, AMMI no mide la estabilidad, sino el grado de interacción del Genotipo con el Ambiente. Cuando en el ACP un Genotipo presenta un valor próximo a cero, la interacción es pequeña; cuando ambos valores del ACP tienen el mismo signo, su interacción es positiva, y si son diferentes es negativa (Crossa, 2002). Asimismo, Samonte *et al.*, (2005), señalan también que los Ambientes con valores de PC-1 cercanos a cero tienen poca interacción y baja discriminación de Genotipos. Romagosa y Fox (1993); citado por González (2001), consideran que la interacción genotipo x ambiente (GxA) surge cuando una variación ambiental tiene distinto efecto sobre genotipos diferentes o inversa, cuando un mismo genotipo responde de distinta manera en diversos ambientes. En otras palabras, se dice que existe interacción GxA cuando no se puede asociar una desviación producida por un ambiente específico a una variable dada sin tener en cuenta el genotipo sobre el cual aquella actúa.

Mediante el análisis aplicado se determinó que la mayor variación la presentó el Ambiente con 41.79 %, y los Genotipos con un 31.06 %. Esto comprobó que el aporte a la variación total de la interacción AMB\*GEN fue del 27.15 % (Cuadro 25). Por otro lado, la prueba de Gollob aplicada en los genotipos evaluados en los distintos Ambientes del departamento de Río San Juan, mostró que el PC-1 fue altamente significativo, y aisló el 58.33 % de la variación total debida a la interacción. El PC-2 aportó 25.46 % de la variación, pero no fue significativo al 95% de confianza.

La interacción GxA, se define como la respuesta diferencial de un grupo de genotipos frente a distintos ambientes (Abbott & Pistorale, 2011; Lozano *et al.*, 2015). Los genotipos de arroz son evaluados en numerosos ambientes, con características agronómicas e industriales utilizadas en la selección de los cultivares superiores, y posterior recomendación a productores en ambientes de interés. Dicho fenómeno afecta el comportamiento de los genotipos evaluados en ambientes contrastantes (localidades, épocas, años, etc.), dificultando la identificación y selección de los genotipos superiores (Camargo-Buitrago *et al.*, 2005).

**Cuadro 25.** Análisis de varianza del rendimiento mediante el modelo AMMI en 10 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) evaluados en cinco ambientes. Río San Juan

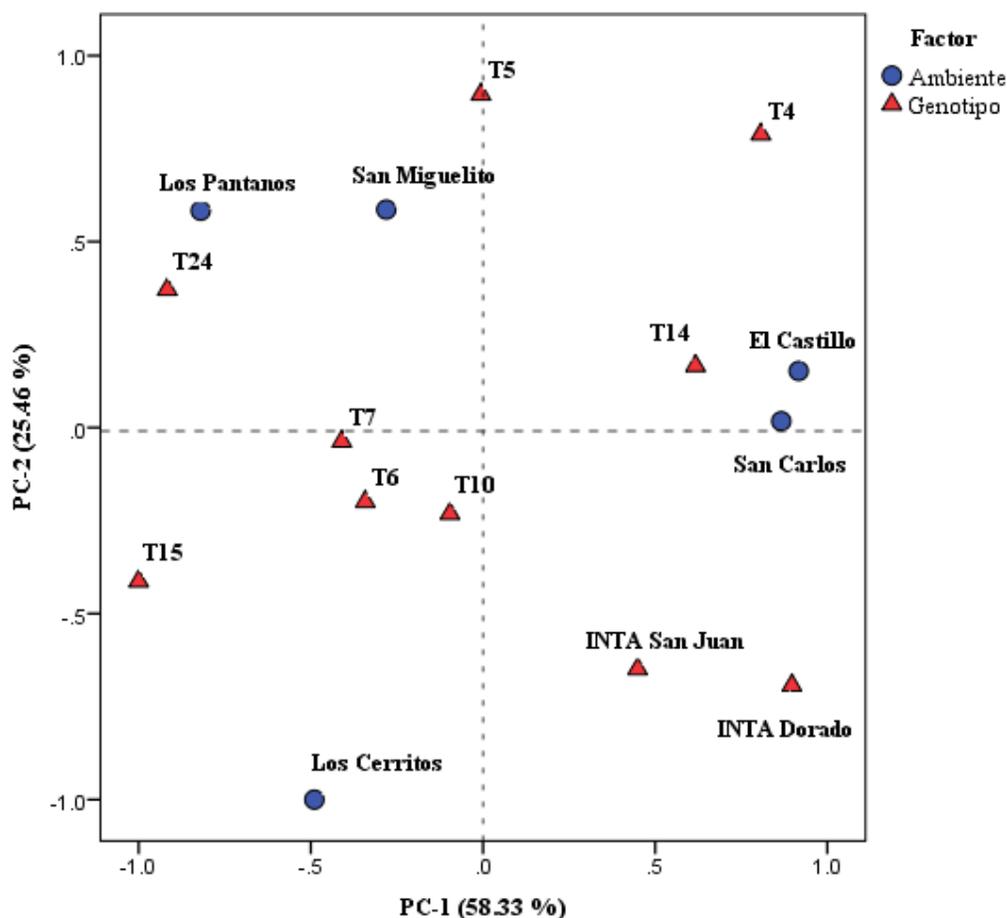
Fuente	Gl	AMMI		
		Var. Ind.	Var. Acum.	Pr>F
Ambiente (AMB)	4	41.791	41.791	0.0001
Genotipo (GEN)	9	31.060	72.852	0.0006
AMB*GEN	36	27.148	100.00	0.0261
PC-1	12	58.331	58.331	0.0005
PC-2	10	25.457	83.789	0.0851
PC-3	8	12.192	95.980	0.4177
PC-4	6	3.992	99.972	0.8436
PC-5	4	0.028	100.00	0.9999
Residual	109			

Gl=Grados de Libertad, Var. Ind.=Varianza Individual, Var. Acum.=Varianza Acumulada.  
AMMI=Efectos Aditivos e Interacción Multiplicativa, SREG=Regresión por Sitio.

El efecto de interacción entre un genotipo y un ambiente se identifica con la proyección ortogonal del vector del genotipo sobre la dirección determinada por el vector del ambiente. Los vectores de los ambientes que tienen la misma dirección que los vectores del genotipo tienen interacción positiva (dichos ambientes son favorables para esos genotipos), mientras que los vectores en direcciones opuestas tienen interacción negativa, los ambientes son desfavorables (González, 2001; Camargo-Buitrago 2011b; Lozano-Ramírez, 2015).

El biplot de la Figura 7 (AMMI) muestra que el genotipo T7 con rendimiento promedio en los diferentes ambientes de 7950.5 kg ha<sup>-1</sup> estuvo más cercano al origen, lo que indica su mayor estabilidad, el genotipo T14 estuvo relacionado a los ambientes de El Castillo y San Carlos, presentó un comportamiento admisible de rendimiento. Asimismo, se aprecia que el genotipo T4, los testigos INTA Dorado e INTA San Juan, las líneas T15, T24 y T5 fueron los materiales genéticos que más aportaron a la interacción. El genotipo T24 ubicado en la porción negativa sobre el eje de las abscisas del biplot, mostró baja adaptación a los ambientes evaluados.

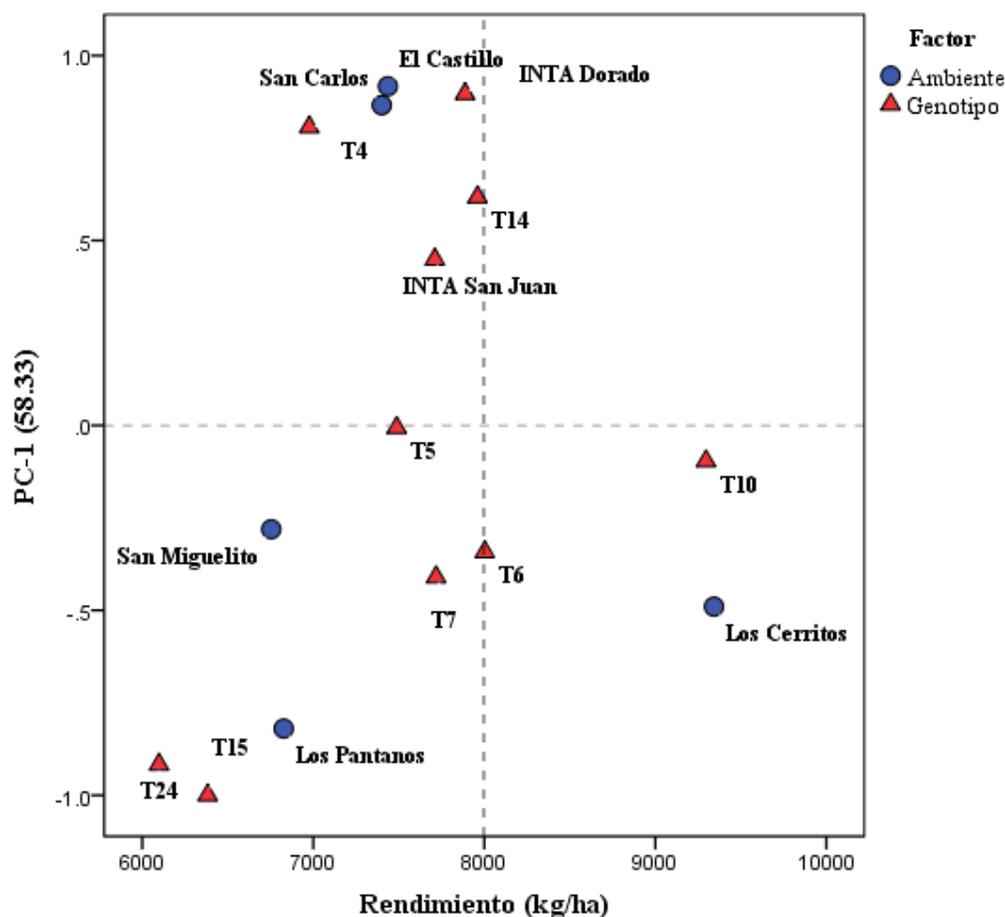
Los genotipos T24 y T15 aportaron menos al CP-1, además de ser los más inestables. Los testigos INTASJ (INTA San Juan) e INTADor (INTA Dorado), con promedios de 7859.1 kg ha<sup>-1</sup> y 8020.4 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aportaron de manera significativa a la interacción GxA, y mostraron rendimientos discrepantes en los diferentes ambientes (Figura 7). Yan *et al.*, (2000); citado por (Williams *et al.*, 2010), consideran que los genotipos ubicados en los sectores donde no hay Ambientes, son considerados de pobre comportamiento en rendimiento en la mayoría de los ambientes evaluados.



**Figura 7.** Dispersión bidimensional del PC-1 y PC-2 de diez genotipos de arroz (▲) en cinco condiciones ambientales (●) del departamento de Río San Juan, 2014-2016

Mediante la metodología AMMI, se grafica el CP-1 en función del rendimiento promedio en  $\text{kg ha}^{-1}$  (Figura 8), y asume que los genotipos cercanos a cero en el CP-1 son muy estables. Se consideró a los genotipos T5 y T10 como los tratamientos más estables. Asimismo, los genotipos T6 y T7 mostraron estabilidad de menor intensidad, y estuvieron asociados al ambiente de Los Cerritos. Los genotipos T24 y T15 obtuvieron inestabilidad, y al igual que los testigos INTASJ (INTA San Juan) e INTADor (INTA Dorado) interactuaron con los ambientes Los Pantanos y San Miguelito, El Castillo y San Carlos, respectivamente.

Los valores positivos describen genotipos con mejor comportamiento en ambientes de alto rendimiento, y contrario a los puntajes negativos. Un valor de cero o cercano a cero, corresponde a un genotipo con sensibilidad media (Williams *et al.*, 2010). Asimismo, el ACP, es útil tanto para la caracterización de condiciones ambientales como para la clasificación de variedades por estabilidad de rendimiento (Okuno *et al.*, 1971; citados por González, 2001). Parga *et al.*, (2011), afirma que los genotipos o ambientes con grandes valores en el ACP (sean positivos o negativos), tienen interacciones altas, mientras que aquellos con valores cercanos a cero en el ACP tienen interacciones pequeñas y se consideran estables.



**Figura 8.** Dispersión bidimensional del PC-1 en función del rendimiento promedio de diez genotipos de arroz (▲) en cinco condiciones ambientales (●) del departamento de Río San Juan, 2014-2016

## V. CONCLUSIONES

Se encontró diferencias estadísticas significativas entre los Ambientes, Genotipos e interacción Genotipo x Ambiente en la variable rendimiento. Los genotipos T10, T14 y los testigos INTA Dorado e INTA San Juan obtuvieron los mayores rendimientos. Las variables de interés agronómico macollamiento, floración y días a madurez, resultaron significativas. Estos materiales constaron con buena aceptabilidad fenotípica y tolerancia a *Helmistosporium*, *Pyricularia*, en los diferentes ambientes evaluados.

En cuanto a rendimiento, se destacó la localidad de Los Cerritos de manera significativa. El genotipo T10 superó a los demás tratamientos evaluados, seguido de T6, INTA Dorado e INTA San Juan.

Mediante la interacción Genotipo x Ambiente se determinó que los genotipos T15 y T24 son inestables y con bajos rendimientos en los ambientes; asimismo los genotipos T6, T7 y T14 fueron catalogados como estables y con buen rendimiento. Los testigos INTA Dorado e INTA San Juan, tuvieron un potencial de rendimiento alto, pero variante en los ambientes evaluados.

## VI. LITERATURA CITADA

- Abbott, L., & Pistorale, S. (2011). Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*). *agriscientia*, 28(2), 109-117.
- Acevedo, M., Reyes, E., Castrillo, W., Torres, O., Marín, C., Álvarez, R., ... & Torres, E. (2010). Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos LIN-BINNS y AMMI. *Agronomía tropical*, 60(2), 131-138.
- Alejos, G., P. Monasterio y R. Rea. 2006. Análisis de la interacción genotipo ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Trop.* 56(3):369-384.
- Arce, O. E., (2006). Evaluación y selección de líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) del vivero ION-CIAT-secano, en base a características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera. Tesis Ing. Agron. ITCR Sede Regional San Carlos, Costa Rica. 75 pp.
- Balzarini, M.; C. Bruno & A. Arroyo. 2005. Análisis de ensayos agrícolas multi-ambientales. Ejemplos con Info-Gen. Ed. Brujas, Córdoba, Arg. 141 p.
- Balzarini M.G., González L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Camargo-Buitrago, I., Intire, E. M., & Górdon-Mendoza, R. (2011a). Identificación de mega-ambientes para potenciar el uso de genotipos superiores de arroz en Panamá. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(9), 1601-1069.
- Camargo-Buitrago, I., Intire, Q. M., & Gordón-Mendoza, R. (2011b). Identificación de ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el Biplot GGE. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 245-255.

- Cárdenas, R. M., Cristo, E., & Pérez, N. (2002). Variedades cubanas de arroz (*Oryza sativa* Lin.) promisorias para la provincia de Pinar de Río tolerantes al tizón de la hoja (*Pyricularia grisea*). *Cultivos Tropicales*, 23(1).
- CIAT. (1983). Sistema de Evaluación Estándar para arroz. 2ª.ed. Manuel Rosero traductor y adaptador. Cali, Colombia.
- Crossa, J.; Cornelius, P.L.; Yan, W. (2002). Biplots of linear-bilinear models for studying crossover genotype x environment interaction. *Crop Science* 42, 619-633.
- Cuadra S. (2016). Evaluación y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) con alto contenido de Zn en condiciones de riego y secano de Nicaragua. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria. 57 pág.
- De Datta, S. (1986). Producción de Arroz: Fundamentos y Prácticas. Investigador del IRRI. Los Baños, Filipinas. Editorial LIMUSA.
- FAO. (2003). Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de Arroz. Problemas y limitaciones de la producción de arroz.
- González, M.R. (2001). Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis de doctorado. Universidad de Valladolid, España.
- Hernández-Rodríguez, Annia, Rives-Rodríguez, Narovis, Acebo-Guerrero, Yanelis, Diaz-de la Osa, Acela, Heydrich-Pérez, Mayra, & Divan Baldani, Vera Lucia. (2014). Potencialidades de las bacterias diazotróficas asociativas en la promoción del crecimiento vegetal y el control de *Pyricularia oryzae* (Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista de Protección Vegetal*, 29(1), 1-10. Recuperado en 28 de junio de 2018, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522014000100001&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522014000100001&lng=es&tlng=pt).

- Jennigs, C. & Kaufman. (1981). Mejoramiento de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Calí, Colombia. CIAT.
- Judez, A. L. (1989). Técnicas de análisis de datos multidimensionales. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Sria. Gral. Técnica. Madrid, España. 301 p.
- Landaverde Castillo, C. (2003). Estudio de (*Helminthosporium oryzae* L) en áreas foliares y de panojas en arroz (*Oryza sativa* L) y su efecto en el rendimiento. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 60 pp.
- Linarte Guerrero, H. L. (2001). Evaluación y prueba avanzada de rendimiento de diez líneas promisorias y tres variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego, Malacatoya, Granada. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua 67 pp.
- Lira, J., & Ruíz, E. (2007). Prueba avanzada de rendimiento de nueve líneas y una variedad comercial de arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condiciones de riego en San Isidro, Matagalpa, época lluviosa, 2005. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua 57 pp.
- Lozano-del Río, A. J., Zamora-Villa, V. M., Ibarra-Jiménez, L., Rodríguez-Herrera, S. A., De la Cruz-Lázaro, E., & de la Rosa-Ibarra, M. (2009). Análisis de la interacción Genotipo-ambiente mediante el modelo AMMI y Potencial de producción de triticales forrajeros (X *Triticosecale wittm.*). *Universidad y ciencia*, 25(1), 81-92.
- Lozano-Ramírez, Águeda, Santacruz-Varela, Amalio, San-Vicente-García, Félix, Crossa, José, Burgueño, Juan, & Molina-Galán, José D.. (2015). Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(4), 337-347. Recuperado en 28 de junio de 2018, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802015000400001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000400001&lng=es&tlng=es).

- Morejón, R., & Díaz Solís, S. H. (2015). Selección de líneas promisorias de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes del programa de mejoramiento genético en " Los Palacios". *Cultivos Tropicales*, 36(4), 126-132.
- Molina, E., & Rodríguez, J. H. (2012). Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. CFX 18 en Guanacaste. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 36(1), 39-51.
- Orona Castro, F., Medina Méndez, J., Tucuch Cauich, F. M., Soto Rocha, J. M., & Almeyda León, I. H. (2013). Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. *Phyton (Buenos Aires)*, 82(2), 255-261.
- Oviedo J. T. (2008). Evaluación agronómica de nueve líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) de riego, en el Valle de Sébaco, Matagalpa. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 52 pp.
- Pacheco A., Vargas M., Alvarado G., Rodríguez R., López M., Crossa J & Burgueño J. (2015). GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows). Version 2.0 (2015-10-21). Copyright © 2015 Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Palacios E. Pauth M. (2008). Evaluación avanzada de nueve líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) con resistencia al manchado del grano, Valle de Sébaco. Tesis Ing. Agron UNA. Managua Nicaragua 36 pp.
- Parga, T. V. M.; Zamora, V. V. M.; González, V. V. M.; García, G. S. J. y Villavicencio, G. E. E. (2005). Interacción genotipo ambiente en clones de papa bajo riego en el noreste de México. *Agric. Téc. Méx.* 31(1):55-64.

- Pérez, L. D. J.; González, H. A.; Franco, M. O.; Rubí, A. M.; Ramírez, D. J. F.; Castañeda, V. A. y Aquino, M. J. G. (2014). Aplicación de métodos multivariados para identificar cultivares sobresalientes de haba para el estado de México, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(2):265-278.
- Pichardo, O., Siria, E., & Soza, B. (2006). Determinación de la resistencia a enfermedades causadas por *Helminthosporium oryzae* y rendimientos en nueve líneas y una variedad de arroz en el Municipio de Posoltega. Tesis de Ingeniero en Agroecología Tropical, Universidad Nacional Autónoma\_León. Managua, Nicaragua 52 pp.
- Pla E. L. (1986). Análisis multivariado: Método de Componentes Principales. Monografía 27. Serie de Matemática. Secretaría General de la Organización de la OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.
- Rea, R., & De Sousa-Vieira, O. (2001). Interacción genotipo x ambiente y análisis de estabilidad en ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. *Caña de azúcar*, 19(3).
- Samonte, S. O. P., Wilson, L. T., McClung, A. M., & Medley, J. C. (2005). Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. *Crop Science*, 45(6), 2414-2424.
- SAS Institute (2002). Statistical Analysis System. SAS/ETS 9 User's Guide, Volumes 1 and 2. SAS Institute Inc. Cary, NC, EUA. 2143 pp.
- Téllez G. G., Rivera A.C. (2017) *Producción Agrícola : La cadena productiva del arroz en Nicaragua y su enfoque en la seguridad alimentaria en el ciclo 2012-2013*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Tinarelli, A. (1989). El arroz. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pág. 304.

- Tosquy Valle, O. H., Palafox Caballero, A., Sierra Macías, M., Zambada Martínez, A., Martínez Morales, R., & Granados Reinaut, G. (2005). Comportamiento agronómico de híbridos de maíz en dos municipios de Veracruz, México.
- Trouche, G.; Narváez-Rojas, L.; Chow, Z. y Corrales-Blandon, J. (2006). Fitomejoramiento participativo del arroz de secano en Nicaragua: Metodologías, resultados y lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana*, 2006, vol. 17, no. 3, p. 307-322.
- Varela M. y Castillo J., (2005). Modelos con término multiplicativo. Aplicación en el análisis de la interacción genotipo ambiente. *Cultivos Tropicales*, vol. 26, núm. 3, 2005, pp. 71-75. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.
- Vargas Escobar, E. A., García, D. B., & Sánchez, J. E. V. (2016). Análisis de estabilidad y adaptabilidad de híbridos de maíz de alta calidad proteica en diferentes zonas Agroecológicas de Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 72.
- Williams A., H., Pecina Q., V., Zavala G., F., Montes G.N., Gámez V., J., Arcos C., G., ... & Alcalá Salinas, L. (2010). Modelo de Finlay y Wilkinson vs. el Modelo Ammi para analizar la interacción genotipo-ambiente en sorgo. *Revista fitotecnica mexicana*, 33(2), 117-123.

## **VII. ANEXOS**

**Anexo 1.** Descripción del sitio donde se estableció el ensayo de arroz en condiciones de seco, durante el período 2014

Etapa	Municipio	Coordenadas	Tipo de Suelo	Fecha de:	
				Siembra	Cosecha
Evaluación y Selección de líneas avanzadas	San Carlos-INATEC	0761701 X 1226243 Y	Arcilloso	junio 2014	octubre-noviembre 2014

**Anexo 2.** Condiciones agroclimáticas básicas de la zona. INATEC, San Carlos. 2014

Datos Climáticos	Mes/2014					Media/ Total
	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	
Insolación total (Hrs./luz)	93.60	135.70	155.70	92.90	76.40	110*
Temperatura media (°C)	29.30	31.70	31.70	25.60	25.70	28.8*
Humedad Relativa media (%)	89.36	90.46	92.30	91.80	87.20	90.2*
Veloc./viento media (Km/H)	3.12	5.63	4.40	3.63	3.50	4.05*
Precipitación total (mm)	70.70	183.10	167.90	147.60	80.60	649.9**

\*Promedios, \*\*Total

**Anexo 3.** Descripción del sitio donde se estableció el ensayo de arroz en condiciones de seco, durante el período 2015

Etapa	Municipio	Coordenadas	Tipo de Suelo	Fecha de:	
				Siembra	Cosecha
Evaluación y Selección de líneas avanzadas	El Castillo	0790209 X 1242398 Y	Arcilloso	junio 2015	octubre-noviembre 2015
	San Miguelito	0741660 X 1260852 Y	Franco-Arcilloso	junio 2015	octubre-noviembre 2015

**Anexo 4.** Condiciones agroclimáticas en la evaluación de líneas avanzadas de arroz. San Miguelito 2015

Datos Climáticos	Mes/2015					Media/ Total
	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	
Insolación total (horas/luz)	130.0	115.3	160.1	112.0	186.0	140.68*
Temperatura media (°C)	31.8	30.4	31.4	30.8	31.5	31.18*
Humedad Relativa media (%)	91.0	88.0	88.9	92.3	90.3	90.1*
Velocidad/viento media (km/h)	4.3	3.9	4.2	3.2	3.5	3.82*
Precipitación total (mm)	21.1	170.6	251.7	175.8	74.9	694.1**

\*Promedios, \*\*Total

**Anexo 5.** Descripción de los sitios donde se estableció el ensayo de arroz en condiciones de secano, durante el período 2016

Fase	Municipio	Coordenadas	Tipo de Suelo	Fecha de:	
				Siembra	Cosecha
Evaluación de líneas avanzadas	Morrito (Los Cerritos)	0722629 X 1291858 Y	Franco-Arcilloso	julio 2016	noviembre-diciembre 2016
	San Miguelito (Los Pantanos)	0731961 X 1265715 Y	Franco-Arcilloso	Julio 2016	noviembre-diciembre 2016

**Anexo 6.** Condiciones agroclimáticas en Morrito (Los Cerritos), Río San Juan, 2016

Datos Climáticos	Mes/2016					Media/ Total
	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	
Insolación total (horas/luz)	109	73.2	159.7	141.9	162.5	129.26*
Temperatura media (°C)	30.6	29.57	31.3	30.8	31.6	30.77*
Humedad Relativa media (%)	89.5	95.1	91.6	89.8	91.4	91.4*
Velocidad/viento media (km/h)	3.7	4.0	4.06	3.4	3.1	3.65*
Precipitación total (mm)	81.5	192	181.3	171.5	199.5	825.8**

\*Promedios,, \*\*Total