



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

*"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"*

Maestría en Mejoramiento Genético

Trabajo de Graduación

**ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS Y LOS
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ
(*Oryza sativa* L.) VARIEDAD INTA CHINANDEGA, SEBACO,
MATAGALPA, NICARAGUA, 2015.**

Autor

Ing. José Israel López Rodríguez

Asesores

Dr. Oscar Gómez Gutiérrez

Dr. Oswalt Jiménez Caldera

Managua, Nicaragua

Octubre, 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Mejoramiento Genético

Trabajo de graduación

**ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS Y LOS
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ**

**(*Oryza sativa* L.) VARIEDAD INTA CHINANDEGA, SEBACO,
MATAGALPA, NICARAGUA, 2015.**

Autor

Ing. José Israel López Rodríguez

Asesores

Dr. Oscar Gómez Gutiérrez

Dr. Oswalt Jiménez Caldera

Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito final para optar al grado de

Maestro en Ciencias en Mejoramiento Genético

Vegetal.

Managua Nicaragua

*"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"*

HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad y/o director de sede: AGRONOMÍA (FAGRO-UNA) como requisito final para optar al grado profesional de: MAESTRO EN CIENCIAS EN MEJORAMIENTO GENETICO VEGETAL.

Miembros del tribunal examinador

Dr. Víctor Aguilar B.

Presidente

Ing. Msc. Aleyda López

Secretario

Ing. Msc. José Dolores Cisne

Vocal

Lugar y Fecha (día/mes/año): Managua, 24 de octubre del 2018

INDICE GENERAL

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación del área del estudio	4
3.2. Diseño metodológico	4
3.2.1. Establecimiento de área de producción de semilla genética	4
3.2.2. Establecimiento de semillero en bandejas	4
3.2.3. Diseño de campo	4
3.2.4. Trasplante en campo	5
3.3. Manejo agronómico del ensayo	6
3.4. Variables evaluadas	7
3.5. Análisis estadístico.....	9
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4.1. Estimación de parámetros genéticos	10
4.2. Predicción de la respuesta a la selección	11
4.3. Correlación genética entre caracteres	14
V. CONCLUSIONES	15
VI. LITERATURA CITADA	16
VII. ANEXOS	18

DEDICATORIA

Primeramente le dedico mi trabajo a Dios todo poderoso por ser mi guía espiritual que me conduce siempre al camino del bien y el éxito.

A mi entrañable Padre: Simeón López Benavidez (q.e.p.d), sin previo aviso se me adelantó de esta vida. Infinitamente gracias por su apoyo incondicional. Donde se encuentre, siempre serán inolvidable los momentos que compartimos juntos, en especial los de mi infancia. Siempre vivirás en nuestro recuerdo. Hasta pronto papá.

A mi madre: Nicolasa Rodríguez Mendoza, mis hermanos Simeón Augusto, Juan Carlos, Freddy Gregorio López Rodríguez de quienes siempre conservo un singular aprecio y cariño. A mi esposa Karla Aliosha Norori Sánchez por su apoyo y motivación.

A quienes fueron fuente de inspiración de esta loable tarea, en especial mis hijos: Angélica Isamari, José Alexander López Dávila, para que tengan en cuenta que todo lo que nos proponemos en la vida lo podemos lograr si trabajamos fuerte y continuamente con rectitud, sigan adelante para que mis éxitos de hoy sean los suyos de mañana y siempre.

Ing. José Israel López Rodríguez

AGRADECIMIENTO

A mis tutores: Doctores. Oswalt Jiménez y Oscar Gómez por sus consejos y observaciones, que han sido claves para lograr con buen término esta sustancial contribución a la diversidad varietal del cultivo de arroz de secano del país.

A quienes me apoyaron en la fase de campo, trabajadores, compañeros de trabajo y amigos, que contribuyeron con este esfuerzo de trabajo de tesis: Danilo Huerta, Andrea Zamora, Sury Zamora, Álvaro Rivera.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) quien me dio la oportunidad de progresar intelectualmente para beneficio y servicio de Nicaragua.

A los profesores de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Alma Mater, que siempre llevo en mi corazón, por la calidad de su enseñanza y prestigio.

Ing. José Israel López Rodríguez

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Condiciones agroclimáticas registradas en el Centro Experimental del Arroz Taiwán Nicaragua, (TAINIC), Sébaco, 2015.....	5
2. Características agronómicas e industrial de las variedades de arroz INTA Chinandega e INTA Dorado, 1997.....	6
3. Estimación de parámetros genéticos en la población INTA Chinandega para los caracteres peso de 1000 semillas (g), rendimiento de semilla por planta y número de semillas por panícula, Sébaco, TAINIC, 2015.	11
4. Efectos genéticos aditivos predichos para 30 poblaciones de INTA Chinandega en cuanto a peso de 1000 semillas, rendimiento de semilla por planta y número de semillas por panícula. Sébaco, TAINIC, 2015.....	12
5. Correlación genética entre las variables cuantitativas en la población de arroz INTA Chinandega. TAINIC, Sébaco, 2015.....	14

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Áreas sembradas y productores de arroz por departamento riego y seco.....	18
2. Estratificación de los productores de arroz según sistema de producción.....	19
3. Principales Países productores de arroz a nivel mundial 2016.....	19
4. Diseño experimental de campo.....	20

RESUMEN

Para determinar el impacto del aporte individual de cada planta en semilla genética de arroz mezclada como compuesto masal, variedad INTA Chinandega se estableció un ensayo bajo condiciones de riego en el año 2015 durante los meses de enero a mayo en el valle de Sébaco Matagalpa, se realizó un plano de campo con diseños aumentados con tres bloques de 240 plantas cada uno para un total de 720 plantas donde se establecieron 600 genotipos de INTA Chinandega y como testigo común 120 plantas de la variedad INTA Dorado como probador distribuido en los tres bloques. El objetivo fue valorar el potencial de mejora genética de una población de 'INTA Chinandega' para su utilización en el mejoramiento del cultivo del arroz mediante la generación de variedades superiores, con el fin de determinar las implicaciones en la variabilidad genética de las futuras plantaciones y caracteres de rendimiento. Peso de 1000 semillas en (g) rendimiento de semilla por planta, número de semillas por panícula. Se registró una heredabilidad media familiar (h^2) menor 18.3 en los caracteres investigados. Las poblaciones 117, 433, 7, 415, 450, 291, 451, 226, 34, 413, 380, 224, 451, 390, 395, 399, 207, 448, 204, 197, se destacan por presentar valor genético aditivo elevado en dos caracteres. Las correlaciones genéticas indican que incrementar el número de semillas por planta es el mejor componente de rendimiento en el mejoramiento genético de arroz en esta variedad en 0.89.

Palabras Clave: Selegen, plantas elites, rendimiento, selección, heredabilidad cultivo arroz.

ABSTRACT

To determine the impact of the individual contribution of each plant on genetic seed of mixed rice as a compound compound, INTA Chinandega variety, an essay was established under irrigation conditions in 2015 during the months of January to May in the Sébaco Valley Matagalpa, a field plan with increased designs was made with three blocks of 240 plants each for a total of 720 plants where we had 600 genotypes of INTA, Chinandega and as a common witness and 120 plants of the variety INTA, Dorado as a tester distributed in three blocks. The objective was to evaluate the potential of genetic improvement of a population of 'INTA Chinandega' for its use in the improvement of rice cultivation through the generation of superior varieties, in order to determine the implications in the genetic variability of future plantations and performance characters. Weight of 1000 seeds in (g) seed yield per plant, seed number per plant. We recorded a mean family heritability (h^2) lower 18.3 in the characters investigated. The populations 117, 433, 7, 415, 450, 291, 451, 226, 34, 413, 380, 224, 451, 390, 395, 399, 207, 448, 204, 197, stand out for their high added genetic value. in two characters. The genetic correlations indicate that increasing the number of seeds per plant is the best performance component in the genetic improvement of rice in this variety by 0.89.

Keywords: Selegen, elite plants, yield, selection, heritability rice crop.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz, (*Oryza sativa L.*) comenzó hace casi 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical convirtiéndose en el alimento básico para más de la mitad de la población mundial. Con respecto a la superficie cosechada, el cultivo de arroz ocupa el segundo lugar después del trigo y proporciona más calorías por hectárea que cualquiera de los otros cereales cultivados (Acevedo *et al.*, 2006).

En Nicaragua el consumo per cápita de arroz casi se duplicó en los últimos diez años, pasando de 29.5 kg a 50 kg. Una parte importante de esta demanda se satisface con producción nacional. Durante el ciclo agrícola 2012/13, se cultivaron aproximadamente 101,148 ha de arroz, con una producción de 268,659 toneladas de arroz paddy o granza y un rendimiento promedio de 2.65 t ha⁻¹. Su cultivo es realizado por más de 24,500 productores, de ellos un 92% se dedican al método de secano y el resto al de riego, generando unos 75,000 puestos de trabajo directo e indirectos al año (MAG, 2013).

El componente más importante en la producción agrícola lo representa la semilla. La calidad es un factor predominante en el rendimiento. La producción de semilla implica un proceso el cual se debe de seguir bajo un adecuado seguimiento técnico con el fin de poder obtener semilla de alta calidad genética que garantice plenamente al productor las características implícitas en la variedad seleccionada para su siembra (INIFAP, 2014).

En la fase final de los programas de mejoramiento genético los genotipos con alto potencial de rendimiento de grano y buenas características agronómicas deben ser evaluados en un conjunto de ambientes, localidades y años, en las principales zonas de producción del cultivo en ciclos deferentes. El comportamiento diferencial de los genotipos en los diversos ambientes es debido a la interacción genotipo ambiente (GxA), dificultándose la selección de los genotipos. Por otro lado, la presencia de GxA afecta las estimaciones de la varianza genética y sobrestimándola o no tomarla en cuenta afecta negativamente el éxito de los programas de mejoramientos (Duarte y Vencovsky, 1999).

Las estimaciones de la variación fenotípica, la variación genética, el coeficiente de variación genética y la heredabilidad permiten determinar la importancia relativa de la variabilidad genética de los caracteres y fundamentan los métodos de mejoramiento (Barriga *et al.*, 1983).

El rendimiento de grano y sus principales componentes son caracteres cuantitativos que muestran variaciones fenotípicas continuas en las progenies de arroz. Esos caracteres son de herencia compleja y pueden involucrar un sin número de otros caracteres relacionados. El grado de correlaciones genotípicas y fenotípicas entre estos es importante porque la selección usualmente tiene que ver con el cambio de dos o más características simultáneamente (Sabouri, *et al.*, 2008).

La expresión de genes para el desarrollo de granos de arroz podría ser variable debido al clima, condiciones de suelo o manejo agronómico. No obstante, ha sido reconocido que la variación fenotípica para muchas características importantes de grano son controladas por efectos genéticos principalmente, así como, por la interacción del genotipo con el ambiente (Shi, *et al.*, 2002).

A partir del año 2010 se observaron cambios fenotípicos en la población ‘INTA Chinandega’ aunque se desconocía si se debían a causas genéticas o no genéticas. Además, si fuese lo primero, no se sabía si esta era suficiente para asegurar un mejoramiento de los caracteres cuantitativos de importancia económica considerados en estudio.

Con el propósito de generar información de los aspectos antes mencionados, se planteó esta investigación cuyos objetivos se describen a continuación.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el potencial de mejora genética de una población de 'INTA Chinandega' para su utilización en el mejoramiento del cultivo del arroz mediante la generación de variedades superiores.

2.2. Objetivos Específicos

Identificar parámetros genéticos de heredabilidad, componentes de varianza fenotípica y genotípica de la población de arroz 'INTA Chinandega' que permita el mejoramiento del rendimiento de semilla por planta y sus componentes.

Predecir la ganancia genética esperada mediante la selección en la población actual 'INTA Chinandega' en el rendimiento de semilla por planta y sus componentes.

Estimar la correlación genética entre el rendimiento de semilla por planta y sus componentes en la población INTA Chinandega.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área del estudio

El experimento para la evaluación del material genético se realizó en el Centro Experimental del Arroz Taiwán Nicaragua (TAINIC) ubicado en la comunidad el Horno, municipio de Sébaco departamento de Matagalpa en las coordenadas siguientes: latitud 12°48'01.06" N; 86°09'42.26" y a una longitud de 445 msnm.

Las propiedades físicas y químicas del suelo donde se estableció el ensayo a una profundidad de 60 cm, fueron las siguientes: pH (H₂O) 7.39, Materia orgánica 3.33 % Arcilla 57.6 %, Limo 28 %, Arena 14.4 %.

3.2. Diseño metodológico

Esta investigación se llevó a cabo en diferentes momentos, estos se describen a continuación:

3.2.1. Establecimiento de área de producción de semilla genética

Para el desarrollo de esta investigación en el ciclo de postrera 2014 se estableció un lote de 0.25 ha⁻¹ de semilla genética de las variedades INTA Chinandega e INTA Dorado. Dentro de cada población se seleccionaron 1000 plantas, con la semilla de las cuales se conformaron dos compuestos masal.

3.2.2. Establecimiento de semillero en bandejas

El 10 de enero 2015 de cada compuesto masal se seleccionaron 750 (g) de semilla a las que se les aplicó *Trichoderma harzianum*, a razón de 350 (g) por cada 46 kg de semilla. Las semillas de cada compuesto masal se sembraron en bandejas plásticas cuyas dimensiones eran las siguientes: 60 cm de largo por 30 cm de ancho a razón de 250 g de semilla por bandeja para un total de seis bandejas (tres por cada variedad).

3.2.3. Diseño de campo

Se realizó un plano de campo para bloques aumentados en tres bloques donde se establecieron 600 plantas de INTA Chinandega como testigo común y 120 plantas de la variedad INTA Dorado como probador distribuido en tres bloques.

3.2.4. Trasplante en campo

El 25 de enero 2015 se efectuó la siembra en el terreno y para garantizar uniformidad de siembra se realizó rayado del terreno con distancia equidistante entre surcos y planta de 0.25 m. Posteriormente, y cuando fue necesario, la resiembra. Las plántulas se sembraron en tres bloques de 12 surcos de 5 m de longitud y 3 m de ancho, el área de cada bloque fue de 15 m². El área total del experimento fue de 51 m². Las condiciones agroclimáticas registradas durante el ensayo, se describen a continuación.

Cuadro 1. Condiciones agroclimáticas registradas en el Centro Experimental del Arroz Taiwán Nicaragua (TAINIC), Sébaco, 2015.

Datos Climáticos	Mes				Media General
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
Insolación total (horas/luz)	247.3	268.7	259.0	225.3	250
Temperatura promedio diurna (°C)	25.6	25.6	27.1	27.1	26.35
Temperatura promedio nocturna (°C)	18.8	19.7	19.6	21.2	19.83
Humedad relativa promedio media (%)	64.0	62.0	60	64.0	62.5
Velocidad promedio del viento (km h ⁻¹)	10.8	11.1	9.0	8.3	9.8

Las precipitaciones en el municipio de San Isidro son de 800 a 900 milímetros anualmente. El material biológico en estudio consistió en las variedades INTA-Dorado proveniente de la cruce triple CTL-17711938/IR-21015/72-3-331 realizada en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT 1996-1997) red de arroz de Centro América, y la variedad INTA Chinandega derivada de la cruce doble CT-11519/ CT-11492 realizada en CIAT 1997 introducidas 1996-1997. Después de varios ciclos de evaluación por investigadores de INTA y la misión de China Taiwán fueron liberadas y utilizadas en la producción de semilla. Las características de ambas variedades se describen en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Características agronómicas e industrial de las variedades de arroz INTA Chinandega e INTA Dorado, 1997.

Característica	INTA Chinandega	INTA Dorado
Altura de planta (cm)	90	105-110
Longitud de panícula (cm)	24	23.6
Tipo de grano	Largo	Largo
Excursión de panícula (cm)	8	5-7
Característica Industrial	Bueno	Bueno
Días a floración:	80	80-90
Días a cosecha	120-125	120-125
Vigor Inicial	Bueno	Bueno
Macollamiento	Bueno	Bueno
Reacción al acame	Resistente	Resistente
Peso de 1000 semillas (g)	27	27.9
Rendimiento potencial (kg ha ⁻¹)	6400- 7700 Secano	9000 (Riego) y 7100 (Secano Favorecido)

3.3. Manejo agronómico del ensayo

El semillero se realizó en bandejas plásticas, con sustrato de cascarilla de arroz. Tanto la semilla como el sustrato se desinfestaron con *Trichoderma harzianum*, a razón de 10 g por cada 100 g de semilla. El trasplante al terreno se realizó 12 días después de la siembra colocando una planta por golpe, distanciados a 0.25 m entre golpe y entre hileras para una norma de siembra de 7 kg ha⁻¹. Al momento de la siembra el suelo estaba en condiciones de capacidad de campo. Se realizaron aplicaciones de láminas de riego de 5 y 10 cm en la fase vegetativa y durante la etapa reproductiva se aplicaron dos pases con lámina de 13 cm.

Al momento de la siembra, se fertilizó con la fórmula 18-46-00 a razón de 130 kg ha⁻¹ más 65 kg ha⁻¹ de MOP (Muriato de potasio) (0-0-60). La urea se aplicó en dos momentos: a los 35 y 55 días después de la emergencia (dde), en dosis de 130 y 65 kg ha⁻¹. En el segundo momento,

la aplicación de urea se complementó con 65 kg ha⁻¹ de MOP (00-00-60). En total se aplicaron 195 kg ha⁻¹ de nitrógeno 60 kg ha⁻¹ fósforo y 39 kg ha⁻¹ de potasio.

Para el manejo de malezas se utilizaron los métodos manual y herbicida Basagran 48 SL para control de hoja ancha, para la prevención y control de plagas como chinche de la espiga (*Oebalus insulares*) y enfermedades se realizaron aplicaciones de: Engeo (Thiametoxam + Lambda – Cihalotrina®) 0.10 l ha⁻¹ Rienda, (Deltamethrin, triazophos®) 1.5 L ha⁻¹, Actara (Thiametoxan®) 80 g ha⁻¹, Amistar (Azoxistrobina®) 100 g ha⁻¹

3.4. Variables evaluadas

Todas las variables que se describen a continuación se midieron después de la cosecha y la información se obtuvo a nivel de plantas individuales en el caso de las variables genéticas se determinaron siguiendo la metodología propuesta por (Resende, 2007).

1- Peso de 1000 semillas (g): Al momento de determinar esta variable el contenido de humedad de las semillas era del 14%. Para medir esta variable se utilizó una balanza electrónica marca Sartorius con una capacidad máxima de peso de 3100 g y con un margen de error de 0.01. En aquellos casos donde la muestra de semilla contenía menos de 1000 semillas, el peso de éstas se calculó extrapolando el peso de la cantidad disponible por medio de una regla de tres.

2- Rendimiento de semilla por planta (g): Esta variable se determinó pesando el total de granos producidos por cada espiga. Para esto se utilizó una balanza electrónica marca Sartorius con una capacidad máxima de peso de 3100 g y con un margen de error de 0.01. El contenido de humedad de las semillas al momento de registrar esta variable era del 14 %.

3- Número de semillas/panícula: El conteo de semillas por panícula se realizó de forma manual. Dicho conteo se realizó en las instalaciones del laboratorio del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA).

En este trabajo se derivaron las variables siguientes:

Varianza genética (V_g): Es la varianza fenotípica de un rasgo en una población debida a heterogeneidad genética. Se calculó de la manera siguiente:

$$V_g = V_f * h^2$$

En donde:

La varianza fenotípica es la varianza de los valores genotípicos más la varianza ambiental y se calculó de la manera siguiente.

$$V_f = V_g + V_e$$

En donde:

Heredabilidad en sentido amplio (h_g^2): Se puede definir como la proporción de variancia total que es atribuible a los efectos medios de los genes y esto es lo que determina el grado de parecido genético entre parientes (Falconer, 1970). Se determinó por medio de la expresión siguiente:

$$h_g^2 = V_g / V_f$$

En donde:

4. Coeficiente de variación genética (CVG): es una medida de la tendencia de los genotipos de una población a diferenciarse y se calculó con la siguiente ecuación.

$$CVG (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_G^2 \times 100}}{\bar{X}}$$

En donde:

Coeficiente de variación fenotípica (CVF): se refiere al cálculo empleando la ecuación siguiente:

$$CVF(\%) = \frac{\sqrt{\sigma_F^2 \times 100}}{\bar{X}}$$

En donde:

Coeficiente de variación ambiental (CVA) se calculó empleando la ecuación siguiente:

$$CVA (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_A^2 \times 100}}{\bar{X}}$$

3.5. Análisis estadístico

El experimento se estableció en un diseño de bloques aumentados, analizándose los datos con el programa genético Selegenreml/ Blup (Resende, 2007) en base al modelo 74 que se describe de la manera siguiente:

$$Y = Xf + Zg + Wb + E$$

En donde:

Y= Vector de datos

Xf= Es el vector de los efectos considerados como fijos (Media general para el modelo 74)

Zg= Es el vector de efectos genotípicos aleatorios.

Wb= Es el vector de efectos ambientales aleatorios de bloques.

E= Es el error aleatorio o vector de residuos.

Las letras mayúsculas representan las matrices de incidencia para dichos efectos

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estimación de parámetros genéticos

Los valores de heredabilidad son bajos (cuadro 3) de peso de 1000 semillas, rendimiento de semilla por planta y número de semillas por panícula fueron bajos: 0.25, 0.17 y 0.13, respectivamente. Esto implica que el componente asociado con la varianza genética resultó de menor magnitud en comparación con el componente no genético. De acuerdo con (Klug *et al.*, 2006) muy pocos caracteres cuantitativos tienen estimados de heredabilidad altos.

En general y en base a los resultados del (cuadro 3) se puede decir que la variación heredable en la población INTA Chinandega para los caracteres peso de 1000 semillas, rendimiento de semilla por planta y número de semillas por panícula fue baja, esto se debe a que los componentes fenotípicos son altos por lo que en esta variedad no se recomienda continuar con el proceso de fito mejoramiento ya que las diferencias observadas en la población son meramente fenotípicas y no genéticas.

En cuanto al coeficiente de variación relativa (CVR), el cual, es la relación entre el coeficiente de variación genética y el ambiental los valores para las tres variables antes mencionadas obtenidos en este parámetro fueron 0.58, 0.45 y 0.39, respectivamente (Cuadro 3). Según (Vencovsky, 1987) cuando el CVR es ≥ 1 existe una situación muy favorable para la ganancia por selección ya que en estos casos la variación genética es igual o mayor a la ambiental, sin embargo, en este estudio los CVR de las tres variables fue inferior a la unidad por lo que la selección no es muy efectiva en términos de ganancia genética.

Cuadro 3. Estimación de parámetros genéticos en la población INTA Chinandega para los caracteres peso de 1000 semillas (g), rendimiento de semillas por planta y número de semillas por panícula, Sébaco, TAINIC, 2015.

Parámetros	Peso de 1000 semillas (g)	Rendimiento de semillas por planta (g)	Número de semillas por panícula
Vg	7.67	29.1	40,259
Ve	22.3	140.18	257,450
Vf	30	169	297,709
h2g	0.25	0.17	0.13
CVg (%)	14.4	24.5	17.4
CVF %	28.5	59.1	47.32
CVA %	24.5	53.8	44
CVR	0.58	0.45	0.39
Acgen	0.5	0.41	0.36
X	19.2	22	1,153.1

Vg: varianza genotípica, **Ve:** varianza residual, **Vf:** varianza fenotípica, **h2g:** heredabilidad (sentido amplio), **CVg:** coeficiente de variación genética, **CVf:** coeficiente de variación fenotípica, **CVa:** coeficiente de variación ambiental, **CVR:** coeficiente de variación relativa **Acgen:** exactitud de selección del genotipo, **X:** media general.

4.2. Predicción de la respuesta a la selección

La respuesta esperada de la selección (o ganancia genética) de los mejores 30 genotipos que representan el 5% de la población total, esto se debe a que los valores de ganancia genética se vuelven casi estables para peso de 1000 semillas, rendimiento de semilla por planta y número de semillas por panícula se reflejan en el (cuadro 4). La nueva media de cada genotipo es el resultado de sumarle a la media poblacional la ganancia genética respectiva. Al considerar la media poblacional como el valor base y se compara con la nueva media predicha por cada uno de los 30 genotipos los cambios, en porcentajes, en la media poblacional oscilaron de 17 y 51% para peso de 1000 semillas; de 18 a 98% para el rendimiento de semilla por planta y de 13 a 57% para el número de semillas por panícula (el primer valor de cada intervalo corresponde al genotipo que ocupó la posición 30 en orden descendente y el segundo valor al que ocupó la primera posición).

Cuadro 4. Efectos genéticos aditivos predichos para 30 poblaciones de INTA Chinandega en cuanto a peso de 1000 semillas, rendimiento de semillas por planta y número de semillas por panícula. Sébaco, TAINIC, 2015.

Orden	Peso de 1000 Semillas (g)					Rendimiento de semilla por planta (g)					Número de semillas por panícula				
	p	g	u+g	G	Nueva Media	P	g	u+g	G	Nueva Media	P	g	u+g	G	Nueva Media
1	155	9.9	29.1	9.9	29.1	7	6.3	27.8	22.1	43.6	34	215.8	1368.9	659.4	1812.5
2	113	4.8	23.9	7.3	26.5	415	5.9	27.4	16.7	38.2	450	177.3	1330.3	498.7	1651.8
3	62	4.3	23.4	6.6	25.7	450	5.1	26.6	13.8	35.3	129	176.6	1329.7	418.2	1571.2
4	156	3.9	23.1	6.0	25.2	291	4.5	26.0	12.0	33.5	41	163.6	1316.7	367.3	1520.3
5	419	3.8	23.0	5.7	24.8	451	4.0	25.5	10.6	32.1	7	162.8	1315.9	333.2	1486.3
6	124	3.6	22.8	5.4	24.5	226	3.8	25.3	9.7	31.2	415	159.2	1312.3	308.3	1461.4
7	143	3.6	22.7	5.2	24.3	34	3.8	25.3	8.9	30.4	224	131.7	1284.8	286.3	1439.3
8	123	3.5	22.6	5.0	24.1	413	3.5	24.9	8.3	29.8	424	129.6	1282.6	268.8	1421.9
9	117	3.4	22.6	4.8	24	380	3.5	25	7.8	29.3	451	127.2	1280.3	254.7	1407.8
10	131	3.4	22.6	4.7	23.8	433	3.4	24.9	7.4	28.9	226	126.5	1279.6	243.0	1396.1
11	77	3.4	22.5	4.6	23.7	59	3.2	24.7	7.1	28.6	298	122.1	1275.1	232.9	1386
12	67	3.2	22.4	4.5	23.6	224	3.1	24.6	6.8	28.3	343	118.4	1271.4	224.1	1377.2
13	428	3.2	22.3	4.4	23.5	390	3.1	24.6	6.5	28.0	207	118.1	1271.2	216.6	1369.6
14	69	2.9	22	4.3	23.4	395	3.0	24.5	6.3	27.8	30	116.8	1269.8	209.9	1363
15	127	2.9	22	4.2	23.3	207	3.0	24.5	6.1	27.6	291	115.8	1268.8	204	1357.1
16	55	2.8	21.5	4.1	23.3	209	3.0	24.5	5.9	27.4	46	114.9	1268	198.8	1351.9
17	141	2.8	21.9	4.0	23.2	117	2.9	24.4	5.7	27.2	395	113.9	1267	194.1	1347.1
18	159	2.8	21.9	4.0	23.1	343	2.9	24.4	5.6	27.1	399	113.2	1266.3	189.8	1342.8
19	371	2.6	21.9	4.0	23.1	33	2.9	24.4	5.4	26.9	204	111.8	1264.9	185.9	1338

Orden	Peso de 1000 Semillas (g)					Rendimiento de semilla por planta (g)					Número de semillas por panícula				
	p	g	u+g	G	Nueva Media	P	g	u+g	G	Nueva Media	P	g	u+g	G	Nueva Media
20	262	2.6	21.7	3.8	23	81	2.9	24.4	5.3	26.8	8	111	1264.1	182.3	1335.4
21	235	2.5	21.7	3.8	22.9	448	2.8	24.3	5.2	26.7	448	111	1264	179.1	1332.2
22	75	2.4	21.6	3.7	22.9	429	2.8	24.3	5.1	26.6	390	107.5	1261.4	176	1329.1
23	119	2.4	21.5	3.7	22.8	342	2.7	24.3	5.0	26.5	93	107.5	1260.6	173.2	1326.2
24	154	2.4	21.5	3.6	22.8	345	2.6	24.1	4.9	26.4	380	105	1260.5	170.5	1323.6
25	433	2.3	21.4	3.6	22.7	204	2.6	24.1	4.8	26.3	6	104.6	1258.1	168	1321.1
26	447	2.2	21.4	3.5	22.7	397	2.6	24.1	4.7	26.2	197	102.3	1257.6	165.7	1318.7
27	132	2.2	21.3	3.5	22.6	197	2.6	24.1	4.7	26.2	302	97.7	1255.4	163.4	1316.5
28	80	2.1	21.3	3.4	22.6	399	2.6	24.1	4.6	26.1	275	97.4	1250.8	161.1	1314.2
29	52	2.1	21.3	3.4	22.5	435	2.5	24	4.5	26.0	413	94.9	1250.5	159	1312.1
30	74	2.1	21.2	3.3	22.5	370	2.5	24	4.4	26.0	434	94.8	1247.9	156.9	1310

Planta (p), efectos genotípicos predichos (g), valores genotípicos (u+g) Ganancia genética (G),

4.3. Correlación genética entre caracteres

Las correlaciones genéticas son de gran importancia para detectar un posible ligamiento entre caracteres (Resende y Duarte, 2007).

En este estudio se detectó una alta correlación genética entre el rendimiento de semillas por planta y el número de semillas por panícula 0.89 altamente significativa, esto implica que al seleccionar por un mayor número de semillas por panícula se estaría seleccionando un alto rendimiento de grano por planta, el peso de 1000 semillas y el rendimiento de semilla por panícula fue negativa, -0.029 y que el número de semillas por planta 0.37.

El rendimiento es un carácter de naturaleza compleja que depende de las interacciones de un alto número de factores. La herramienta estadística que permite al fito mejorador estimar el grado y la naturaleza de tales asociaciones es el coeficiente de correlación (r). La correlación fenotípica se estima de valores medidos en campo; la genotípica, corresponde a la porción genética de la correlación fenotípica. (Ceballos, 2003).

En este sentido, se conoce que el rendimiento del arroz está en función de sus componentes y en ocasiones depende de las condiciones climáticas y composición varietal empleada, de ahí que existan diversas opiniones en cuanto a las correlaciones que se establecen entre el rendimiento y sus componentes, recomendándose el estudio de las causas de la variación para cada situación dada (López, 1991).

Cuadro 5. Correlación genética entre las variables cuantitativas en la población de arroz INTA Chinandega. TAINIC, Sébaco, 2015.

Variab les	Peso de 1000 semillas (g)	Rendimiento de semilla por planta (g)	Número de semillas por panícula	Pr>F
Peso de 1000 semillas (g)	1	- 0.029	0.37	0.05
Rendimiento de semilla por planta (g)		1	0.89	0.05
Número de semillas por panícula			1	0.05

V. CONCLUSIONES

La variación genética útil en la población INTA Chinandega que podía ser utilizada para fines de mejoramiento genético resultó baja lo que se refleja en los valores de la heredabilidad en sentido amplio 0,25 para el peso de 1000 semillas, 0.17 para el rendimiento de semillas por planta y de 0.13 para el número semillas por panícula.

Incrementar el número de semillas por panícula es el mejor componente del rendimiento en el mejoramiento genético de arroz en esta variedad con 0.89.

La heredabilidad individual (h^2_g) contribuye a una mayor ganancia genética, en el carácter peso de 1000 semillas g, con el uso del BLUP individual en 0.25.

Las poblaciones 117, 433, 7, 415, 450, 291, 451, 226, 34, 413, 380, 224, 451, 390, 395, 399, 207, 448, 204, 197, se destacan por presentar valor genético aditivo elevado en dos caracteres.

La variación ambiental dentro de la parcela o entre las plantas presenta una contribución mayoritaria a la varianza fenotípica total, en la evaluación de plantas individuales.

VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, Marco A, Castrillo, Willian A, & Belmonte, Uira C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151-170. Recuperado en 05 de septiembre de 2017.
- Barriga B., R. Fuentes P., B. Carrillo L. y C. Jobet F., 1983. Heredabilidad de algunos caracteres agronómicos y morfofisiológicos en triticales hexaploide. *Agrosur* 11 (1): 43-48.
- Ceballos, H. 2003. *Genética cuantitativa y fitomejoramiento*. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 524 p.
- Duarte, J. B. e R. Vencovsky 1999. *Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise "AMMI"*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 60 p. (Série monografías, 9).
- Falconer, D. S. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longmans, London. 1970. 383 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro de Investigación Regional Pacífico Centro Campo Experimental Tecomán Tecomán, Colima, México Folleto Técnico Núm. 2. Septiembre de 2014.
- Klug, W. S.; Cummings, M. R y Spencer, C. A. *genetics concept*. Pearson Education Inc. Prentice Hall. 2006. p. 707-712.
- López, L. *Arroz. Cultivos herbáceos. Cereales*. Madrid:Ed. Mundi-Prensa, 1997. p. 419.
- MAG. 2013. *Dirección estadística del MAG*. Managua, Nicaragua.
- Resende, M. D. (2004). *Sistema estadístico e selección genética computadorizada. Selegen REM/BLUP*. Brasilia, Brasil: EMBRAPA.
- Resende, M.; Duarte, J. 2007. *Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares*. *Pesq. Agrop. Trop.* 37(3):182-194.

Sabouri, H., Rabiei, B., Fazlalipour, M., "Use of selection Indices Based on Multivariate Analysis for Grain Yield in Rice." *Rice Science*, 2008, P. 15(4): 303, 310.

SHI C.H., P. W., X.M. ZHANG, J.G. WU, "Developmental analysis on genetic behavior of brown rice recovery in indica rice across environments." *Plant Science*, 2002, 163: 555, 561.

Vencovsky, R., 1987. Herança Quantitativa. In: E. Paterniani (ed.). *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. Edição da Fundação Cargill. Instituto de Genética, Escuela Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, Brasil. pp 122-199.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Áreas sembradas y productores de arroz por departamento riego y seco.

Departamento	Productores		Área sembrada (mz)	
		Riego	Riego	Secano
Total	822	23,578	59,151.65	40,719.97
Estelí	0	8	0	9.65
Madriz	0	7	0	5.75
Nueva Segovia	0	183	0	1,070.00
Matagalpa	177	292	13,983.11	347.6
Jinotega	0	2,178	0	2,985.32
León	37	145	6,180.75	1,257.50
Chinandega	0	982	0	5,971.89
Managua	75	92	10,096.77	296.85
Masaya	0	405	0	539.36
Granada	145	888	13,817.28	1,937.59
Carazo	0	1,271	0	1,442.67
Rivas	158	3,742	1,254.58	6,327.03
Chontales	14	327	4,149.77	412.3
Boaco	89	13	5,522.35	9.5
Rio San Juan	127	2,180	4,147.04	3,215.09
RAAN	0	7,509	0	10,109.87
RAAS	0	3,356	0	4,782.00

Fuente: INIDE/IV CENAGRO 2011

Anexo 2. Estratificación de los productores de arroz según sistema de producción.

Tamaño Explotación. Agrícola/mz	Productores		Área de producción (mz)	
	Riego	Secano	Riego	Secano
Total	822	23,578	59,151.64	40,719.97
<0.5	5	165	1.74	50.12
0.51-1	9	437	6.97	211.47
1.01-2.5	59	1874	76.81	1,272.83
2.51-5	95	2771	269.2	2,693.24
5.01-10	131	3200	676.68	3,905.13
10.01-20	102	3492	619.46	4,755.77
20.01-50	152	5759	2,661.19	8,935.63
50.01-100	100	3454	4,609.32	7,311.79
100.01-200	73	1577	7,125.25	5,262.21
200.01-500	56	655	11,276.27	3,499.88
>500.01	40	194	31,828.75	2,821.90

Fuente: INIDE/IV CENAGRO 2011

Anexo 3. Principales Países productores de arroz a nivel mundial 2016.

País	Toneladas métricas
China	144,850,000
India	106,500,000
Otros países	41,293,000,
Indonesia	37,150,000
Bangladesh	34,581,000
Vietnam	27,861,000
Tailandia	18,600,000
Birmania	12,400,000
Filipinas	11,500,000
Brasil:	8,160,000
Japón:	7,780,000
Estados Unidos	7,117,000
Pakistán	6,800,000
Camboya	4,700,000
Egipto	4,554,000

Anexo 4. Diseño experimental de campo.

