

TECNOLOGÍA AGRARIA

Volumen 2 - Nº 2 - Enero - Junio de 2019

ISSN 2518-8380



Instituto
**PARAGUAYO DE
TECNOLOGÍA
AGRARIA**



*Paraguay
de la gente*

TECNOLOGÍA AGRARIA

**Publicación Semestral del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria - IPTA
San Lorenzo - Paraguay**

CUERPO EDITORIAL

Directora

Crisanta Rodas Cardozo, IPTA – San Lorenzo

Editores

Dalva Bolfoni, IPTA- San Lorenzo

Raúl Gómez Jara, IPTA- San Lorenzo

Juan Carlos Ramírez, IPTA- San Lorenzo

Editor Asociado

César Vian, IPTA- San Lorenzo

Editores Técnicos

Mirian Beatriz Trabuco de Evert, IPTA- Caacupé

Lourdes Cardozo Tellez, IPTA- Caacupé

Ruth Scholz Drodowski, IPTA- Capitán Miranda

Francisco Javier Vallejos Mernes, IPTA- Caacupé

Revisión Gramatical de la Lengua Inglesa

Víctor Manuel Santander García, IPTA – San Lorenzo

Diagramación

Juan Carlos Ramírez, IPTA- San Lorenzo

Secretario

Lucio Sanabria, IPTA- San Lorenzo

Apoyo Informático y Arte de Tapa

Hugo Hernán Carrillo, IPTA – San Lorenzo

TECNOLOGIA AGRARIA es una revista de publicación semestral, cuyo objetivo es divulgar conocimientos científicos en el área de ciencias agrarias y afines. ISSN 2518-8380. El contenido de los artículos publicados en la revista es de exclusiva responsabilidad de los autores. Para cualquier consulta o colaboración dirigirse a:

Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria - IPTA. Oficina Central, Ruta 2, Km 10,5 - San Lorenzo, Paraguay
E-mail: revista@ipta.gov.py. - revista.ipta@gmail.com Página web: <http://www.ipta.gov.py>

Tecnol. Agrar., Volumen 2, Número 2, Enero - Junio de 2019

Miembros del Comité Científico Externo

José Félix Bareiro Mendoza

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Víctor Gómez

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Pilar Galeano

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Laura Soilán

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Líder Ayala Aguilera

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Danilo Fernández

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - FACEN
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Verónica Machado

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales
Universidad Nacional de Itapúa - UNI, Paraguay.

Gerardo José Bogado Ayala

Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal - SENACSA, Paraguay

Miguel Ángel Ruiz Díaz Villalba

Especialista Entomólogo, Paraguay

Ana Hristoff

Consultora, Uruguay

Diego Fatecha

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Guillermina Macchi

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

Pedro Vera

Facultad de Ciencias Agrarias- FCA
Universidad Nacional de Asunción- UNA, Paraguay.

TECNOLOGÍA AGRARIA

ISSN 2518-8380

Volumen 2 N° 2 Enero - Junio 2019

Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria - IPTA
San Lorenzo - Paraguay

CONTENIDO/CONTENTS

Presentación		5
Artículos Científicos/ Scientific Articles	Eficacia de herbicidas desecantes y de acción residual en el control de <i>Conyza</i> sp. y otras malezas en el cultivo de soja / Effectiveness of desiccant herbicides and action in the control of horseweed and other weeds in soybean / Adrián Palacios, Gerardo Berton, Anuncio Almada.	7
	Comparación de rendimiento de nueve variedades paraguayas de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en base a sus componentes de rendimiento / Comparison of yield and its components of nine Paraguayan wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) cultivars / Pedro Chávez Sanabria, Juan Carlos Ramirez, Ruth Scholz, Man Mohan Kohli, Pablo E. Abbate.	13
	Adaptabilidad y estabilidad de genotipos de girasol en la región oriental del Paraguay / Adaptability and stability of sunflower genotypes from the eastern region of Paraguay / Orlando Noldin, Amalio Mendoza, Ricardo Mereles, Leticia Ayala, Aníbal González, Diana Bado, Juan Morel, Victorio Baez, Mario Diaz, Rodolfo Schopfer, Francisco Gómez.	22
	Efecto de tres formas de aplicación de zinc y boro en el cultivo de maíz / Effect of three ways of applying zinc and boron in maize cultivation / Carlos Andrés López Fretes, Blas Adalberto Vera Rokembach, Alodia González.	29
	Cría de pacú en un sistema integrado a la producción de arroz / Pacu breeding fish in an integrated rice production system / Jorge Cabañas, Hugo Chaparro, Cristian Ferreira y Martin Guillen.	40
Normas/ Instructions	Normas de publicación / Instructions to Authors	45

PRESENTACIÓN

La revista “*Tecnología Agraria*” constituye un medio del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), para difundir los nuevos conocimientos, el desarrollo de tecnologías, las alternativas de soluciones en los procesos de producción en escenarios de conservación de recursos genéticos y de variabilidad climática, entre otras áreas del abanico de posibilidades de las ciencias. En ella, los investigadores del sector agropecuario y forestal encontrarán la oportunidad de hacer llegar al público los resultados de sus respectivos trabajos.

Los artículos han sido evaluados aplicando las normas establecidas para el efecto, y con criterios abiertos para todos los que brindan su colaboración en la presentación de los trabajos científicos, y al mismo tiempo, se reafirma el compromiso de dar continuidad a la publicación de la revista luego de un breve paréntesis.

El contenido publicado en este número aporta novedades para los cultivos de soja, trigo, girasol, maíz, como así también para la cría del pacú en un sistema integrado con el cultivo de arroz, reflejando la contribución del trabajo científico de nuestros investigadores.

A los autores, revisores, árbitros y editores, expreso mi agradecimiento, como asimismo a los directivos de la institución, que con el trabajo y orientación, han dinamizado y sentado las bases editoriales de la revista para su mejoramiento y continuidad, privilegiando la eficiencia y el relacionamiento interinstitucional y multidisciplinario en un sistema de innovación tecnológica permanente.

Ing. Agr. Edgar Alden Esteche Alfonso
Presidente
Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria

Eficacia de herbicidas desecantes y de acción residual en el control de *Conyza* sp. y otras malezas en el cultivo de soja

Effectiveness of desiccant herbicides and residual action in the control of horseweed and other weeds in soybean

Adrián Palacios^{1*}; Gerardo Berton²; Anuncio Almada¹

¹IPTA - Capitán Miranda - Itapúa, Paraguay.

²Instituto de Biotecnología Agrícola. Asunción, Paraguay

*Autor para correspondencia (adrilacios@gmail.com)

Recibido: 21/10/17 Aceptado: 07/12/17

RESUMEN

El experimento fue instalado en el campo experimental del IPTA, ubicado en el distrito de Capitán Miranda, departamento de Itapúa. El objetivo fue determinar la eficacia de herbicidas desecantes y de acción residual en el control de *Conyza* sp. y otras malezas de hojas anchas, antes y durante el cultivo de soja. El diseño utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron 11 en total. Se realizaron tres aplicaciones de herbicidas: la primera, a 62 días antes de la siembra con productos a base de glifosato, hormonales y residuales; luego, una aplicación de paraquat (secuencial 1), a los 13 días después de la primera aplicación (DDPA). Por último, a 10 días antes de la siembra se realizó otra aplicación de herbicidas a base de glifosato, hormonales y residuales selectivos para el cultivo de soja (secuencial 2). Los tratamientos incluyeron un testigo limpio y un testigo enmalezado. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de control de *Conyza* sp., número de vainas por planta, rendimiento de granos y peso de 100 granos. Los resultados indicaron que la *Conyza* sp. ha presentado susceptibilidad al glifosato + 2,4-D, glifosato + 2,4-D + metsulfuron y al glifosato + 2,4-D + atrazina, más la aplicación secuencial de paraquat. El glifosato + 2,4-D + sulfentrazone y glifosato + 2,4-D + diclosulam, han logrado buen control de las nuevas germinaciones de malezas hasta los 30 DDE del cultivo. Todos los tratamientos con mezclas de herbicidas consiguieron rendimientos superiores al testigo enmalezado, con alta interferencia de *Conyza* sp.

Palabras clave: *Conyza* sp., *Glycine max*, porcentaje de control, rendimiento.

ABSTRACT

A trial to determine the effectiveness of desiccant herbicides and their residual action in the control of *Conyza* sp. and other broadleaf weeds, before and during the cultivation of soybeans was carried out in the experimental field of the IPTA - Capitán Miranda, located in the department of Itapúa. The experimental design was completely randomized blocks with three replications. The total treatments were 11 and consist of: Three applications of herbicides: the first one, 62 days before planting, with glyphosate, 2,4-D and residual products; second one was a paraquat application (sequential 1), 13 days after the first application. Finally, 10 days before planting, herbicides base on glyphosate, hormonal and selective residuals for the cultivation of soybeans (sequential 2). Treatments were completed with manual weed control and a plot without weeds control. Variables evaluated were: level of control of *Conyza* sp., number of pods per soybeans plants, yield and weight of 100 grains. The results indicated that *Conyza* sp. resented susceptibility to glyphosate + 2,4-D, glyphosate + 2,4-D + metsulfuron and glyphosate + 2,4-D + atrazine, plus the sequential application of paraquat. Glyphosate + 2,4-D + sulfentrazone and glyphosate + 2,4-D + diclosulam have showed a good control of new germinated weeds up to 30 days after germination of the crop. All treatments with herbicide mixtures obtained yields higher than the plot without weed control.

Key words: *Conyza* sp., *Glycine max*, control percentage, yield.

INTRODUCCIÓN

Existen 486 biotipos de plantas dañinas, en 253 especies, resistentes a herbicidas a nivel mundial (Heap 2017). Anteriormente, la mayor cantidad de casos de resistencia de malezas se registraron con herbicidas triazinas, pero a partir de los 90 los herbicidas ALS empezaron a ocupar el primer lugar. Actualmente, se registra un incremento de malezas resistentes al mecanismo de acción EPSPs.

Con el uso intensivo de un solo mecanismo de acción herbicida, las malezas resistentes están destinadas a surgir con el tiempo. Sin embargo, las oportunidades de que las plantas dañinas resistentes sobrevivan y prosperen se han visto multiplicadas por el éxito de los cultivos genéticamente modificados tolerantes al glifosato, en los cuales el control de las malezas con frecuencia sólo se basa en el glifosato. Este simple sistema de control de malezas es muy efectivo en cuanto a costos para los agricultores, pero el tiempo ha demostrado que se puede dar un claro abuso. De manera similar, los sistemas con labranza cero, que tienen muchos beneficios, entre ellos la prevención de la erosión del suelo, el secuestro del carbono y el ahorro de combustible, se han incrementado en los últimos tiempos.

En los últimos diez años aumentó la cantidad de biotipos de malezas resistentes a productos de mecanismo de acción EPSPs. La introducción de la soja Round Up Ready, resistente al glifosato, en el

país, representaba la solución a todos los problemas de plantas dañinas en el cultivo de la soja. Con ello, el agricultor con un solo producto aplicado en cualquier estadio fenológico del cultivo y de las malezas, podía eliminar la interferencia tanto de hojas anchas como de las hojas finas. Pasaron como diez años de uso generalizado del producto y de la soja RR; en el año 2005 se identificó un biotipo de kapi'í pororó, *Digitaria insularis* (L.) Fedde, en el Paraguay, que toleró la aplicación de dosis altas de glifosato (Heap 2017). A un par de años de este suceso, empezó a identificarse un biotipo de *Conyza* sp., resistente a Glifosato, que ya venía siendo problema en el Brasil.

El objetivo del presente experimento fue determinar la eficacia de herbicidas desecantes y de acción residual, en el control de *Conyza* sp. y otras malezas de hojas anchas, antes y durante el ciclo de cultivo de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado en el Centro de Investigación IPTA - Capitán Miranda, ubicado en el distrito de Capitán Miranda, departamento de Itapúa, a una latitud de 27° 17' 59" sur y longitud de 55° 49' 22" oeste, y 228 metros sobre el nivel del mar. El periodo de ejecución del ensayo fue entre septiembre de 2014 y marzo del 2015.

El diseño utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron 11 en total y se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos. Manejo de *Conyza* sp. y otras malezas en desecación y dentro del cultivo de soja. Año 2014-2015.

	Primera aplicación	Secuencial 1	Secuencial 2
1	Gli 2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha
2	Gli 2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + sulfentrazone 0,5 L/ha
3	Gli 2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + diclosulam 30 g/ha
4	Gli2 L/ha+2,4-D 0,6 L/ha + metsulfuron 6 g/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha
5	Gli2 L/ha+2,4-D 0,6 L/ha + metsulfuron 6 g/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + sulfentrazone 0,5 L/ha
6	Gli2 L/ha+2,4-D 0,6 L/ha + metsulfuron 6 g/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + diclosulam 30 g/ha
7	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + atrazina 1,6 kg/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha
8	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + atrazina 1,6 kg/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + sulfentrazone 0,5 L/ha
9	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + atrazina 1,6 kg/ha	Paraquat 2 L/ha	Gli2 L/ha + 2,4-D 0,6 L/ha + diclosulam 30 g/ha
10	Testigo limpio		
11	Testigo enmalezado		

*El glifosato con concentración de 662 g/L, 2,4-D amina a 240 g/L, metsulfuron a 600 g/L; atrazina a 900 g/L/kg, paraquat a 240 g/L, sulfentrazone a 500 g/L y diclosulam a 840 g/L/kg.

Fueron efectuadas tres aplicaciones de herbicidas. La primera, el 9 de septiembre de 2014, a 62 días antes de la siembra, con productos a base de glifosato, hormonales y residuales; luego, se realizó una aplicación de paraquat (secuencial 1), a los 13 días

después de la primera aplicación (DDPA). Por último, a 10 días antes de la siembra, el 31 de octubre de 2014, se realizó otra aplicación de herbicidas a base de glifosato, hormonales y residuales selectivos para el cultivo de soja (secuencial 2). La aplicación se realizó

con pulverizador a gas carbónico a presión constante de 40 libras por pulgada cuadrada y caudal de 120 L/ha. La barra, de 2 metros de ancho de aplicación, contaba con cuatro picos distanciados a 50 cm; el tipo de pastilla ha sido abanico plano, 110-015, color verde. Las pulverizaciones fueron hechas respetando las condiciones de humedad relativa superior a 61%, temperatura entre 18 a 21°C y velocidad del viento de entre 4 a 7 km/h.

La lectura de levantamiento de las malezas de la parcela, efectuada previa a la primera aplicación de herbicidas, registró una densidad media de 45 plantas/m² de *Conyza* sp. Esta especie se hallaba en diferentes estadios fenológicos, desde la emergencia hasta plantas de 30 cm de altura. Aproximadamente, el 35% de las plantas tenían hasta 10 cm de altura, el 45% entre 10 y 20 cm, y el 25% con más de 20 cm.

Cada unidad contaba con tres metros de ancho y seis metros de longitud, con una superficie total de 18 m². El ancho de la barra de aplicación fue de dos metros quedando el resto de la unidad experimental como testigo apareado. Posteriormente, en la franja afectada por los productos, se hizo la siembra de cuatro hileras de soja, distanciadas a 0,45 m y seis metros de longitud, completando 10,8 m².

La siembra y fertilización fueron efectuadas con una sembradora de semillas gruesas, el 10 de noviembre

de 2014, utilizando la variedad Nidera 5909 RG. El distanciamiento entre hileras fue de 0,45 metros y con aproximadamente, 16 semillas por metro lineal. Para la fertilización básica con (NPK) se utilizó 150 kg/ha de (04-30-10). Por último, a los 38 días después de la siembra (DDS) se aplicó glifosato 48% a 2,5 L/ha para eliminar nuevas emergencias de malezas. La cosecha se realizó el 16 de marzo de 2015, a los 126 días después de la siembra, por medio del corte manual, con machete, de las plantas, trillándolas posteriormente con una cosechadora de parcelas experimentales. Fueron cosechadas dos hileras de 0,45 m y 4,5 m de longitud, totalizando 4,05 m² de área útil.

Las variables evaluadas fueron:

Porcentaje de control de *Conyza* sp.: se efectuaron dos lecturas de evaluación de la eficacia de los herbicidas, a los 24 y 41 días después de la primera aplicación (DDPA), y a los 18 días después de la siembra de la soja (DDS). Para la determinación del daño a las plantas dañinas se utilizó la evaluación cualitativa, la cual se basa en el establecimiento de escalas; en este caso fue usado el porcentaje de control de malezas (Frans *et al.* 1986, citado por Domínguez s.f.). Cero por ciento indica igualmente cero control de malezas y un valor de cien por ciento significa control total. Los daños intermedios y en el caso de evaluar fitotoxicidad al cultivo son detallados en la tabla 2.

Tabla 2. Criterios de evaluación en lecturas de eficiencia de productos.

Escala %	Descripción	Detalles de control	Síntomas y daños
0	Sin efecto	Muy pobre	Sin daños
10	Efectos leves	Muy pobre	Ligera decoloración o disminución de porte
20		Pobre	Alguna decoloración, reducción de porte o stand
30		Pobre a deficiente	Daño más pronunciado más no duradero
40	Efectos moderados	Deficiente	Daño moderado, cultivo normal con recuperación
50		Deficiente a moderado	Daño más duradero, recuperación dudosa
60		Moderado	Daño duradero, sin recuperación
70	Efectos severos	Menor que satisfactorio	Severo y con pérdida de stand
80		Satisfactorio a bueno	Pocas plantas sobrevivientes
90		Muy bueno a excelente	Algunas plantas sobrevivientes
100	Efectos totales	Control total	Destrucción total

Fuente: (Frans *et al.* 1986, citado por Domínguez s.f.)

Número de vainas por planta: en el día de la cosecha, se contabilizó el número de vainas en una muestra de diez plantas representativas de la parcela y las medias fueron expresadas en número de vainas por planta.

Peso de campo: los granos procedentes de cada unidad experimental fueron pesados con una balanza de precisión expresando los resultados en gramos por parcela.

Tenor de humedad de granos: el contenido de humedad de cada muestra fue determinado mediante un humidímetro y los datos expresados en porcentaje.

Rendimiento de granos: para el cálculo de rendimiento, en kg/ha, se ajustó la humedad a 12% y se usó la siguiente fórmula:

Rendimiento (kg/ha) = Peso campo (g)*(100-%humedad)/88)*(10/área útil)

Peso de 100 granos: de las muestras de cada unidad experimental, se contó 100 granos, pesándose con una balanza de precisión y los resultados expresados en gramos.

Los datos de cada variable fueron sometidos a análisis de varianza, y al detectarse diferencias significativas se realizó la prueba de comparación de medias según Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de control de *Conyza* sp.

El análisis detectó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados para la variable Porcentaje de control de *Conyza* sp. (tabla 3).

La *Conyza* sp., ha presentado susceptibilidad a la aplicación de las tres mezclas de herbicidas, usadas como primera pulverización, más la aplicación secuencial de paraquat. Los síntomas consistieron en detención de crecimiento, clorosis de hojas, deformación del tallo, encorvamiento del tallo, necrosis inicial en el ápice del tallo, con posterior necrosis y muerte de toda la planta; en otros casos, se visualizaron plantas con detención de crecimiento, clorosis de hojas, deformación de tallos,

inicio de necrosis de las puntas, pero con posterior rebrote. También hubo diferencias de control según tamaño de plantas, esto es independientemente a los tratamientos usados en este ensayo. Aquellas plántulas recién emergidas y hasta una altura de 15 cm fueron más dañadas que las que tenían altura entre 15 a 30 cm. En la Tabla 3, a los 24 DDPA, se puede notar que no hubo diferencias en promedio de control de glifosato + 2,4-D en comparación al glifosato + 2,4-D + metsulfuron y al glifosato + 2,4-D + atrazina. El nivel de control, en esta evaluación, es considerado aún deficiente ya que en todos los casos estuvo por debajo del 80% y las plantas aún se hallaban en proceso de secado. A los 41 DDPA, los síntomas observados han sido más severos en comparación a la lectura efectuada a los 24 DDPA. Las plantas de menor tamaño ya se encontraban totalmente secas y la mayoría de las de mayor altura, pero quedaron escasas plantas en proceso de rebrote. El nivel de control, a los 41 DDPA, es considerado como satisfactorio. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Vázquez (2011) en la cual aplicaciones de herbicidas en base a glifosato + 2,4-D y secuencial paraquat + diuron consiguieron alto porcentaje de control de *Conyza* sp.

Tabla 3. Porcentaje promedio de control de *Conyza* sp., a los 24 y 41 DDPA, y 18 días después de la siembra (DDS). Capitán Miranda, 2014-2015.

	Primera aplicación(1)	24 DDPA	41 DDPA	Secuencial 2	18 DDS (2)	
1	glifosato + 2,4 D	70,0	81,7	glifosato + 2,4 D	86,7	b
2	glifosato + 2,4 D			glifosato + 2,4 D + sulfentrazone	93,3	ab
3	glifosato + 2,4 D			glifosato + 2,4 D + diclosulam	98,7	a
4	glifosato + 2,4 D + metsulfuron	66,7	84,3	glifosato + 2,4 D	91,3	ab
5	glifosato + 2,4 D + metsulfuron			glifosato + 2,4 D + sulfentrazone	94,0	a
6	glifosato + 2,4 D + metsulfuron			glifosato + 2,4 D + diclosulam	98,3	a
7	glifosato + 2,4 D + atrazina	73,3	89,3	glifosato + 2,4 D	96,7	a
8	glifosato + 2,4 D + atrazina			glifosato + 2,4 D + sulfentrazone	96,0	a
9	glifosato + 2,4 D + atrazina			glifosato + 2,4 D + diclosulam	95,3	a
	Medias				94,5	
	Fc tratamientos				2,86*	
	Coficiente variación				4,07%	

(1)Tuvo como secuencial 1 a paraquat a 2 L/ha a los 13 DDPA; (2) Medias seguidas de la misma letra son iguales entre sí según el test de Duncan al 5% de probabilidad; * Significativo; Fc: Fisher calculada.

Según el análisis de varianza de porcentaje de control de *Conyza* sp., a los 18 DDS, hubo diferencia significativa entre tratamientos.

La *Conyza* sp., ha demostrado ser altamente susceptible a la mayoría de los tratamientos, con excepción al glifosato + 2,4-D amina como primera aplicación y como aplicación en pre-siembra de la soja. Como se aprecia en la tabla 3, este tratamiento estuvo levemente por debajo del 90% de control y el nivel es aún considerado

satisfactorio. Todos los demás tratamientos han sido altamente eficientes y los síntomas estuvieron próximos a la destrucción total de la maleza. Estos datos con uso de herbicidas residuales como el diclosulam coinciden con lo obtenido por Metzler *et al.* en las localidades de Paraná y Oliveros (Argentina) donde glifosato + diclosulam obtuvieron buen desempeño en el control de *Conyza* sp., con valores de control que estuvieron por encima del 70%.

Número de vainas por planta, rendimiento de granos y peso de 100 granos

Para las variables número de vainas por planta y rendimiento de granos, los resultados indican diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, sin embargo, para el peso de cien granos el análisis no detectó diferencias (tabla 4).

De acuerdo a lo observado en el tabla 4, la mayor cantidad de vainas por planta (46,4) fueron

contabilizadas con el T10 (Testigo limpio), diferenciándose estadísticamente de los tratamientos T11, T1, T4, T6, T7 y T9 que obtuvieron valores promedios de entre 25,7 y 34,1 vainas por planta. Los tratamientos T2, T3, T5 y T8 han arrojado valores muy semejantes al testigo limpio, por lo que no se detectaron diferencias. El testigo enmalezado T11, ha sido el de menor promedio, con 25,7 vainas por planta, siendo estadísticamente inferior al T10, T5 y T8, y similar a los demás tratamientos.

Tabla 4. Promedios de vainas por planta, rendimiento y peso de 100 granos de soja. Capitán Miranda, 2014-2015.

	Primera aplicación	Secuencial 2	NºVainas/ planta ⁽¹⁾		Rendimiento kg/ha ⁽¹⁾	Peso cien granos (g)
1	glifo + 2,4 D	glifo + 2,4 D	29,0	bc	1.724	b 9,8
2	glifo + 2,4 D	glifo + 2,4 D + sulfentrazone	37,1	abc	1.886	b 10,3
3	glifo + 2,4 D	glifo + 2,4 D + diclosulam	35,1	abc	2.069	ab 10,2
4	glifo + 2,4 D + metsulfuron	glifo + 2,4 D	32,2	bc	1.951	b 10,2
5	glifo + 2,4 D + metsulfuron	glifo + 2,4 D + sulfentrazone	40,4	ab	2.151	ab 10,3
6	glifo + 2,4 D + metsulfuron	glifo + 2,4 D + diclosulam	31,5	bc	2.045	ab 9,4
7	glifo + 2,4 D + atrazina	glifo + 2,4 D	32,5	bc	1.874	b 9,9
8	glifo + 2,4 D + atrazina	glifo + 2,4 D + sulfentrazone	38,2	ab	2.041	ab 10,1
9	glifo + 2,4 D + atrazina	glifo + 2,4 D + diclosulam	34,1	bc	2.140	ab 10,5
10	Testigo limpio		46,4	a	2.469	a 10,8
11	Testigo enmalezado		25,7	c	1.243	c 10,6
	Medias		34,7		1.963	10,2
	Fc tratamientos		2,67*		3,95**	1,44 NS
	Coefficiente variación		17,32%		13,60%	5,62%

⁽¹⁾ Medias seguidas de la misma letra son iguales entre sí según el test de Duncan al 5% de probabilidad; * Significativo; ** Altamente significativo; NS No significativo.

Las principales malezas que emergieron en los días posteriores a la siembra de la soja han sido la lecherita, *Euphorbia heterophylla*, *ysypo'í*, *Ipomoea grandifolia*, sorgo de alepo, *Sorghum halepense*, y *kapi'uiná*, *Bidens pilosa*. Estas plantas dañinas presentaron alta cobertura a los 30 DDE (días después de la emergencia) del cultivo y probablemente han causado interferencia al cultivo de la soja en el tratamiento con glifosato + 2,4-D aplicado previo a la siembra del cultivo. Con el glifosato + 2,4-D + sulfentrazone y glifosato + 2,4-D + diclosulam, se ha logrado buen control de las nuevas emergencias de malezas y la cobertura de las mismas hasta los 30 DDE del cultivo, han sido bajas, por lo que no hubo influencia negativa de malezas sobre el rendimiento de la soja en estos dos tratamientos. Dentro del cultivo ya no se registraron nuevas emergencias de *Conyza* sp.

La manutención del cultivo libre de interferencia de malezas ha llevado a conseguir más de 2400 kg/ha de rendimiento en el Testigo limpio (tabla 4). Esta cifra

en comparación con el testigo enmalezado representa, prácticamente, 1200 kg/ha de disminución de rinde a causa de las plantas dañinas. Esta diferencia en rendimiento ha sido significativa según el test de Duncan al 5 % de probabilidad.

Comparados con el Testigo limpio, la disminución del rendimiento de las parcelas tratadas con glifosato + 2,4-D + sulfentrazone y glifosato + 2,4-D + diclosulam, debida a interferencias producidas por las malezas, han sido mínimas, y no se registraron significancias estadísticas. La diferencia entre el rendimiento del Testigo limpio y el promedio de unidades experimentales de glifosato + 2,4-D ha sido de aproximadamente 620 kg/ha. Este contraste ha sido significativo según el test de Duncan al 5 % de probabilidad. Este hecho estuvo relacionado con la mayor cobertura de malezas que se ha observado en estas parcelas a los 30 DDE de la soja. Los rendimientos de las parcelas tratadas con las diferentes mezclas de herbicidas, fueron superiores al Testigo enmalezado de entre 500 a 900 kg/ha. Esta diferencia

ha sido significativa según el test de comparación de medias utilizado. La disminución de la productividad en el testigo enmalezado ha sido causado por la interferencia producida por la *Conyza* sp.

El peso de cien granos no ha sido influenciado negativamente por la interferencia de la *Conyza* sp. sobre la soja. Según el análisis de varianza no hubo diferencia significativa. El promedio general ha sido de 10,2 gramos y sin grandes variaciones entre tratamientos.

CONCLUSIÓN

La *Conyza* sp. presenta susceptibilidad al glifosato + 2,4-D, glifosato + 2,4-D + metsulfuron y al glifosato + 2,4-D + atrazina, más la aplicación secuencial de paraquat.

Glifosato + 2,4-D + sulfentrazone y glifosato + 2,4-D + diclosulam, consigue buen control de las nuevas germinaciones de malezas y la cobertura de las mismas, hasta los 30 DDE del cultivo.

Todos los tratamientos con mezclas de herbicidas obtienen rendimientos superiores al testigo enmalezado, con alta interferencia de *Conyza* sp.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Domínguez Valenzuela, J.A. (s.f.). Metodología para la evaluación de herbicidas en campo. Universidad Autónoma Chapingo (en línea). Chapingo, México. Consultado 18 febrero 2014. Disponible en <http://www.senasica.gov.mx>. 7 p.
- Heap, I. 2017. The international survey of herbicide resistant weeds (en línea). Consultado 19 diciembre 2017. Disponible en <http://www.weedscience.org>
- Lorenzi H. 2000. Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3ª. ed. Nova Odessa, SP : Instituto Plantarum. 608 p.
- Metzler, M.J., Papa, J.C.; E; Peltzer, H.F. 2011. Eficacia del control de *Conyza* sp. con herbicidas residuales en el cultivo de soja (en línea). Consultado 2 septiembre 2015. Disponible en http://www.inta.gob.ar/documentos/eficacia-del-control-de-Conyza-spp-con-herbicidas-residuales-en-postemergencia-del-cultivo-de-soja/at_multi_download/file/Eficacia-control-Conyza-spp-con-herbicidas-residuales-enpostemergencia-cultivo-soja.pdf
- Vázquez Toniolo, S. 2011. Eficiencia de aplicación secuencial de herbicidas en el control químico de *Conyza* sp. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias/UCI. Hohenau, Py. 45 p.

Comparación de rendimiento de nueve variedades paraguayas de trigo (*Triticum aestivum* L.) en base a sus componentes de rendimiento

Comparison of yield and its components of nine Paraguayan wheat cultivars

Pedro Chávez Sanabria^{1*}, Juan Carlos Ramirez¹, Ruth Scholz¹, Man Mohan Kohli^{1,2}
Pablo E. Abbate³

¹Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), Programa de Investigación de Trigo (PIT). Capitán Miranda, Paraguay.

²Camara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO)

³Instituto Nacional de Tecnología Agraria (INTA), Balcarce, Bs. As., Argentina

*Autor para correspondencia (pchavez57@gmail.com)

Recibido: 03/11/2017 Aceptado: 11/12/2017

RESUMEN

El trigo es un cultivo muy importante en Paraguay y se integra al sistema de producción como un cultivo estratégico. En el presente trabajo se pretende aportar información que contribuya a diferenciar el comportamiento de rendimiento de las variedades paraguayas de trigo considerando los componentes de rendimiento. Durante la campaña 2016 se evaluaron nueve variedades paraguayas, en un experimento bajo un diseño en BCA con tres repeticiones, localizado en IPTA Capitán Miranda. El rendimiento se analizó como el producto entre: el peso por grano (PG) y el número de granos m^{-2} (NG). Las variaciones en rendimiento estuvieron vinculadas con el NG ($R^2=0,81$, $gl=7$), en menor medida al PG ($R^2=0,05$). La variedad con mayor rendimiento fue Itp75 (5835 kg ha^{-1}), y la de rendimiento más bajo fue la variedad Can12 (4278 kg ha^{-1}). Se encontraron diferencias significativas para el ciclo de las variedades y duración del periodo de crecimiento de las espigas. A su vez, durante el periodo de crecimiento de las espigas se encontraron diferencias en fertilidad de las espigas, el peso seco de espigas, y el índice de cosecha. Estas diferencias no se asociaron con el NG. Los resultados obtenidos muestran que se puede lograr un alto rendimiento potencial combinando distintas estrategias de mejoramiento a través de los componentes del rendimiento, principalmente a través del aumento del NG. Las relaciones encontradas entre el rendimiento y algunos de sus componentes parecen ser válidas solamente para el conjunto particular de variedades estudiadas.

Palabras clave: Trigo, variedades, rendimiento, componentes de rendimiento.

ABSTRACT

Wheat is a very important crop in Paraguay and is integrated into the production system as a strategic crop. In the present work we try to provide information that contributes to differentiate the performance behavior of nine Paraguayan varieties of wheat considering the components of such yields. During the 2016 cycle, those selected Paraguayan varieties were evaluated in an experiment under a RCB design with three replications, located in IPTA Capitán Miranda. The yield was analyzed as the product between: the grain weight (GW) and the grain number m^{-2} (GN). The variations produced in yield were linked to the GN ($R^2 = 0.81$, $gl = 7$), and to a lesser extent to the GW ($R^2 = 0.05$). The variety with the highest yield was Itp75 (5835 kg ha^{-1}), and the lowest yield variety was Can12 (4278 Kg ha^{-1}). Significant differences were found for the variety cycle and duration of the period of spike growth. In turn, during the period of spike growth differences were found in spike fertility, dry spike weight, and the harvest index. These differences did not correlate with the GN. The results obtained show that a high potential yield can be achieved by combining different improvement strategies through the performance components, mainly through the increase in the number of grains per unit of area. The relationships generally found between performance and some of its components seem to be valid only for the particular set of varieties with which the results were obtained.

Key words: Wheat, varieties, yield, yield components.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es un cultivo de grano muy importante en Paraguay y en el mundo. Es fuente de proteína (Braun *et al.* 2010) y aporta el 20% de las calorías consumidas por el hombre (FAO 2017). La producción del trigo paraguayo cubre la demanda del mercado nacional y aporta divisas como producto de exportación. Esto es el resultado del aumento del área de siembra, el cual pasó de 159.000 ha en el año 2000 a 494.000 ha en el año 2016, lo que representa un aumento de 23% por año (CAPECO 2017). El trigo se integra al sistema productivo de siembra directa de Paraguay, como el principal cultivo de invierno, aportando gran cantidad de rastrojos de excelente calidad para la protección del suelo.

Dado el incremento poblacional previsto para el 2050 (ONU, 2003), las perspectivas del mercado mundial de trigo marcan un aumento sostenido de la demanda (Weigand 2011). Sin embargo, parece poco factible que la respuesta a la mayor demanda se dé mediante el incremento del área cultivable (Connor y Mínguez 2012, Albajes *et al.* 2013). En este contexto la estrategia más viable para aumentar la producción global en un rango amplio de ambientes, es la intensificación de la agricultura con el objetivo de maximizar el rendimiento potencial del cultivo (*i.e.* rendimiento sin limitaciones hídricas, nutricionales, sanitarias ni estreses) (Calderini 2006, Fischer y Edmeades 2010, Singh *et al.*, 2015).

El rendimiento en grano es el principal objetivo dentro de los programas de mejoramiento genético de trigo y otros cultivos en todo el mundo. En las últimas seis décadas, el incremento en el rendimiento en grano del trigo se asoció con el incremento en el índice de cosecha del cultivo (*i.e.*: peso de los granos dividido biomasa aérea) (Siddique *et al.* 1989, Sayre *et al.* 1997), sin incrementos sustanciales en la producción de biomasa (Austin *et al.* 1989, Slafer y Andrade 1993, Calderini y Slafer 1998). En los materiales modernos, el índice de cosecha se ha aproximado al valor teórico máximo de 0,6 (Austin *et al.* 1980, Fischer y Stockman 1986, Khush 2001, Reynolds 2009), a partir del cual sería necesario incrementar la producción de biomasa en pos de incrementar el rendimiento (Reynolds 2002). De esta manera, el mayor índice de cosecha significó una mayor partición de materia seca a la espiga (Calderini *et al.* 1999, Foulkes *et al.* 2009). Esta partición se vio reflejada en el incremento en el número de granos por metro cuadrado (Reynolds 2009), más que en el aumento de peso de los granos (Calderini *et al.* 1999, Sadras 2007, Fischer 2008), estando el primero más asociado al rendimiento dada su mayor plasticidad respecto al segundo (Calderini

et al. 1995, Sayre *et al.* 1997, Shearman *et al.* 2005, Acreche *et al.* 2006, Sadras y Slafer 2012).

El rendimiento se define por el peso por grano y, principalmente, por el número de granos por metro cuadrado. Fischer (1983, 1985) sugirió considerar el número de granos m^{-2} en trigo, como el producto de: (a) la duración del período en el cual crecen las inflorescencias, (b) la tasa de crecimiento del cultivo durante ese período, (c) la partición del peso seco del cultivo hacia espigas durante el mismo período y (d) el número de granos producido por unidad de peso seco de espigas (*i.e.* la fertilidad de las espigas). Así, el aumento logrado en el índice de cosecha debido a la incorporación de los genes de enanismo (Slafer *et al.* 1990, Bodega y Andrade 1996) se atribuyó a una mayor partición de fotoasimilados a las espigas en detrimento de los tallos. Por otra parte se encontró que, entre cultivares argentinos con genes de enanismo, las diferencias en el número de granos m^{-2} (y en rendimiento) se asociaron a la fertilidad de las espigas (Abbate *et al.* 1998).

La creación e introducción de nuevas variedades que pueden presentar comportamientos diferentes de productividad y componentes de rendimiento, podrían mostrar nuevos aspectos de manejo y modificaciones en la exploración de los recursos ambientales. Esta situación no sólo modificará la expresión de rendimiento, sino que también modificará la disponibilidad de recursos (agua, nutrientes, rastrojo) en un sistema de producción, por lo cual un mayor conocimiento del comportamiento de los mismos permitiría realizar una mejor selección de las variedades según el ambiente y ajustar las tecnologías de manejo del productor.

En vista de la escasa información acerca del comportamiento de las variedades comerciales disponibles en Paraguay, se planteó este trabajo en el cual se evaluaron variedades liberadas por el Programa de Investigación de Trigo del IPTA (convenio IPTA/CAPECO/INBIO). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento y sus componentes de nueve variedades de trigo primaverales de origen paraguayo, conducidos en ambiente y manejo típicos para la región triguera de Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del ensayo

Durante el ciclo de trigo 2016 se llevó a cabo un experimento en el Centro de Investigación IPTA Capitán Miranda (latitud 27°12' S, longitud 55°48' O, altitud 228 msnm), próximo a la ciudad de Capitán Miranda, Itapúa, Paraguay. Los datos meteorológicos fueron registrados en la estación meteorológica del

IPTA Capitán Miranda. El experimento se condujo sobre un suelo Oxisol (Kandiudox Típico) textura franco arcilloso, sin limitaciones físicas, pH de 6,0, contenido de materia orgánica de 2,0%, 3,5 ppm de P y 3 ppm de N-NO₃ (0-10 cm de profundidad) al momento de la siembra. Se realizó una fertilización de base con 22 kg de Pha⁻¹ y 10 kg de Nha⁻¹; en fase de macollaje y comienzo de encañazón se aplicaron 40 y 106 kg, respectivamente, de N ha⁻¹, en forma de urea.

Los tratamientos estuvieron representados por nueve variedades paraguayas de trigo (Tabla 1). La fecha de siembra del experimento fue el 02 de junio de 2016, la cual responde a la fecha normal de siembra recomendada para la zona. La densidad de siembra utilizada fue de 350 semillas viables por m². El diseño experimental del ensayo fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones donde cada tratamiento se conformó por una variedad. Para identificar diferencias entre tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANAVA). Para comparar las medias de los tratamientos se utilizó el método de la mínima diferencia significativa (MDS), sólo cuando la prueba de F del ANOVA indicó diferencias significativas entre tratamientos. Para evaluar la asociación entre las variables, se ajustaron modelos de regresión utilizando los promedios de cada tratamiento. Cada parcela (unidad experimental) fue de 6 hileras separadas 0,17 m entre sí, con 5 m de largo cosechable. Los trabajos de preparación del suelo, siembra y protección se efectuaron con maquinaria de precisión experimental para siembra directa. Las semillas fueron tratadas antes de la siembra con curasemillas (mezcla de fungicida e insecticida). Las malezas fueron controladas con efectividad por medio de aplicaciones de herbicidas pos emergente. Las enfermedades y los insectos fueron controlados por medio de fungicidas e insecticidas aplicados periódicamente.

Tabla 1. Lista de variedades bajo estudio

Número	Nombre de la variedad	Abreviatura
1	Canindé 1	Can1
2	Canindé 3	Can3
3	Canindé 12	Can12
4	Canindé 11	Can11
5	Canindé 21	Can21
6	Itapúa 70	Itp70
7	Itapúa 75	Itp75
8	Itapúa 80	Itp80
9	Itapúa 85	Itp85

Mediciones y determinaciones

El crecimiento del cultivo se analizó a partir de muestreo de material vegetal aéreo en cuatro momentos durante el ciclo. Previo a madurez, el material vegetal se tomó en 0,5 m de surco, de los 4 surcos centrales, dejando al menos 0,25 m entre muestreos sucesivos. Se pesó y se determinó su humedad para calcular el peso seco del cultivo por unidad de superficie a partir de las muestras. Una submuestra del material cosechado se fraccionó en láminas foliares, tallos (incluyendo las vainas foliares) y en espigas (mayores a 5 mm) para determinar la proporción de peso seco de cada uno de esos órganos. Luego de anthesis, también se separaron los granos de las espigas (incluyendo los granos inmaduros). Las distintas fracciones se secaron en estufa a 60°C por 48 h (peso constante). En madurez, las espigas se trillaron y limpiaron cuidadosamente para separar los granos de la espiga seca, para determinar el rendimiento de cada tratamiento. Previo a la cosecha se tomaron dos muestras de surco de 15 cm (cortando a ras del suelo), estas se pesaron en seco y se trillaron para obtener el peso del grano. A partir de estos se calcularon (a) el índice de cosecha (IC) como el cociente entre el peso seco del grano y el peso seco total de la muestra, (b) el peso seco total del cultivo (PST) como el cociente entre en rendimiento m⁻² y el IC, y (c) el peso seco de la paja producida por el cultivo, como la diferencia entre el PST y el rendimiento.

El peso por grano (PG) o peso de mil granos se obtuvo pesando una submuestra de aproximadamente 40 g por parcela, que se limpió manualmente y se contaron todos los granos presentes en la muestra evitando su selección. El número de granos m⁻²(NG) se calculó a partir del rendimiento y del PG. Todos los pesos se expresaron en base seca, excepto el rendimiento, el cual se expresó con la humedad de comercialización (14%).

El porcentaje de espigas en anthesis (espigas con al menos una antera expuesta) se determinó contando 50 espigas por parcela. Se consideró que el final del período de crecimiento de las espigas (PCE) se produjo 7 días después de anthesis y que el inicio correspondió al día en que estas alcanzaron el 5% del peso seco (excluido el peso del grano) acumulado al final de la etapa (Abbate *et al.*, 1997). El comienzo del período se estimó interpolando linealmente el peso seco de las espigas (PSE) en función de los días hasta anthesis, en cada repetición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan las principales variables climáticas medidas en el IPTA Capitán Miranda para el ciclo de trigo 2016 junto con el promedio histórico de 11 años.

El rendimiento fue analizado como el producto entre el NG y el PG. Se encontraron diferencias entre variedades para el rendimiento, que resultaron estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). La variedad Itp75 fue la variedad que expresó el mayor rendimiento dentro del experimento (5.835 kg ha^{-1}) seguido por la variedad Can21 (5.563 kg ha^{-1}), estas variedades no presentaron diferencias significativas entre sí (Tabla 3). Por otra parte las variedades Can12

y Can1 presentaron los rendimientos más bajos del experimento (4.278 y 4.433 kg ha^{-1} , respectivamente, Tabla 3). Las diferencias de rendimiento entre variedades fueron paralelas a las diferencias del NG (Tabla 3). Abbate *et al.* (2001) y Chávez *et al.* (2016), encontraron resultados similares; el primero, al analizar variedades argentinas y europeas en Argentina, y el segundo, al estudiar variedades paraguayas y argentinas en Argentina.

Tabla 2. Valores climáticos mensuales medios para la región de Capitán Miranda ciclo 2016 y su promedio histórico periodo 2005/2016.

Capitán Miranda, Paraguay ciclo (2016)					
	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.
Temperatura media (°C)					
2016	13,6	16	18,4	18,4	22,1
Histórico	16,4	16	17,8	19,5	22,7
Radiación fotosintéticamente activa (MJ /m ² d)					
2016	5,3	5,8	7	9,2	9,9
Histórico	4,9	5,6	6,8	8,2	9,4
Fotoperiodo (h)					
2016	11,297	11,45	11,986	12,726	13,552
Histórico	11,296	11,453	11,991	12,733	13,559
Precipitación (mm/mes)					
2016	9,5	54,5	158	39,5	89,4
Histórico	146,7	121,5	78,8	144,2	188,8

Tabla 3. Rendimiento y sus componentes numéricos (RTO: rendimiento, NG: número de granos, PG: peso por grano, NE: número de espigas, G/E: granos por espiga).

Capitán Miranda, 2016					
	RTO.	NG	PG	NE	G/E
Variedad	(kg ha ⁻¹)	(10 ³ m ⁻²)	(mg)	(Esp. m ⁻²)	(Granos)
Itapúa 75	5835 a	13,4 ab	37,5 b	386 a	34,7 e
Canindé 1	4433 e	10,8 e	35,4 bcd	251,9 d	42,9 ab
Itapúa 85	5214 bc	12,8 abc	35,1 cd	278 cd	46 a
Canindé 21	5563 ab	13,6 a	35,3 bcd	362,2 ab	37,5 cde
Canindé 12	4178 e	9 f	39,9 a	209,2 e	43,1 ab
Canindé 3	4651 de	11,8 d	34 d	290 c	40,6 bc
Itapúa 70	5175 bc	12,4 bcd	35,7 bcd	346,8 b	36 de
Itapúa 80	5004 cd	11,8 cd	36,4 bc	280,4 cd	42,3 ab
Canindé 11	5034 cd	11,8 d	36,8 bc	298,9 c	39,6 bcd
Promedio	4433,37	11,9	36,2	300,4	40,32
MDS	518	0,99	2,4	36,2	4,6

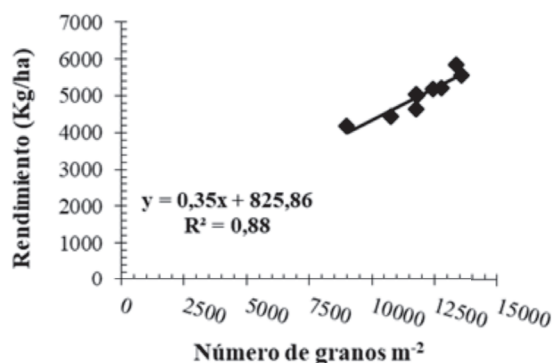
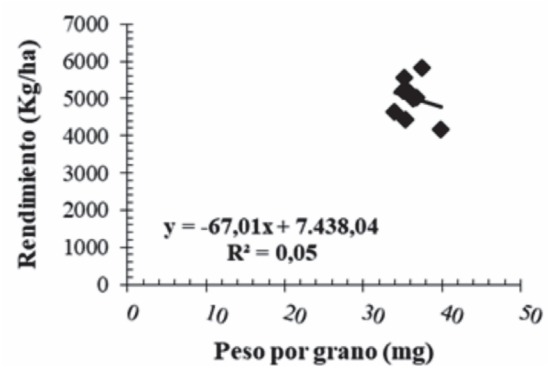
Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($P < 0,05$). MDS: mínima diferencia significativa, presentada cuando la prueba de F resultó significativo ($P < 0,05$). Promedio de las variables del experimento.

Tabla 4. Índice de cosecha (IC), peso seco (PS) total al inicio, al final del periodo de crecimiento de las espigas (PCE) y a madurez. Peso seco de las espigas (PSE), fertilidad de las espigas (FE) al final de su periodo de crecimiento y partición a espiga (PE).

Variedad	IC (%)	PS Total			PSE (gm ⁻²)	FE (granos g ⁻¹)	PE (%)
		ini. (gm ⁻²)	Fin (gm ⁻²)	a madurez (g m ⁻²)			
Itapúa 75	46,4 c	320 a	660 a	1084,5 a	109,8 ab	123,5 bcd	31,5 abc
Canindé 1	49,3 b	222 bc	571 a	773,9 de	76,2 c	142,2 abc	19,1 e
Itapúa 85	47,1 bc	258 bc	628 a	953,9 b	106,5 ab	121,5 cd	27,4 cde
Canindé 21	52,1 a	261 bc	617 a	917,9 bc	91,7 bc	148,9 a	24,3 e
Canindé 12	48,4 bc	223 c	540 b	741,3 e	110,3 ab	81,8 e	35 a
Canindé 3	48,4 bc	254 bc	614 a	832,2 cde	110,9 a	107,1 d	29,2 bcd
Itapúa 70	46,6 c	315 a	584 a	953,7 b	108,8 ab	115,7 d	36,1 ab
Itapúa 80	54,3 a	224 bc	597 ab	793,7 de	95,1 abc	124,9 bcd	24,9 de
Canindé 11	49,5 b	265 b	554 b	875,1 bcd	81,6 c	144,6 ab	29,1 bc
Promedio	49,1	260,3	600,2	880,7	99,0	123,4	28,5
MDS	2,5	41,5	76,8	106,9	18,9	22,9	4,9

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($P < 0,05$). MDS: mínima diferencia significativa, presentada cuando la prueba de F resultó significativo ($P < 0,05$). Promedio de las variables del experimento.

El rendimiento de variedades estuvo relacionado al NG ($R^2=0,88$; $gl=7$; (Figura 1; Tabla 3) y en menor medida con el PG ($R^2=0,05$; $gl=7$; (Figura 2 y Tabla 3). Estos resultados coinciden con muchos autores que atribuyen las diferencias en el rendimiento potencial al NG y en menor medida al PG (Fischer 1985 y 2007, Calderini *et al.* 1999, Calderini y Slafer 1998, Abbate *et al.* 1997, Abbate *et al.* 1998, Reynolds *et al.* 1999, Shearman *et al.* 2005, Acreche *et al.* 2006). Hubo diferencias entre variedades para los principales componentes de rendimiento NG y PG, pudiéndose observar en la Tabla 3; por ejemplo la variedad Itp75 obtuvo el mayor rendimiento del experimento a través de alto NG y también alto PG. Sin embargo, la variedad Can12 obtuvo un rendimiento bajo debido a su bajo NG que no pudo ser compensado a través de su alto PG (fue la variedad de mayor PG, Tabla 3). Estos resultados, están en línea a los reportados por varios autores cuando se analizó el rendimiento a través del NG y el PG (Fischer 1985, Calderini y Slafer 1998, Abbate *et al.* 1998, Reynolds *et al.* 1999, Shearman *et al.* 2005, Gómez 2011).

**Figura 1.** Relación entre rendimiento (14% humedad) vs. el número de granos por unidad de superficie.**Figura 2.** Relación entre rendimiento (14% humedad) vs peso por grano (mg).

Se encontraron diferencias significativas para los componentes tradicionales del rendimiento: el número de espigas m⁻²(NE) y número de granos por espiga (G/E) ($P \leq 0,05$, Tabla 3). Al relacionar el NG con el NE y G/E, se encontró una muy buena relación del NG con el NE ($R^2=0,79$; $gl=7$). Por el contrario, la relación NG con el número de G/E fue baja y no resultó significativa ($R^2=0,27$; $gl=7$). Gómez (2011), obtuvo relaciones similares para estos componentes al analizar variedades de trigo de distinta calidad en Argentina.

Los resultados del experimento muestran que gran parte de las variaciones observadas en el rendimiento fueron explicadas por variaciones en el PST (materia seca generada por el cultivo) ya que el IC no pudo explicar las variaciones de rendimiento entre las variedades bajo estudio, a pesar de encontrarse diferencias significativas entre variedades para el IC (Tabla 4). En este sentido, las variaciones en el rendimiento fueron explicadas en más del 80% por cambios en el PST a madurez ($R^2=0,81$; $gl=7$), mientras que las variaciones

en el rendimiento no pudieron ser explicadas a través del IC ($R^2= 0,00;gl=7$).

Desde el punto de vista ecofisiológico (Fischer, 1983), el NG se analizó como el producto del PSE y la fertilidad de las espigas (FE). Se encontraron diferencias significativas tanto para el PSE como para la FE (Tabla 4). Sin embargo, al relacionar el NG con el FE y el NG con PSE, en ambos casos no se observó asociación con el NG. Estos resultados discrepan con varios autores que compararon variedades con genes del enanismo (Abbate *et al.* 1997, Abbate *et al.* 1998,

Abbate *et al.* 2013, Shearman *et al.* 2005, González *et al.* 2011) encontrando baja relación pero significativa entre estos componentes. Se encontró una relación negativa y significativa entre la FE y el PSE ($R^2= 0,61; gl=7$), resultados que coinciden con varios autores (González *et al.* 2011, Lázaro y Abbate 2012, Martino *et al.* 2015). En la Fig. 3, se observa que hubo variedades que con similar PSE obtuvieron distinta FE y viceversa. Esto indica que algunas variedades logran alto NG a través de un alto PSE y otros a través de su alta FE.

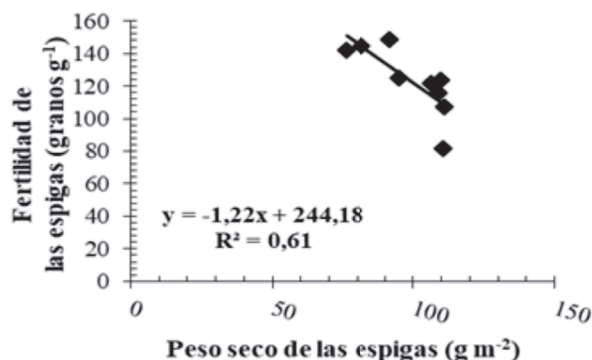


Figura 3. Relación entre la fertilidad de las espigas vs. el peso seco de las espigas, 7 días post antesis, en Capitán Miranda (Paraguay, campaña 2016).

Dado que, la fecha de siembra fue similar para todas las variedades (Tabla 5), las variaciones ambientales al que estuvo expuesto cada variedad, fue el resultado de las diferencias del ciclo (días desde emergencia hasta antesis) entre variedades. Se encontraron diferencias significativas entre variedades para el ciclo ($P \leq 0,05$; Tabla 6). En la Tabla 6 se observa una variación de 8 días en el ciclo de las variedades, siendo la variedad Itp80 (66 días) la más precoz y la variedad Itp75 (74 días) la más tardía. La duración del periodo de crecimiento de las espigas (DPCE) varió significativamente entre

variedades (rango: 25-28 días, Tabla 6); esta DPCE mantuvo una proporción con respecto al ciclo (34-39% respecto al ciclo, Tabla 6) acorde con la relación general propuesta por Abbate *et al.* (1997). Los cultivares estudiados mostraron una DPCE similar a los reportados por algunos autores (Abbate *et al.* 1997, Lázaro y Abbate 2012, González *et al.* 2011). Es importante mencionar que los rendimientos obtenidos en este experimento son superiores a los de un año típico, principalmente por las condiciones ambientales favorables del año (ver Tabla 2).

Tabla 5. Fechas de ocurrencia de los principales estados de desarrollo de las variedades en el experimento conducido en Capitán Miranda (campaña 2016).

Variedad	Siembra	Emerg.	Inicio PCE	Antesis	Fin PCE	Madurez
Itapúa 75	2-jun	9-jun	3-ago	22-ago	29-ago	21-sep
Canindé 1	2-jun	9-jun	31-jul	18-ago	25-ago	17-sep
Itapúa 85	2-jun	9-jun	30-jul	19-ago	26-ago	18-sep
Canindé 21	2-jun	9-jun	2-ago	20-ago	27-ago	19-sep
Canindé 12	2-jun	9-jun	28-jul	18-ago	25-ago	17-sep
Canindé 3	2-jun	9-jun	31-jul	21-ago	28-ago	20-sep
Itapúa 70	2-jun	9-jun	2-ago	21-ago	28-ago	20-sep
Itapúa 80	2-jun	9-jun	26-jul	13-ago	20-ago	12-sep
Canindé 11	2-jun	9-jun	30-jul	19-ago	26-ago	18-sep
Promedio	2-jun	9-jun	30-jul	19-ago	26-ago	18-sep

PCE: periodo de crecimiento de las espigas. Promedio de las variables del experimento.

Tabla 6. Días de emergencia hasta antesis y hasta el inicio del periodo de crecimiento de las espigas (PCE), y la duración del PCE en días y en porcentaje respecto a su ciclo para cada variedad.

Variedad	Días desde emergencia hasta		Duración PCE	
	Inicio del PCE	Antesis	(días)	(%) ^a
Itapúa 75	55 a	74 a	26 abc	35,6 d
Canindé 1	53 b	70 d	25 c	35,0 cd
Itapúa 85	52 b	71 cd	26 abc	36,6 bc
Canindé 21	55 a	72 bc	25 c	34,1 d
Canindé 12	50 c	71 d	28 a	39,2 a
Canindé 3	53 b	73 ab	27 ab	37,5 ab
Itapúa 70	55 a	73 ab	26 bc	34,5 d
Itapúa 80	47 d	66 e	25 c	38,5 a
Canindé 11	51 b	71 cd	27 abc	38 ab
Promedio	52,3	71,2	26,1	36,4
MDS	1,5	1,5	2,1	1,9

^aduración del PCE como porcentaje de los días entre emergencia y antesis (ciclo). Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($P < 0,05$). MDS: diferencia mínima significativa, presentada cuando la prueba de F resultó significativa entre cultivares ($P \leq 0,05$). Promedio de las variables del experimento.

CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos en esta investigación, se puede concluir que las diferencias en el rendimiento potencial de las variedades estudiadas se debieron principalmente a la capacidad de producir granos por unidad de superficie (destinos reproductivos). Se encontró que en algunas variedades, el número de granos es el resultado de un alto peso seco de las espigas, y en otras, de una alta fertilidad de las espigas. Por lo tanto, se podría aumentar el número de granos a través de ambas variables. Para las condiciones de Capitán Miranda, es posible aumentar el rendimiento potencial a través del aumento del número de granos por m². Las relaciones generalmente encontradas entre el rendimiento y algunos de sus componentes parecen ser válidas solamente para el conjunto particular de variedades con el que fueron obtenidas.

AGRADECIMIENTOS

A todos los técnicos del Programa de Investigación de Trigo del IPTA y del Programa de Fortalecimiento y Difusión del Trigo en Paraguay, convenio IPTA/ CAPECO/INBIO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbate, P.E.; Andrade, F.H.; Culot, J.P.; Bindraban, P.S. 1997. Grain yield in wheat: Effects of radiation during spike growth period. *Field Crops Res.* 54:245–257
- Abbate, P. E.; Andrade, F. H.; Lázaro, L.; Bariffi, J. H.; Berardocco, H. G.; Inza, V. H.; Marturano, F. 1998. Grain yield increase in modern Argentinean wheat cultivars. *Crop Science*, 38, 1203-1209.

- Abbate, P. E.; Lázaro, L.; Montenegro, A.A.; Gutheim, F.; Demotes, S.; De Pablo, M.C.; Bariffi, J. H. 2001. Potencial productivo de cultivares nacionales y extranjeros. *Actas de la 18° Jornada de Actualización Profesional en el Cultivo de Trigo*. 27-abr-2001. p. 13-20.

- Abbate, P.E.; Pontaroli, A.C.; Lázaro, L.; Gutheim, F. 2013. A method of screening for spike fertility in wheat. *Journal of Agricultural Science*. 155(3):332-330.

- Acreche, M.M.; Slafer, G.A. 2006. Grain weight response to increases in number of grains in wheat in a Mediterranean area. *Field Crops Research*. 98(1):52-59.

- Albajes, R.; Cantero-Martínez, C.; Capell, T.; Christou, P.; Farre, A.; Galceran, J.; López-Gatius, F.; Marin, S.; Martín-Belloso, O.; Motilva, M.; Nogareda, C.; Peman, J.; Puy, J.; Recasens, J.; Romagosa, I.; Romero, M.; Sanchis, V.; Savin, R.; Slafer, G.A.; Soliva-Fortuny, R.; Viñas, I.; Voltas, J. 2013. Building bridges: an integrated strategy for sustainable food production throughout the value chain. *Molecular Breeding*. 32(4):743-770.

- Austin, R.B.; Bingham J.; Blackwell, R.D.; Evans, L.T.; Ford, M.A.; Morgan, C.L.; Taylor, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 94, 675-689.

- Austin, R.B.; Ford, M.A.; Morgan, C.L. 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *The Journal of Agricultural Science*. 112(03):295-301.
- Bodega, J.L.; Andrade, F.H. 1996. The effect of genetic improvement and hybridization on grain and biomass yield of bread wheat. *Cereal Research Communications*, 24, 171-177.
- Braun, H.-J.; Atlin, G.; Payne, T. 2010. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. In: Reynolds, M.P. (ed.) *Climate change and crop production vol. 1* CABI: Wallingford, UK pp. 115–138.
- Calderini, D.F.; Slafer, G.A. 1998. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. *Field Crops Research*. 57(3):335-347.
- Calderini, D.F.; Dreccer, M.F.; Slafer, G.A. 1995. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A reexamination of previous results and the latest trends. *Plant Breeding*. 114(2):108-112.
- Calderini, D.F.; Reynolds, M.P.; Slafer, G.A. 1999. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. En: Satorre, E., Slafer, G. (eds.) *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. The Haworth Press Inc., NY, pp. 351-378.
- Calderini, D.F. 2006. El rendimiento de trigo en el mundo y la brecha entre el rendimiento potencial y el alcanzado: ¿Cómo aumentar el rendimiento alcanzado? *Actas del Congreso "A todo trigo: conocimiento y producción"*. Mar del Plata, Buenos Aires, mayo 2006. Pp. 1-7.
- CAPECO. 2017. Estadísticas: Áreas de siembra, producción y rendimiento [en línea] <<http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>> [Consultado: 29 de junio 2017]
- Chávez, P.R., Abbate, P.E., Kohli, M.M. 2016. Análisis de la determinación de rendimiento de trigos paraguayos y argentinos. *Actas del VIII Congreso Nacional de Trigo; VI Simposio de Cereales de siembra Otoño-Invernal y II Reunión del Mercosur*. 14, 15 y 16 de septiembre de 2016.
- Connor, D.J., Minguez, M.I. 2012. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. *Global Food Security*. 1(2):106–113.
- FAOSTAT, 2017. Producción total en miles de toneladas. [en línea] <http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities_by_country/E> [consulta: 25 de mayo 2017]
- Fischer, R.A. 1983. Growth and yield of wheat. Potential productivity of field crops under different environments. Smith W.H., Banta S.J. (eds.), *International Rice Research Institute*, Los Baños, Philippines, 129-154.
- Fischer, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 105, 447-461.
- Fischer, R.A. 2007. Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. *Journal of Agricultural Science*. 145(2):99–113.
- Fischer, R.A. 2008. The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson. *Field Crops Research*. 105(1):15-21.
- Fischer, R.A.; Stockman, Y.M. 1986. Increased kernel number in Norin 10-derived dwarf wheat: evaluation of the cause. *Functional Plant Biology*. 13(6):767-784.
- Fischer, R.A.; Edmeades, G.O. 2010. Breeding and cereal yield progress. *Crop Science*. 50:S85–S98.
- Foulkes, M.J.; Reynolds, M.P.; Sylvester-Bradley, R. 2009. Genetic improvement of grain crops: yield potential. In: Sadras, V.O., Calderini, D. (eds.) *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. Elsevier, Netherlands. pp. 235–256.
- González, F.; Terrile, I.; Falcon, M. 2011: Spike fertility and duration of stem elongation as promising traits to improve potential grain number (and yield): variation in modern Argentinean wheats. *Crop Sci*. 51, 1693-1702.
- Gómez, D. 2011. Interacción genotipo por ambiente sobre caracteres de calidad comercial e industrial en trigo pan (*Triticum aestivum* L.). Tesis *Magister Scientiae*. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 105p.
- Khush, G.S. 2001. Green revolution: the way forward. *Nature Reviews Genetics*. 2(10): 815-822.
- ONU. 2003. World Population Prospects: the 2002 Revision, Highlights. [en línea] <<http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2002/WPP2002-HIGHLIGHTSrev1.PDF>> [consulta: 15 de agosto 2017]
- Lázaro, L.; Abbate, P.E. 2012. Cultivar effects on relationship between grain number and photothermal quotient or spike dry weight in wheat. *J. Agric. Sci, Camb*. 150, 442-459.

- Martino, D.L.; Abbate, P.E.; Cendoya, M.G.; Gutheim, F.; Mirabella, N.E.; Pontaroli, A.C. 2015. Wheat spike fertility: inheritance and relationship with spike yield components in early generations. *Plant Breeding* 134(3):264-270.
- Reynolds, M.P. 2002. Physiological approaches to wheat breeding. In: Curtis, B.C.; Rajaram, S.; Gómez Macpherson, H. (eds.) *Bread Wheat: Improvement and Production*. FAO Plant Production and Protection Series No. 30. Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nations, Rome, Italy. pp. 119-140.
- Reynolds, M.P.; Rajaram, S.; Sayre, K.D. 1999. Physiological and genetic changes of irrigated wheat in the post-Green Revolution period and approaches for meeting projected global demand. *Crop Sci.* 39, 1611–1621.
- Reynolds, M.P.; Manes, Y.; Izanloo, A.; Langridge, P. 2009. Phenotyping approaches for physiological breeding and gene discovery in wheat. *Annals of Applied Biology*. 155(3):309–320.
- Sadras, V.O. 2007. Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. *Field Crops Research*. 100(2):125–138.
- Sadras, V.O.; Slafer, G.A. 2012. Environmental modulation of yield components in cereals: heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crops Research*. 127:215-224.
- Sayre, K.D.; Rajaram, S.; Fischer R.A. 1997. Yield potential progress in short bread wheat's in northwest Mexico. *Crop Sci.* 37:36–42.
- Shearman, V.J.; Sylvester-Bradley, R.; Scott, R.K.; Foulkes, M.J. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science* 45(1):175-185.
- Siddique, K.H.M.; Kirby, E.J.M.; Perry, M.W. 1989. Ear: stem ratio in old and modern wheat varieties; relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Research*. 21(1):59-78.
- Singh, S.; Sengar, R.S.; Kulshreshtha, N.; Datta, D.; Tomar, R.S.; Rao, V.P.; Garg, D.; Ojha, A. 2015. Assessment of multiple tolerance indices for salinity stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science*. 7(3):49.
- Slafer, G.A.; Andrade, F.H. 1993. Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crops Research*. 31(3-4):351-367.
- Slafer, G.A.; Andrade, F.H.; Satorre, E.H. 1990. Genetic-improvement effects on pre-anthesis physiological attributes relates to wheat grain-yield. *Field Crops Research*, 23, 255-263.
- Weigand, C. 2011. Wheat import projections towards 2050. US Wheat Associates, USA; 13 p.

Adaptabilidad y estabilidad de genotipos de girasol en la región oriental del Paraguay

Adaptability and stability of sunflower genotypes from the eastern region of Paraguay

Orlando Noldin^{1*}, Amalio Mendoza¹, Ricardo Mereles¹, Leticia Ayala¹, Aníbal González¹, Diana Bado¹, Juan Morel¹, Victorio Baez¹, Mario Diaz¹, Rodolfo Schopfer¹, Francisco Gómez¹

¹Programa de Investigación Maíz y Sorgo (PIMS). Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), Paraguay.

*Autor para correspondencia (orlandonoldin@gmail.com)

Recibido: 23/10/2017 Aceptado: 07/12/2017

RESUMEN

El cultivo del girasol tiene como principal utilidad la extracción de su aceite, es un cultivo versátil y adaptado a un amplio rango de suelos y condiciones climáticas. El uso de genotipos estables para alto rendimiento de grano y calidad es importante en una agricultura sostenible. Este trabajo consistió en estudiar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos de girasol evaluados en la Región Oriental del Paraguay durante el periodo 2012 de la zafra normal de siembra. El ensayo consistió en la evaluación de siete genotipos correspondiente a híbridos comerciales de girasol (MG 305 CP, MG 341, MG 360, MG 60, ACA EXP 887, DK 3940 y SEA 208 CLA AO) instalados en cuatro localidades (Cap. Miranda, Choré, Yvyrarovana y Natalicio Talavera), en diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los caracteres evaluados fueron rendimiento, altura de planta y diámetro de capítulo. Para el cálculo de adaptabilidad y estabilidad se utilizó el método de Eberhart y Russel (1966). Los resultados concluyeron que los genotipos presentan diferencias estadísticas para los tres caracteres evaluados. Los genotipos MG 305 CP y MG 341 fueron superiores en rendimiento y estables a través de ambientes, en altura de planta el híbrido MG 360 fue superior y estable, mientras que, el de mayor diámetro de capítulo fue de MG 60, y resultó estable.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., altura de planta, ambiente, diámetro de capítulo, rendimiento.

ABSTRACT

Sunflower culture has as main use the extraction of its oil, it is a versatile crop and adapted to a wide range of soils and climatic conditions. The use of stable genotypes for high grain yield and quality is important in sustainable agriculture. This investigation consisted in studying the adaptability and stability of the sunflower hybrids evaluated in the Eastern Region during the 2012 cycle of the normal sowing season. The trial consisted in the evaluation of 7 commercial sunflower hybrids (MG 305 CP, MG 341, MG 360, MG 60, ACA EXP 887, DK 3940 y SEA 208 CLA AO) installed in 4 localities (Cap. Miranda, Choré, Yvyrarovana y Natalicio Talavera), in a randomized complete block design with three replicates. The evaluated characters were yield, plant height and chapter diameter. The method of Eberhart and Russel (1966) was used to calculate Adaptability and Stability. The results concluded that the genotypes present statistical differences for the three characters evaluated. The genotypes MG 305 CP and MG 341 were superior in performance and stable through environments, in plant height the MG 360 hybrid was superior and stable, whereas the one with the chapter diameter was MG 60, and was stable.

Key words: *Helianthus annuus* L., chapter diameter environment, plant height, stability, yield.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.) tiene como principal utilidad la extracción de su aceite (INIFAP 2015). La semilla de girasol posee en media, en su composición cerca de 24% de proteínas, 47% de materia grasa, 20% de carbohidratos totales y 4% de minerales. El ácido de girasol es rico en ácidos grasos insaturados, destacándose el ácido linoleico, próximo a 60%, considerado esencial para la salud humana y porque a su vez tolera la oxidación durante el calentamiento (Ali *et al.* 2013).

El girasol es un cultivo versátil, adaptado a un amplio rango de suelos y condiciones climáticas, que hace posible el cultivo durante parte del año en regiones del trópico y subtropico de los países (Bhoite *et al.* 2010). Teniendo en cuenta la creciente búsqueda de nuevas alternativas al uso del petróleo, el estímulo a la producción de biodiesel ha aumentado porque se trata de fuente renovable de energía, y su uso provoca menos daño al ambiente (Knothe 2005).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) estima una producción de girasol de 47,3 millones de toneladas para la campaña 2017/18, así también, en lo que respecta a aceite de girasol, la producción mundial la estima en 18,19 millones de toneladas, frente a los 17,69 millones producidos en la campaña 2016/17 (Elrural.com 2017); mientras que, en el Paraguay, durante el ciclo 2015/16 la superficie del cultivo de girasol fue de 40.850 ha, con una producción de 65.360 toneladas, y un rendimiento de 1600 kg ha⁻¹, menor al ciclo 2014/15 donde fueron sembrados 55.850 ha, dando una producción de 100.988 toneladas y un rendimiento de 1.808 kg ha⁻¹, observándose una reducción en el ciclo 2015, con respecto al 2014, de -26,9% en superficie, -35,3% en producción, y -11,5% en rendimiento (MAG/DCAG 2015). La producción de girasol ha caído en los últimos tiempos, por el bajo precio que se cotiza el grano, siendo utilizada más bien para rotación con los otros cultivos como maíz y soja. En tanto, existen necesidades de adecuarlo a los diferentes sistemas de producción, siendo necesario que los programas de mejoramiento genético busquen el desarrollo de genotipos que presenten, concomitantemente, alto tenor de aceite, ciclo precoz, porte reducido, resistencia a factores bióticos y abióticos, además de alto potencial productivo (Oliveira *et al.* 2005). Existe una correlación positiva y significativa entre el diámetro del capítulo y el rendimiento de grano (Lakshmanrao *et al.* 1985, Tyagi 1985), así como también, existe correlación para altura de planta y rendimiento (Cecconi *et al.* 1987, Mierren *et al.* 1982, Tiagy 1985). En el girasol, las plantas altas

son deseables en ambientes con bajo control de enfermedades o suelos con bajo nivel de fertilidad, mientras que las plantas bajas, además de facilitar la cosecha, son deseables cuando existe problemas de tumbamiento (Carvalho *et al.* 2005). En el Paraguay, aunque se ha destacado la masiva introducción de este cultivo por colonos rusos y ucranianos en la segunda mitad del siglo XX, datos periodísticos que datan del año 1982, mencionados por Álvarez (s/f). El primer trabajo con híbridos de girasol en el país lo realizó Mayeregger en el año 1979, según Álvarez (s/f), quien informó que en una prueba de cultivares de girasol llevado a cabo en el Instituto Agronómico Nacional (IAN), el año anterior, se evidenció que el híbrido Big Top 30 arroja un rendimiento superior a las variedades Guayacan, Peredovick, Smena, Klein -A y Talinay; y a partir de entonces, se realizaron las evaluaciones de híbridos y variedades provenientes del programa de mejoramiento de la Dirección de Investigación Agrícola (DIA actualmente IPTA), en los ensayos de la Red Nacional a través de la DIA, dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), como requisito a ser incluidos en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales (RNCC) del Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE). Aun así, pocos fueron los estudios del comportamiento de los diferentes cultivares de girasol en el Paraguay, más aún, teniendo en cuenta su adaptación y estabilidad.

La selección de genotipos adaptados se torna difícil, cuando se verifica la presencia de la interacción genotipo por ambiente. Ella ocurre cuando hay respuestas diferenciadas de los genotipos probados en diferentes ambientes, y puede ser reducida por el uso de cultivares específicos para cada ambiente, o con una amplia adaptabilidad y buena estabilidad, o, mejor aún, por la estratificación de la región considerada en subregiones con características ambientales semejantes, donde la interacción pasa a ser no significativa (Ramalho *et al.* 1993, Cruz y Regazzi 1994).

El uso de cultivares estables para un alto rendimiento de grano y calidad es importante en una agricultura sostenible (Lúquez *et al.* 2002). En la selección y recomendación de híbridos o variedades para su explotación comercial en diferentes ambientes, es necesario considerar que la interacción genotipo x ambiente tiene gran importancia, por lo que es necesario la clasificación y caracterización de los genotipos de acuerdo a su comportamiento en diferentes ambientes (Eberhart y Russell 1966). Por tal motivo, varios fueron los trabajos orientados al estudio de adaptabilidad y estabilidad en girasol utilizando el método de Eberhart y Russell (Guzman

et al. 2017, Carvalho *et al.* 2015, Bhoite *et al.* 2010, Grunvald *et al.* 2008, Grunvald *et al.* 2009, Porto et al. 2007, Porto *et al.* 2009).

Por lo anteriormente mencionado, este trabajo consistió en evaluar la adaptabilidad y estabilidad de los 7 genotipos de girasol en la Región Oriental de Paraguay durante el periodo 2012 de la zafra normal de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos fueron obtenidos de los Ensayos de Evaluación del Valor del Usos del Cultivo (VCU) de híbridos de girasol, coordinados por el Programa de

Mejoramiento de Maíz, Sorgo y Girasol del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA).

Los ensayos de evaluación de híbridos comerciales de girasol en el ciclo 2012 se instalaron en localidades representativas a cuatro zonas ecológicas diferentes, cuyas características se observan en la Tabla 1.

Se evaluaron siete genotipos correspondientes a híbridos de girasol que fueron MG 305 CP, MG 341, MG 360, MG 60 (DOW AGROSCIENCES), ACA EXP 887 (QEACA), DK 3940 (MONSANTO) y SEA 208 CLA AO (ZETA SEMENTES). Se utilizó como testigos MG-60 y DK-3940.

Tabla 1. Coordenadas geográficas y características de suelo y clima de las diferentes localidades de evaluación de girasol durante el ciclo 2012.

Inst.*	Distrito	Dpto.	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Suelo**	Prec. (mm)	Temp. anual (°C)
CICM	Capitán Miranda	Itapúa	27°17'	55°49'	200	Oxisol Typic, origen basáltico	1732	20.9
CIAF	Choré	San Pedro	24°10'	56°37'	250	Alfisol mollic, origen arenisca	1619	22.7
CEY	Corpus Christi	Canindeyú	24°15'	55°60'	200	Oxisol rhodic, origen basáltico	1957	23
CECA	Natalicio Talavera	Guairá	25°39'	56°18'	170	Podzólico rojo amarillo.	1800	22,4

* Centro de Investigación Capitán Miranda (CICM); Centro de Investigación de Agricultura Familiar (CIAF); Campo Experimental de Yhovy (CEY) y Campo Experimental de Caña de Azúcar (CECA)

**Según el mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental (López et al. 1995).

Los ensayos fueron instalados en el periodo entre el 29 de octubre al 14 de noviembre del 2012, en el delineamiento experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Cada unidad experimental estuvo constituida por cinco hileras de 7 metros de largo, separadas entre sí por 0,45 m, y 0,40 m entre plantas, dando así una población de 55.550 plantas por hectárea.

El área útil estuvo constituida por dos hileras, preferentemente la segunda y la tercera de cada unidad experimental, descartándose la primera y la quinta que fueron tomadas como bordes, dando así 6,6 m². La cuarta hilera fue sembrada como reserva en el caso de que las hileras dos o tres presenten algún problema, para de esa manera ser reemplazada por la cuarta, teniendo en cuenta los ataques de pájaros, que la mayoría de las veces crean problema en el ensayo. Todos los datos registrados en el ensayo fueron tomados de las dos hileras mencionadas y en las tres repeticiones.

Las variables evaluadas fueron rendimiento, altura de planta y diámetro de capítulo, las mismas se detallan a continuación:

Rendimiento: se obtuvo el peso de granos y el

porcentaje de humedad por parcela, luego se ajustó el resultado a 13% de humedad. Se expresa en t ha⁻¹. Para llegar a este valor se utilizaron las siguientes fórmulas:

- Rendimiento por parcela = $\text{peso de campo} \times \frac{100 - \text{humedad de grano}}{87}$
- Rendimiento por hectárea = $\frac{\text{Rendimiento por parcela} \times 10.000 \text{ m}^2}{\text{parcela útil}(\text{m}^2)}$
- Rendimiento (t ha⁻¹) = $\frac{\text{rendimiento por ha}}{1000}$

Además, para el rendimiento se ajustaron las medias por la fórmula de Le Clerg (1966), utilizando solo las parcelas que tenían por encima del 60% de las plantas totales.

Peso Corregido =

$$\frac{\text{Peso}_{\text{campo}}[(n^{\circ}\text{plantas totales}) - (0,3 \times n^{\circ}\text{plantas faltantes})]}{(n^{\circ}\text{plantas totales} - n^{\circ}\text{plantas faltantes})}$$

Altura de planta: expresado en centímetros, midiéndose desde la base de la planta hasta el punto donde se inicia el capítulo.

Diámetro de capítulo: se mide el capítulo en la parte media antes de la cosecha, expresado en centímetros.

En general, en todas las localidades, las plántulas presentaron buena emergencia (85 a 95%). Las parcelas se mantuvieron libres de malezas e insectos durante todo el ciclo del cultivo, realizándose aplicación de herbicidas, carpida manual, y aplicación de insecticidas contra las plagas que se presentaron en el cultivo, y la fertilización se realizó de acuerdo a las recomendaciones de los análisis de suelo.

El modelo lineal para el análisis de la varianza con un factor en el diseño en bloques completos (Infostat, 2016), es el siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}, \text{ con } i=1, \dots, a; j=1, \dots, b$$

donde μ corresponde a la media general, τ_i el efecto del i -ésimo tratamiento, β_j el efecto del j -ésimo bloque y ϵ_{ij} representan, como siempre, errores normales e independientes con esperanza cero y varianza común σ^2 .

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza conjunta, utilizando el programa GENES (Cruz 2013) con la finalidad de detectar interacción genotipos por ambiente según el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = valor observado de i -ésimo genotipo, en el j -ésimo ambiente y en el k -ésimo bloque; μ = media general; G_i = efecto del i -ésimo Genotipo (Fijo); B/A_{jk} = efecto del bloque k dentro del ambiente j ($k= 1, 2, \dots, r$); A_j = efecto del j -ésimo ambiente, ($j= 1, 2, \dots, a$); GA_{ij} = efecto de la interacción del i -ésimo Genotipo con el j -ésimo ambiente; y, E_{ijk} = error medio aleatorio.

Mientras que, para el cálculo de adaptabilidad y estabilidad se usó también el programa GENES (Cruz 2013), y el método propuesto por Eberhart y Russel (1966), que considera la evaluación de los genotipos, la media del rendimiento de cada genotipo, su coeficiente de regresión (β_{ij}) y la varianza de los desvíos de esa regresión (σ^2_{di}), dado por:

$$\beta_{ij} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

en que:

$$I_j = \frac{\sum_j Y_{ij} \sum_j Y_{ij}}{g} \quad \frac{\sum_j Y_{ij}}{ag} \text{ (índice ambiental)}$$

$$\sigma^2_{di} = \frac{\left[\frac{\sum Y_{ij}^2 - \sum_j Y_{ij}^2}{a} \right] - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{a-2}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se observa que hubo alta diferencia estadística ($p < 0,01$) en genotipo y ambientes, para rendimiento, altura de planta y diámetro de capítulo. En la interacción de genotipo por ambiente (GENxAMB) hubo alta diferencia estadística en diámetro de capítulo ($p < 0,01$), diferencia estadística para altura de planta ($p < 0,05$), mientras que no hubo diferencia ($p > 0,05$) para rendimiento. En cuanto a la alta diferencia estadística entre genotipos, coinciden con los resultados de Guzmán et al. (2017), Grunvald et al. (2008); Grunvald et al. (2009); Carvalho et al. (2015), Porto et al. (2009) en los resultados de los periodos 2000, 2001 y 2002, mientras que en el periodo 2003 no hubo diferencia estadística.

Tabla 2. Cuadros medios del análisis de varianza del rendimiento, altura de planta y diámetro de capítulo del cultivo de girasol, ciclo 2012.

Fuente de variación	CUADRADOS MEDIOS			
	GL	Rendimiento	Altura de planta	Diámetro de capítulo
Bloque	2	0,1	40,3	3,6
Genotipo	6	0,7**	673,4**	7,3**
Ambientes	3	3,8**	55913,7**	102,6**
GENxAMB	18	0,3ns	249,8*	8,5**
Error	54	0,4	109,4	2,2
Media		2,7	177,4	21,7
CV(%)		22,4	6,6	6,9

(**) Diferencia altamente significativa ($p > 0,01$); (*) Diferencia significativa ($p > 0,05$); (ns) No significativo ($p < 0,05$)

La alta diferencia estadística en altura de planta coincide con los resultados de Guzmán et al. (2017). En cuanto a los resultados entre los ambientes, las diferencias altamente significativas coinciden con los resultados obtenidos por Guzmán et al. (2017), para rendimiento, altura de planta y diámetro de mazorca; con los resultados de Porto et al. (2009) para rendimiento coincide en los periodos 2000, 2001 y 2002, no así en el periodo 2003, donde no tuvieron diferencias.

Mientras que, los resultados de GENxAMB solo coincide en rendimiento con los resultados de Porto et al. (2009) en el periodo 2003. Estos resultados no coinciden con los otros periodos evaluados por Porto et al (2009), ni con los resultados de Guzmán et al. (2017), Carvalho et al. (2015), Grunvald et al. (2008), y, Porto et al. (2007) quienes presentaron alta diferencia estadística. En cuanto a altura de planta los resultados coinciden con los de Guzmán et al. (2017) quienes presentaron también diferencia significativa ($p < 0,05$). Mientras que, para de diámetro de capítulo, los resultados son

diferentes a los de Guzmán *et al.* (2017) que solo tuvieron diferencia significativa ($p < 0,05$).

Los resultados de los caracteres por localidad se observan en la Tabla 3, donde se visualiza que para rendimiento existe diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) para el combinado por localidades, como así también en Capitán Miranda, Natalicio Talavera y Choré. Los rendimientos combinados fueron de 2,91 a 2,28 t ha⁻¹ siendo los híbridos superiores MG 305 CP y MG 341, el promedio fue de 2,59 t ha⁻¹ y el coeficiente de variación (CV) 16,1%. La localidad con mayores rendimientos fue Capitán Miranda con un promedio de 3,64 t ha⁻¹, y en esa localidad, el

híbrido superior fue DK 3940 con 4,47 t ha⁻¹.

En altura de planta las medias combinadas fueron de 190,3 a 167,5 cm, donde el híbrido de menor altura (ideal para cosechas mecanizadas) fue MG 360, el promedio fue de 177,4 cm y el CV 12,2%. La localidad con mayor valor de altura fue Choré con un promedio de 216,0 cm, donde el híbrido superior fue MG 305 CP con 235,7 cm.

En lo que respecta a diámetro de capítulo los valores fueron de 23,0 a 20,5 cm, el superior fue MG 60, el promedio a través de localidades fue 21,7 cm. La localidad donde mayores valores se obtuvo fue en Natalicio Talavera que tuvo un promedio de 24,5 cm y el CV 7,1%.

Tabla 3. Valores promedios en rendimiento, altura de panta y diámetro de capítulo por localidad, y a través de localidades de evaluación de girasol en el ciclo 2012.

Genotipo	Rendimiento (tn/ha)					Altura de planta (cm)					Diámetro de capítulo (cm)				
	CM	NT	YV	CH	COMB	CM	NT	YV	CH	COMB	CM	NT	YV	CH	COMB
ACA EXP 887	2,92 CD	2,14 B	2,09	1,86 C	2,27 C	184,6	106,4 ABC	196,4	228,2 A	178,7 B	18,5	25,6 ABC	20,1	23,2 A	21,9 AB
DK 3940 (T)	4,47 A	2,36 B	2,53	2,5 A	2,7 AB	190,7	94,8 BCD	211,4	206,6 C	177,9 BC	19,5	23,5 BCD	20,7	21,8 C	21,7 BC
MG 305 CP	3,42 BC	3,18 A	2,83	2,31 B	2,91 A	176,9	123,1 A	228,6	235,7 A	190,3 A	18,5	28,5 A	19,9	21,4 C	21,9 AB
MG 341	3,96 AB	2,26 B	3,01	2,49 A	2,91 A	186,5	105,9 ABC	205,5	220 B	180,2 B	20	24,8 ABC	19,5	21,7 C	21,6 BC
MG 360	4,08 AB	1,44 C	2,76	2,43 AB	2,71 AB	176,9	83,2 D	199,1	209,3 C	167,5 D	19,1	20,4 D	21,1	22,1 BC	20,5 C
MG 60 (T)	2,16 D	2,24 B	2,86	1,88 BC	2,38 BC	192,3	110,6 AB	201,9	206,7 C	177,5 BC	19,7	26,7 AB	22,5	23,4 A	23 A
SEA 208 CLA	4,47 A	1,36 C	2,28	2,4 C	2,28 C	187,4	89,1 CD	199,1	205,6 C	169,5 CD	19,9	21,7 CD	20,3	22,9 AB	21 BC
Promedio	3,64	2,14	2,62	2,27	2,59	185	101,9	206	216	177,4	19,3	24,5	20,6	22,3	21,7
LSD	0,8	0,7	0	0,2	0,4	0	20,2	0	8,2	21,2	0	4,2	0	0,8	1,3
CV (%)	13,5	12,6	14,1	11,7	16,1	5,8	8,1	7,2	7,2	5,9	10	7,1	5,1	2,1	6,7
F. GEN.	9,2**	10,3**	2,4ns	15,9**	4,4**	0,9ns	5,4*	1,7ns	20,9**	6,1**	0,3ns	5,2*	2,5ns	9,2**	3,5**

Diferencia Mínima significativa (LSD); Coeficiente de Variación (CV); Valor de F calculada para genotipo (F. Gen). (**) Diferencia altamente significativa ($p < 0,01$); (*) Diferencia significativa ($p < 0,05$); (ns) No significativo ($p < 0,05$). Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente por el test de DMS 5% Capitán Miranda (CM), Natalicio Talavera (NT), Yvyrarovana (YV), Choré (CH), combinado a través de las cuatro localidades (COMB)

En cuanto al análisis de varianza de los parámetros de adaptabilidad y estabilidad Eberhart y Russel (1966) reveló diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) en rendimiento, altura de planta y diámetro de capítulo, coincidiendo con los resultados de Guzmán *et al.* (2017). En la interacción genotipo por ambiente lineal se encontró diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) para rendimiento y diámetro de capítulo, resultados que no coinciden con los de Guzmán *et al.* (2017) que no presentó diferencia ($p > 0,05$) en rendimiento y diámetro de capítulo, y presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) en altura de planta.

En desviación conjunta rendimiento y altura

de planta presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$), mientras que, diámetro de capítulo no presentó diferencias ($p > 0,05$). En desvío de la regresión para rendimiento no hubo diferencia estadística ($p > 0,05$) para ningún híbrido, resultados similares a Guzmán *et al.* (2017) quienes solo tuvieron diferencia significativa ($p < 0,05$) en un solo híbrido. En altura de planta, solo MG 305 CP presentó diferencia altamente significativa ($p < 0,01$), y en diámetro de capítulo MG 305 CP y MG 360 presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), resultados que no coinciden con los de Guzmán *et al.* (2017) que no presentó diferencia ($p > 0,05$).

Tabla 4. Análisis de varianza de los parámetros de Estabilidad y Adaptabilidad en girasol durante el ciclo 2012.

Fuente de variación	GL	CUADRADO MEDIO		
		Rendimiento	Altura de planta	Diámetro de capítulo
Ambiente	3	9,51**	55913,7**	102,6**
Genotipo	6	1,14**	673,4**	7,3**
Int GxA	18	0,78**	249,8ns	8,4**
Amb/Gen	21	2,02**	8201,8**	21,9**
Amb.Linear	1	28,54**	167741,1**	307,8**
GxA linear	6	1,44**	129,6ns	15,9**
Desviación conjunta	14	0,38*	265,6*	4,0ns
DESV G-MG 305 CP	2	0,05ns	911,3**	7,6*
DESV G- MG 341	2	0,08ns	20,4ns	4,1ns
DESV G- MG 360	2	0,22ns	2,0ns	7,8*
DESV G-MG60	2	0,76ns	143,0ns	1,4ns
DESV G- ACA EXP.887	2	0,18ns	365,1ns	0,2ns
DESV G- DK 3940	2	0,75ns	217,4ns	0,8ns
DESV G- SEA 208 CL AO	2	0,63ns	200,2ns	6,0ns
Residuo	54	0,4	139,0	2,2

(**) Diferencia altamente significativa ($p > 0,01$); (*) Diferencia significativa ($p > 0,05$); (ns) No significativo ($p < 0,05$); Rendimiento ($Tn\ ha^{-1}$), Altura de planta (cm), Diámetro de capítulo (cm).

Los parámetros de adaptabilidad y estabilidad (Tabla 5), teniendo en cuenta la clasificación propuesta por Carballo y Márquez (1970) se puede afirmar que en cuanto a rendimiento todos los genotipos son estables ($\beta_i=1$ y $\sigma^2d_i=0$), resultados que coinciden con los de Guzmán *et al.* (2017) y Carvalho *et al.* (2015) quienes encontraron genotipos estables, a excepción de algunos híbridos que resultaron estable pero inconsistente ($\beta_i=1$ y $\sigma^2d_i > 0$). Pero no coinciden con los resultados de Grunvald *et al.* (2009) quienes encontraron que la mayoría de los genotipos no presentaron estabilidad ($\beta_i \neq 1$ y $\sigma^2d_i \neq 0$).

En cuanto a altura de planta los resultados confirman que todos los genotipos son estables ($\beta_i=1$ y $\sigma^2d_i=0$), a excepción de MG 305 CP que fue estable pero inconsistente ($\beta_i=1$ y $\sigma^2d_i > 0$), coincidiendo con los resultados de Guzmán *et al.* (2017) quienes observaron que todos los genotipos fueron estables.

Mientras que, en diámetro de capítulo MG 305 CP fue estable pero inconsistente ($\beta_i=1$ y $\sigma^2d_i > 0$) y MG 360 tuvo respuesta buena en ambientes desfavorables, pero inconsistente ($\beta_i < 1$ y $\sigma^2d_i > 0$), resultados que no coinciden con los de Guzmán *et al.* (2017), quienes encontraron que todos los híbridos fueron estables.

CONCLUSIÓN

Los genotipos presentan diferencias estadísticas para los tres caracteres evaluados, rendimiento, altura de planta y diámetro del capítulo (en la Región Oriental de Paraguay durante el periodo 2012 de la zafra normal de siembra).

Los genotipos MG 305 CP y MG 341 fueron superiores en rendimiento y estables a través de ambientes.

Para la altura de planta el híbrido MG 360 fue superior y estable. En cambio, el mayor diámetro de capítulo fue de MG 60, y resultó estable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali MA, Najmaldien AHA, Latip RA, Othman NH, Majid FAA, Salleh LM. 2013. Effect of heating at frying temperature on the quality characteristics of regular and high-oleic acid sunflower oils. *Acta scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria* 12:159-167
- Bhoite KD; Kanwade, DG; Gadekar, DA. 2010. Stability parameters in seed yield in sunflower hybrids. *Agric. Sci. Digest.* 30(2):152-153.
- Carvalho, CGPde; Fernandes, M; Barneche, AC; Rodrigues, VB. 2005. Genética do girassol. In: Leite, RMVB.; Brighenti, AM.; Castro, C. (Eds.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, p. 220-226.
- Carvalho, C. G. P., Ozawa, E. K. M., Amabile, R. F., GODINHO, V., Gonçalves, S. L., Ribeiro, J. L., & Seifert, A. L. (2015). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol resistentes a imidazolinonas em cultivos de segunda safra. *Embrapa Soja Rev. Bras. Ciênc. Agrar. Recife.* 10(1):1-7.
- Cecconi, F; Pugliesi, S; Baroncelli S; Rocca, M. 1987. Genetic analysis for some agronomical characters of a sunflower (*Helianthus annuus* L.) diallel cross. *Helia. NoviSad.* 10(21):21-27.

- Carballo, CA; Márquez, S. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia*. 5: 129-146.
- Cruz, CD. 2013. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. 35 (3) 271 – 276.
- Cruz, CD; Regazzi, AJ. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV. (1). 390p
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Eberhart, S.A.; Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 6(1): 36-40. <https://www.crops.org/publications/cs/pdfs/6/1/CS0060010036>>. 06 Ago. 2013.
- ELRURAL.COM. 2017. Aumenta la producción mundial de girasol por las cosechas récord de Rusia y Ucrania (en línea). Consultado el 05/10/2017. Disponible en: <http://www.elrural.com/agrogestion/indicadores-agricolas/aumenta-la-produccion-mundial-girasolas-cosechas-record-rusia-ucrania-30082017>.
- Guzmán, TL; Gallegos, MA; Esparza, JR; Vázquez, C; González, U; Luna, JG; González, A. 2017. Parámetros de estabilidad en híbridos de girasol con alto contenido de oléico Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 4 (11): 213-222.
- Grunvald, AK; Portela, CG, Barneche, AC; De Bastos, CA. 2008. Adaptabilidade e estabilidade de genotipos de girassol no Brasil Central. *Pesq. agropec. Bras. Brasília*. 43(11):1483-1493.
- Grunvald, A. K., Carvalho, C. D., Oliveira, A. D., & Andrade, C. A. B. (2009). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(9), 1195-1204.
- INIFAP. 2015. Paquetes tecnológicos. Girasol. INIFAP-Chihuahua. <http://sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?id=921810&fuseaction=browse&pageid=51> Fecha de consulta 25 de noviembre de 2015.
- KNOTHE, G. 2005. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, Amsterdam. 86(10):1059-1070.
- Lakshmanrao, NG; Shambulingappa, KG; Kusumakumari, P. 1985. Studies on path-coefficient analysis in sunflower. In: International Sunflower Conference. Mar del Plata. Proceedings. Paris: International Sunflower Association. p.733-735.
- Le Clerg EL. 1966. Significance of experimental design in plant breeding. In K. J. Frey (ed) *Plant Breeding: A symposium held at Iowa State University*. The ISU Press, Ames, p. 243-313.
- Lúquez, JE; Aguirrezábal, LAN; Agüero, ME; Pereyra, VR. 2002. Stability and adaptability of cultivars in Non-balanced Yield Trials. Comparison of methods for selecting 'high oleic' sunflowers hybrids for grain yield and quality. *J. Agronomy and Crop Science*. 188: 225-234
- MAG/DCAG. 2015. Síntesis estadísticas. Producción agropecuaria. Año agrícola 2015/2016. San Lorenzo. p 20. <http://www.mag.gov.py/Censo/SINTESIS%20ESTADISTICAS%202016.pdf>.
- MAG/SSERNMA. 1995. Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Elaborado por: López Gorostiaga, O; González, E; de Llamas, P; Molinas, A; Franco, ES; García, S; Río, E. Proyecto de racionalización del uso de la tierra. Vol. 1
- Mendoza, A y O. Noldin. 2016. Divergencia genética entre genotipos de girasol. *Investig. Agrar. San Lorenzo*. 18(1): 1-7.
- Merrien, A; Blanchet, R; Gelfi, N; Rellier, JP; Rollier, M. 1982. Pathways of yield elaboration in sunflower under various water stresses. In: International Sunflower Conference. Proceedings. Paris: International Sunflower Association. p.11-14.
- Oliveira, MF; Castiglioni, VBR.; Carvalho, CGP. 2005. Melhoramento do girassol. In: Leite, RMVB.; Brighenti, AM.; Castro, C. (Eds.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, p. 269-297.
- Porto, WS; Carvalho CGPde; Pinto, RJB. 2007. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genotipos de girassol. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*. 42(2):491-499
- Porto, WS; Carvalho CGPde; Pinto, RJB, Oliveira, MFde; Oliveira, ACBde. 2009. Adaptabilidade e estabilidade de genotipos de girasol para la região. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*. 42(2):491-499
- Ramallo, MAP; Santos, JB; Zimmermann, MJO. 1993. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia. 271p
- Tyagi, AP. 1985. Association and path analysis of yield components and oil percentage in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: International Sunflower Conference. Mar del Plata. Proceedings.. Paris: International Sunflower Association. p.807-812.

Efecto de tres formas de aplicación de zinc y boro en el cultivo de maíz

Effect of three ways of applying zinc and boron in maize cultivation

Carlos Andrés López Fretes¹, Blas Adalberto Vera Rokembach¹, Alodia González^{2*}

¹UNI - FaCAF Sede Natalio – Itapúa, Paraguay

²IPTA Capitán Miranda – Itapúa, Paraguay

*Autor para correspondencia (aloalta@hotmail.com)

Recibido: 05/11/2017 Aceptado: 27 /06 /2019

RESUMEN

Los micronutrientes son elementos esenciales, la planta requiere en cantidades muy pequeñas, generalmente en miligramos. El experimento fue realizado en el distrito de Natalio, departamento de Itapúa, Paraguay, en el año 2015. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de tres formas de aplicación de Zn y B en el cultivo de maíz. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar en arreglo factorial 2x3+1, el factor A correspondió a los dos micronutrientes (Zn y B) y el factor B correspondió a las diferentes formas de aplicación (tratamiento de semillas, acuosa y granular) y un testigo para ambos elementos que solo recibió la aplicación del fertilizante básico NPK, obteniéndose siete tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando veintiocho unidades experimentales. Se utilizó el ácido bórico (17,5%), con dosis de 1,2 kg/ha y el sulfato de zinc (22,5%), con dosis de 2,4 kg/ha. La fertilización básica para todos los tratamientos fue 200 kg/ha de 10-20-10 de NPK y como material genético se utilizó un híbrido BRS 2020 doble precoz. Las variables evaluadas fueron: días a floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca, longitud de mazorca, diámetro del tallo y diámetro de mazorca, número de hileras de granos, número de granos por hilera, peso de mil granos y rendimiento de granos. Los resultados demostraron que la altura de planta, altura de la mazorca y el peso de mil granos respondieron a la aplicación del B y Zn. El B con aplicación en semillas y forma granular con la siembra aumentaron la altura de planta y la altura de mazorca. El mayor peso de mil granos resultó con la aplicación del Zn en forma de tratamiento de semilla. El rendimiento no tuvo respuesta a la aplicación del B y Zn en sus tres formas de aplicación.

Palabras clave: *Zea mays*, formas de aplicación, micronutrientes

ABSTRACT

Micronutrients are essential elements, which the plant requires in very small quantities, usually in milligrams. The experiment was carried out in the district of Natalio, department of Itapúa, Paraguay, in 2015. The objective of this work was to evaluate the effect of three forms of application of Zn and B in the cultivation of corn. The experimental design used was randomized complete blocks in factorial arrangement 2x3 + 1, factor A corresponded to the two micronutrients (Zn and B) and factor B corresponded to the different forms of application (seed treatment, aqueous and granular) and a control treatment for both elements that only received the application of the basic NPK fertilizer, obtaining seven treatments and four repetitions, totaling twenty-eight experimental units. Boric acid (17.5%) was used, with doses of 1.2 kg / ha and zinc sulfate (22.5%), with doses of 2.4 kg / ha. The basic fertilization for all treatments was 200 kg / ha of 10-20-10 of NPK and as a genetic material the BRS 2020 double early hybrid was used. The variables evaluated were: days until male and female flowering, plant height and ear height, ear length, stem diameter and ear diameter, number of rows of grains, number of grains per row, weight of one thousand grains and yield of grains. The results showed that plant height, ear height and the weight of a thousand grains responded to the application of B and Zn. The B with application in seeds and granular form with the sowing increased the height of plant and the height of cob. The greater weight of a thousand grains resulted with the application of Zn in the form of seed treatment. Performance did not respond to the application of B and Zn in its three forms of application.

Key words: *Zea mays*, application ways, micronutrients.

INTRODUCCIÓN

Los micronutrientes son elementos esenciales, las plantas los necesitan en pequeñas cantidades y en ellas cumplen varias funciones. En el caso del Zn, se encuentra asociado a enzimas que regulan la respiración y la síntesis de clorofila. El B se asocia al metabolismo de azúcares y a la formación del tubo polínico, el contenido de la materia orgánica del suelo es, entre otros, un factor que puede afectar la biodisponibilidad en el suelo, no solo porque es fuente importante, sino además la fracción disuelta forma complejos de quelatos con los cationes como el Zn, aumentando la biodisponibilidad de los mismos (Torri *et al.* 2014).

A pesar de que las cantidades requeridas por las plantas son muy pequeñas, en caso de deficiencia muy severa los cultivos no llegan a completar su ciclo vegetativo afectando al rendimiento generando una producción baja (Malavolta, 1958).

En el caso del maíz, como todo cultivo requiere de fertilización adecuada y oportuna para que pueda expresar todo su potencial productivo, así como de técnicas de aplicación eficientes (Dunja 2000), pero frecuentemente puede presentar deficiencias de Zn, especialmente en estadios tempranos, condiciones de baja temperatura y excesiva humedad del suelo (Torri *et al.* 2014). En tal sentido, es importante señalar que la escasa utilización de micronutrientes como el Zn y el B en el cultivo de maíz, se deben

principalmente a la poca información generada y a la dificultad de acceso a las mismas, no dimensionándose el incremento que podría darse en la producción, en respuesta a la aplicación de micronutrientes. Disponer de mayor información referente al efecto de las formas de fertilización con Zn y B, proveería herramientas para mejorar la eficiencia de la producción del maíz, logrando aumentar el rendimiento por unidad de superficie y consiguientemente las utilidades económicas.

En trabajos anteriores, Melgar *et al.* (2001) encontraron que la fertilización con boro en maíz incrementó el rendimiento de granos en forma lineal hasta la dosis de 0,5 kg de B ha⁻¹, a razón de 0,58 mg ha⁻¹, en tanto que el zinc permitió el incremento del rendimiento de granos en 0,109 miligramo de maíz por kg de Zn aplicado. Ferraris *et al.* (2010) compararon en cuatro experimentos, diferentes formas de aplicaciones de Zn al maíz: en tratamiento de semillas, por vía foliar y agregado al suelo, en tres experimentos se encontró respuesta significativa en el rendimiento. En uno se encontró en la aplicación al suelo, en otra a la forma foliar y en la tercera a ambas formas de aplicación.

Por su parte Pérez y Nieto (2012) observaron que al aplicar Zn en el cultivo de maíz, se incrementa el rendimiento de granos en un 15%. Dourado Neto *et al.* (2015) aplicaron Zn junto a otros nutrientes como tratamiento de semilla en forma sólida y líquida en el momento de la siembra de maíz, resultando que el tratamiento con aplicación líquida en semillas, promovió el aumento en la acumulación de materia seca en la parte aérea y raíces de las plantas, así como en el número de granos y en el rendimiento de granos de maíz. Esposito *et al.* (2016) encontraron una relación directa entre el contenido de Zn y el de materia orgánica del suelo, además una respuesta lineal en el rendimiento de granos al incrementar la dosis de Zn hasta 1,5 kg/ha.

Si bien la literatura es abundante en relación a la fertilización con micronutrientes, no existe información actualizada con respecto a Paraguay, por más que se trate de una práctica agrícola habitualmente realizada por productores locales. Ante esta situación, se realizó una investigación con el objetivo de evaluar el efecto de tres formas de aplicación de zinc y boro en el cultivo de maíz, adoptando como hipótesis, que la forma de aplicación de zinc y boro, independientemente de su concentración en el suelo, influyen en el rendimiento de granos del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el distrito de Natalio, departamento de Itapúa, Paraguay. Las coordenadas de la parcela son 26° 41' 14,16" de latitud Sur y 55° 8' 46,28" de longitud Oeste.

El clima predominante en la zona es subtropical, con temperaturas medias anuales de 21°C y con promedio de precipitaciones de 1600 mm anuales. El periodo de ejecución del experimento estuvo comprendido entre enero y julio del 2015.

El terreno cuenta con un historial agrícola de sucesiones de cultivos soja-trigo principalmente, en los últimos diez años, en sistema de siembra directa (SSD). El suelo del lugar fue clasificado como *Rhodic Paleudult*, de textura arcillosa fina de origen basáltico con 3 a 15% de pendiente, con buen drenaje y nula rocosidad (López *et al.* 1995).

El local experimental posee alto contenido de materia orgánica (MO) con 3,30%, pH_{H2O} de 5,60 y pH_{SMP} de 6,40. El nivel de Zn en el suelo es alto (4,10 mg kg⁻¹) y el contenido de B es medio (0,23 mg kg⁻¹), de acuerdo a resultados arrojados por el análisis químico de muestras suelo extraídas a 0 – 20 cm de profundidad, realizados en el laboratorio de análisis de suelos de la Fundación Universitaria Ciencias Agrarias (FUCAI). De manera a tener informaciones locales en diferentes

condiciones de fertilidad se utilizó la parcela aun con niveles alto y medio de Zn y B respectivamente.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar en arreglo factorial 2 x 3 +1 con cuatro repeticiones. Los factores correspondieron a dos micronutrientes (Zn y B) y tres formas de aplicación (tratamiento de semillas, acuosa y granular) se tuvo un testigo de referencia sin ninguna aplicación de micronutrientes.

Para la fertilización básica se utilizó 10-20-10 a razón de 200 kg/ha, y fue aplicado a todos los tratamientos. Las unidades experimentales estuvieron constituidas

de seis hileras de 6 m de largo, con separación entre hileras de 0,45 m y entre plantas 0,40 m, alcanzando una superficie total de 16,2 m² cada una. La densidad poblacional se constituyó en 55.555 plantas por hectárea.

El área útil fue de 9 m², descartándose las dos hileras laterales y 0,50 m en cada cabecera.

Como fuente de boro se utilizó el ácido bórico (17,5%), con dosis de 1,2 kg/ha y como fuente de zinc, el sulfato de zinc (22,5%), con dosis de 2,4 kg/ha. Las formas de aplicación y sus respectivas dosis se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos del ensayo de evaluación de tres formas de aplicación de Zn y B, en cultivo de maíz. Natalio, 2015

Tratamiento (1)	Elemento	Formas de aplicación	Dosis
1	Boro	Tratamiento de semilla	62 g/kg semilla
2	Boro	Acuosa*	18,5 g/1 L agua
3	Boro	Granular	18,5 g/1,296 kg NPK
4	Zinc	Tratamiento de semilla	120 g/kg semilla
5	Zinc	Solución Acuosa	35,9 g/1 L agua
6	Zinc	Granular	35,9 g/1,296 kg NPK
7	Testigo		

1. Todos los tratamientos tuvieron una fertilización básica de 200 kg/ha de 10-20-10.

2. * Micronutrientes disueltos en agua, y aplicados en el suelo.

La aplicación de los micronutrientes en forma de tratamiento de semilla se realizó mezclando con las mismas, dentro de un frasco de plástico donde se agregaron las dosis de micronutrientes correspondientes, añadiendo una pequeña cantidad de agua hasta humedecerlos levemente para lograr una buena distribución. Posteriormente se realizó la siembra.

Para la aplicación en forma acuosa se preparó una solución de Zn y B, diluyendo las dosis de los micronutrientes en un litro de agua.

Posterior a la siembra se regaron las hileras con esta dilución.

La aplicación granular de Zn y B se realizó añadiéndolos al fertilizante básico y luego fueron aplicados conjuntamente con la siembra. El material de siembra utilizado fue el BRS 2020, híbrido doble de ciclo precoz, con granos semiduros, de color anaranjado. Este cultivar tiene una excelente adaptación y estabilidad a todas las regiones productoras de maíz en la zafra de invierno. La calidad de granos es un destaque en este

material debido a su coloración anaranjada y el desgrane fácil (EMBRAPA 2003). El stand de siembra recomendado es de 55.000 a 60.000 semillas/ha.

La siembra se realizó el 21 de enero del 2015, para ello se utilizó una sembradora manual (matraca) de doble pico, que permitió aplicar el fertilizante base en forma simultánea con la semilla.

La emergencia del 50% de las plántulas se observó entre el 1 y 9 de febrero del 2015. Cabe destacar que el retraso de la emergencia de las plántulas fue debido a la falta de humedad del suelo, ya que los días próximos a la siembra no se registraron precipitaciones.

Se realizó una desecación con glifosato 62% (2,5 L/ha), 15 días antes de la siembra; esta aplicación se realizó en la primera semana de enero de 2015 en horas de la mañana con velocidad del viento de 5 km/h aproximadamente. A los 10 días después de la aplicación, se eliminaron en forma manual y mecánica las malezas no controladas por el herbicida.

En la primera quincena de febrero se aplicaron insecticidas para el control de chinche marrón (*Euschistus heros*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*); se utilizó un producto organofosforado, clorpirifos 48%, a una dosis de 1 L/ha. Quince días después, se realizó otra aplicación de insecticida de amplio espectro, que pertenece al grupo de los piretroides, lamdbacihalotrina 5% con una dosis de 250 ml/ha. A los 18 días después de la emergencia

de las plántulas, se realizó el raleo con el fin de uniformizar la población por unidad experimental, dejando una planta por hoyo.

El control de malezas se realizó mediante carpidas a los 15, 35 y 50 días después de la emergencia.

A mitad de marzo se realizó la aplicación de N en cobertura, a razón de 50 kg/ha, utilizando como fuente urea (110 kg/ha), que fue incorporado en el suelo por medio de un escardillo. Con esta operación se alcanzó 70 kg de nitrógeno por hectárea, ya que 20 kg ya se había aplicado en el momento de la siembra con la fertilización básica.

La cosecha de las mazorcas se realizó manualmente el 18 de julio de 2015, cuando las plantas estaban en el estado de punto de cosecha. Las variables fueron evaluadas hechas la metodología descritas por Machado (1995) y se presentan a continuación.

Días a floración masculina (unidad). Se registró la fecha en que el 50% de las plantas en la parcela útil emitieron polen. Los días se contaron desde la fecha de emergencia de plántulas hasta la fecha en que se registró el 50% de emisión de polen.

Días a floración femenina (unidad). Se apuntó la fecha en que el 50% de las plantas en la parcela útil emitieron estigma. Los días se contaron desde la fecha de emergencia de plántulas hasta la fecha en que se registró el 50% de emisión del estigma.

Altura de planta (cm). Cuando las plantas aún presentaban hojas verdes, cerca del inicio de madurez fisiológica, en una muestra de seis plantas de la parcela útil, fue midiéndose desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panoja. Fue hecha con una cinta métrica.

Altura de mazorca (cm). Se utilizó la misma muestra de seis plantas de la parcela útil, mencionada para altura de plantas. Fue determinada mediante la medición desde el nivel del suelo hasta el nudo de la mazorca más alta, con de una cinta métrica.

Diámetro de tallo (cm). Se determinó en la misma muestra de seis plantas de la parcela útil, utilizada para altura de mazorca. Se midió a 10 cm del suelo, con calibre de Vernier.

Caracteres de mazorca y grano

Para la medición de caracteres de mazorca y de grano, de lo cosechado en cada parcela, se separaron cinco mazorcas representativas a fin de efectuar las correspondientes mediciones.

Longitud de mazorca (cm). El día de la cosecha, se determinó en una muestra de cinco mazorcas representativas de la parcela, midiendo desde la base hasta el ápice de la mazorca. Fue hecha con una cinta métrica.

Diámetro de mazorca (cm). Se utilizó la misma muestra de cinco mazorcas usadas para medir la longitud y en el mismo momento, se midió en la parte media de la mazorca, con calibre de Vernier.

Número de hileras de granos (unidad). Se estableció en la misma muestra de las mazorcas usadas para medir la longitud y el diámetro y en el mismo momento, se contó en la parte media de la mazorca.

Número de granos en la hilera (unidad). Se estableció en la misma muestra de mazorcas usadas para medir la longitud y el diámetro y en el mismo momento, se contó en la hilera más larga de la mazorca.

Peso de mil granos (g). De las mazorcas cosechadas y desgranadas, se pesaron 100 granos contados al azar, se multiplicó por 10, para obtener el peso de 1000 granos.

Rendimiento (kg/ha). Para el rendimiento, debido a que hubo plantas faltantes, primero se efectuó una corrección por población dentro de cada unidad experimental mediante la fórmula adaptada de LeClerg, citado por Machado et al. (2004) que se presenta a continuación:

$$P_{\text{Corregido}} = P_{\text{Parcelario}} \cdot [(52) - (0,3 \times M) / (52 - M)]$$

Donde, M = número de plantas faltantes; 52 = número de plantas ideales

Para calcular el rendimiento por hectárea, ajustado a una humedad de 14%, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento en kg/ha} = [(\text{Peso parcelario en g/área útil}) \times 10 \times (100 - \text{Hum. real}) / (86)]$$

Para el análisis de varianza se utilizó la planilla electrónica, donde los datos fueron analizados como factorial modificado o con testigo de referencia. Se realizó primeramente un análisis factorial con dos factores en Bloques Completos al Azar y luego se realizó el análisis completo que incluyó al testigo, en diseño de Bloques Completos al Azar. Con cada análisis de varianza se obtuvo un coeficiente de variación, aplicando la que correspondió al análisis completo ya que este consideró los datos del testigo. Utilizando ambos análisis, se calculó las fuentes de variación tratamientos factoriales vs tratamientos factoriales y testigo, descrito por (UJCM/EPIA, citado por Ruiz e Ibarra 2015). Las variables que resultaron significativas fueron analizadas con la separación de medias (seis tratamientos), utilizando la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad de error.

En las variables que presentaron efectos significativos en los tres factores (Factor A, factor B y la interacción AxB) se realizó análisis de varianza factorial y la comparación de medias mediante el programa ASSISTAT versión 7.7 beta (Silva 2014), utilizando Tukey al 5% de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se presenta el análisis de varianza de días de floración masculina y femenina, altura de planta, altura de la mazorca y diámetro de tallo, con tres formas de aplicación de zinc y boro en el cultivo de maíz. Los resultados indican diferencias altamente significativas entre elementos, formas de aplicación y la interacción elementos x formas para altura de planta. En la altura de mazorca se presenta diferencias significativas entre los elementos. Al observar ambas

variables de altura de planta y mazorca, teniendo como fuente de variación Testigo vs Trat. Fact. que comparó el análisis completo incluyendo al tratamiento testigo sin B y Zn, ante el análisis factorial (sin testigo) presentó resultados altamente significativos indicando diferencias entre no aplicar nada y hacer una aplicación de uno de ellos. En días a floración masculina, días a floración femenina y diámetro de tallo no se observaron diferencias significativas para ninguno de los factores estudiados.

Tabla 2. F calculada de días de floración masculina, días de floración femenina, altura de planta, altura de mazorca y diámetro de tallo de maíz, con tres formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Fuentes de variación	F calculada				
	Flor. Masculina (días)	Flor. Femenina (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mazorca (cm)	Diam. Tallo (cm)
Elemento (E)	0,04 ns	1,55 ns	15,43 **	4,81 *	1,27 ns
Forma de aplic. (FA)	0,98 ns	0,66 ns	15,16 **	3,48 ns	1,11 ns
E x FA	0,14 ns	0,22 ns	9,13 **	1,05 ns	1,27 ns
Trat. Fact.	1,16 ns	2,43 ns	39,72 **	9,34 **	3,65 *
Testigo vs Trat.Fact.	0,61 ns	0,37 ns	81,09 **	26,95 **	3,11 ns
TodosTrat.	0,49 ns	0,50 ns	12,29 **	6,64 **	1,71 ns
Rep	0,04	0,86	2,06	0,17	3,80
Coef. Variac. (%)	1,98	2,19	2,93	7,04	4,35

ns: no significativo; * significativo al 5% de probabilidad; **significativo al 1% de probabilidad.

En las tablas 3 y 4, se muestran los valores promedios obtenidos con días a floración masculina y días a floración femenina sin diferencias significativas.

Estos resultados concuerdan con los de Vinhas et al. (2011), quienes no observaron diferencias en las mismas variables.

Tabla 3. Promedio de días a floración masculina del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	54,75	53,75	54,25	54,25 ns
Zn	54,50	54,00	54,50	54,33 ns
Promedio FA	54,63ns	53,88 ns	54,38 ns	
Promedio Trat Fact.				54,29
Promedio de Testigo				54,75

ns: no significativo

Los promedios para días a floración masculina variaron de 54 a 55 días, mientras que para días a

floración femenina fueron de 58 días.

Tabla 4. Promedio de días a floración femenina del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	58,00	57,25	57,50	57,58 ns
Zn	58,25	57,75	58,50	58,17 ns
Promedio FA	58,13ns	57,50 ns	58,00 ns	
Promedio Trat Fact.				57,88
Promedio de Testigo				58,25

ns: no significativo

En la tabla 5, se observan los promedios obtenidos con la altura de planta. Con la aplicación del B se presentó el promedio más alto, es decir la altura de la planta de maíz tuvo respuesta a la aplicación del B, debido a que interviene en la división celular y elongación de las células, y justamente su carencia puede causar entrenudos cortos. En cuanto al factor forma de aplicación de tratamiento de semilla y granular arrojaron resultados similares entre sí y superiores a la forma acuosa. En la interacción de ambos factores, el B aplicado como tratamiento de semilla y granular registraron las medias más altas de altura de planta y superiores al B aplicado en forma acuosa. En cuanto al Zn, la media más alta en altura de planta se dio con la aplicación como tratamiento

de semilla y ha sido superior a las otras formas de aplicación. La altura de planta obtenida con la aplicación del B y Zn como tratamiento de semilla y en forma acuosa, resultaron con promedios similares. Con la aplicación granular el B ha registrado mayor altura de planta que el Zn y ha sido estadísticamente superior. Los resultados arrojados en esta variable, difieren de los resultados de Melgar *et al.* (2001), quienes no encontraron diferencias significativas. Concuerda con los resultados obtenidos con Ferraris *et al.* (2010) quienes encontraron que los tratamientos con Zn mejoraron el crecimiento inicial de la planta, como altura de planta en la fase V4 a V8 cuando fueron aplicados como tratamiento de semilla o en el suelo entre siembra, en 5% superior al testigo.

Tabla 5. Promedio de altura de planta del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	199,00 aA	188,25 aB	205,00 aA	197,42 A
Zn	196,75 aA	187,50 aB	188,75 bB	191,00 B
Promedio FA	197,88 a	187,88 b	196,88 a	
Promedio Trat Fact.				194,21 a
Promedio de Testigo				174,75 b

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en las filas (factor E) y minúsculas en las columnas (factor FA), no difieren significativamente por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la tabla 6 se presentan los valores promedios de la altura de mazorca. El análisis estadístico arrojó diferencias significativas en el factor elemento, con la aplicación de B. Para los demás factores no se registraron respuestas significativas.

Los resultados arrojados en el factor elemento,

difiere con la investigación de Melgar *et al.* (2001), quienes encontraron diferencias no significativas en esta variable. Por otra parte, en el factor forma de aplicación y factor elemento x forma, en las cuales no se obtuvieron respuestas significativas, coinciden ambas investigaciones.

Tabla 6. Promedio de altura de mazorca del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	84,05	77,30	85,48	82,28 A
Zn	81,65	74,53	76,13	77,43 B
Promedio FA	82,85ns	75,91ns	80,80ns	
Promedio Trat Fact.				79,85 a
Promedio de Testigo				64,65 b

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en las columnas, no difieren significativamente por el Test de Tukey al 5% de probabilidad. ns: no significativo

En la tabla 7, se registran los valores promedios obtenidos en diámetro del tallo. Se demuestran que no se presentaron diferencias

significativas con ninguno de los tratamientos en los diferentes factores. El promedio fue de 2,8 cm.

Tabla 7. Promedio de diámetro del tallo del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	2,75	2,70	2,78	2,74 ns
Zn	2,90	2,78	2,73	2,80 ns
Promedio FA	2,83 ns	2,74 ns	2,75 ns	
Promedio Trat Fact.				2,77
Promedio de Testigo				2,75

ns: no significativo

A continuación, se presentan las variables evaluadas durante la etapa reproductiva del cultivo. En la Tabla 8 se muestran los resultados de las Fc de longitud de mazorca, número de hileras de granos, número

de granos en la hilera y diámetro de mazorca, que no presentaron diferencias significativas. Estos resultados coinciden por lo encontrado por Dourado Neto *et al.* (2015).

Tabla 8. F calculada de longitud de mazorca, número de hileras de granos, número de granos en la hilera y diámetro de mazorca del maíz, con tres formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Fuentes de variación	F calculada				
	Flor. Masculina (días)	Flor. Femenina (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mazorca (cm)	Diam. Tallo (cm)
Elemento (E)	2,63 ns	0,45 ns	0,01 ns	0,13 ns	1,27 ns
Forma de aplic (FA)	0,70 ns	3,52 ns	0,15 ns	0,10 ns	1,11 ns
E x FA	2,17 ns	0,11 ns	0,78 ns	0,89 ns	1,27 ns
Trat. Fact.	5,49 ns	4,09 ns	0,94 ns	1,11 ns	3,65 *
Testigo vs Trat. Fact.	0,47 ns	0,06 ns	0,47 ns	0,34 ns	3,11 ns
Todos Trat.	1,26 ns	1,30 ns	0,40 ns	0,38 ns	1,71 ns
Rep	0,32	3,13	0,15	0,39	3,80
Coef.	1,98	2,19	2,93	7,04	4,35
Variac. (%)	5,93	4,15	12,67	3,97	

ns: no significativo

En los valores de longitud de mazorca (tabla 9), no se encontraron diferencias significativas indicando que la aplicación de B y Zn no tuvo efecto sobre el crecimiento longitudinal de la mazorca. Echeverría *et al.* (2014) mencionan que la tasa de adsorción del B

y Zn es baja al principio y luego aumenta a partir de V_{7-8} manteniéndose constante hasta la madurez del cultivo, excepto el B que desciende entre R_1 y R_2 . En la tabla 10 se presentan los valores promedios de número de hileras de granos de maíz.

Tabla 9. Promedio de longitud de mazorca del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	14,90	15,75	14,75	15,13 ns
Zn	16,23	15,35	15,50	15,69 ns
Promedio FA	15,56ns	15,55ns	15,13 ns	
Promedio Trat Fact.				15,41
Promedio de Testigo				15,00

ns: no significativo

Tabla 10. Promedio de número de hileras de granos del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	14,25	14,75	15,00	14,67 ns
Zn	14,00	14,75	14,75	14,50 ns
Promedio FA	14,13 ns	14,75 ns	14,88 ns	
Promedio Trat Fact.				14,58
Promedio de Testigo				14,50

ns: no significativo

El número de hileras de granos tabla 10 y (2008) encontró resultados que coinciden con el número de granos por hilera (tabla 11), no este experimento en lo que se refiere a número registraron diferencias significativas. Costa de hileras de grano.

Tabla 11. Promedio de número de granos en hilera del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	31,25	32,50	31,25	31,67ns
Zn	32,75	29,75	33,00	31,83ns
Promedio FA	32,00ns	31,13ns	32,13ns	
Promedio Trat Fact.				31,75
Promedio de Testigo				30,25

ns: no significativo

El diámetro de mazorca (tabla 12), no obtuvo tratamientos, que coinciden con Melgar *et al.* (2001) diferencias significativas en ninguno de los y Vinhas *et al.* (2011).

Tabla 12. Promedio de diámetro de mazorca del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	4,50	4,55	4,43	4,49ns
Zn	4,50	4,40	4,50	4,47ns
Promedio FA	4,50ns	4,48ns	4,46ns	
Promedio Trat Fact.				4,48
Promedio de Testigo				4,50

ns: no significativo

En la tabla 13 se observa el peso de mil granos que presentó estadísticamente diferencias significativas en la interacción elemento x forma, obteniendo el mayor incremento la interacción del Zn aplicado en forma de tratamiento de semilla que difirió estadísticamente con la aplicación en forma acuoso y fue igual al granular; el B resultó estadísticamente similar en las tres formas (tratamiento de semilla, acuoso y granular). El Zn fue superior al B en la aplicación de tratamiento de semilla. El peso de mil granos en función a la interacción entre el Zn y B y las tres formas aplicadas al cultivo de maíz, coincide con Sousa Costa (2008), Vinhas *et al.* (2011), Pérez y Nieto (2012) y Melgar *et al.* (2001), quienes no encontraron diferencias significativas en esta variable.

Tabla 13. Promedio de peso de mil granos del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	307,50 bA	312,50 aA	317,50 aA	312,50
Zn	332,50 aA	292,50 aB	302,50 aAB	309,17
Promedio FA	320,00	302,50	310,00	
Promedio Trat Fact.				310,83
Promedio de Testigo				309,29

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en las filas (factor E) y minúsculas en las columnas (factor FA), no difieren entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la tabla 14 se puede ver los resultados de rendimiento, que no presentó diferencias significativas en ninguno de los factores. Estos resultados no concuerdan con lo observado por Pérez y Nieto (2012), Melgar *et al.* (2001), Michiels (2014) y Barbieri *et al.* (2014) que encontraron diferencias significativas para esta variable, que se realizaron en suelos con bajos niveles de zinc y boro a diferencia de este experimento donde los niveles estaban alto para Zn y medio para B. Esto explicaría la falta de respuestas en el rendimiento al uso de los dos micronutrientes

evaluados, aplicados en las tres formas; además es importante señalar que la alta concentración de MO del suelo permitió la provisión de manera constante de ambos micronutrientes haciendo que sea suficiente su disponibilidad, concordando con lo mencionado por Esposito *et al.* (2016).

También difiere con los encontrado por Ferraris *et al.* (2010) que demostraron que, con el Zn, en diversas combinaciones de formas-dosis-momentos de aplicación, permitió incrementar significativamente los rendimientos de maíz.

Tabla 14. Promedio de rendimiento del maíz con las diferentes formas de aplicación de Zn y B. Natalio, 2015.

Elemento	Forma de aplicación			Promedio E
	Trat. de semilla	Acuoso	Granular	
B	6604	6658	6471	6578ns
Zn	6750	5813	6665	6409ns
Promedio FA	6677ns	6236ns	6568ns	
Promedio Trat Fact.				6493,38
Promedio de Testigo				6447,47

ns: no significativo

CONCLUSIÓN

La aplicación de boro y zinc en sus tres formas de aplicación en el cultivo de maíz presentaron efecto sobre la altura de planta, altura de mazorca y peso de 1000 granos.

El uso del boro aplicado como tratamiento de semilla y granular produjeron aumentos significativos en la altura de planta de maíz.

La aplicación de boro favoreció la altura de mazorca del maíz.

El Zn aplicado en forma de tratamiento de semilla y del boro aplicado en las tres formas (tratamiento de

semilla, acuoso y granular) presentaron interacción significativa en el peso de mil granos.

Los parámetros de días a floración masculina, días a floración femenina, diámetro de tallo, longitud de mazorca, número de hileras de granos, número de granos en hilera, diámetro de mazorca y el rendimiento no fueron afectados con la aplicación de los micronutrientes B y Zn.

Teniendo como hipótesis de que la forma de aplicación de los micronutrientes, independientemente de su concentración en el suelo, influye en el rendimiento del maíz, los resultados presentados no indican tal afirmación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbieri, PA; Sainz S, HR; Echeverría, HE; Salvagiotti, F; Barbagelata, P; Barraco, M; Colaso, JC; Ferraris, G; Sanchez, HS; Cáceres D, RH; Reussi C, NL; Esposito, G; Eyherabide, M y Larsen, B. 2014. Determinación de la respuesta del cultivo de maíz a la fertilización con Zn en la región pampeana y extrapampeana, y desarrollar un método de diagnóstico de la disponibilidad de Zn para el cultivo. *Rev. Iformacs. Agronómico del Cono Sur. M /19/*: 18-21.
- Díaz., D. 2014. Funciones del boro en los cultivos. (en línea). Consultado el 3 de abr. 2015. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/foros/funciones-boro-cultivos-t28866/078-p0.htm>.
- Dourado Neto, D; Martin, TN; Pavinato, PS; Nunes, UR; Escobar, O; Fipke, GM. 2015. El tratamiento de semillas de maíz con micronutrientes aumenta el rendimiento de grano. *Revista caatinga*, 28(3), 86-92. (en línea). Consultado el 10 de julio de 2019. Disponible en <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-1252015000300086&lng=en&nrm=iso>
- Dunja, MB. 2000. Fertilización del cultivo de maíz (en línea). Fonaiap divulga no. 65. (en línea) Consultado 28 ene 2015. Disponible en http://www.sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd65/texto/maiz.htm.
- Echeverría, H; García, F. 1998. Guía para la fertilización de trigo, maíz, girasol y soja. EEA INTA Balcarce. Centro Regional Buenos Aires Sur. (Boletín técnico N0 149).
- Echeverría, H; Sainz Rozas, H; Barbieri, PA. 2014. Maíz y sorgo. In: Fertilidad de suelo y fertilización de cultivos/ editores: Hernán E. Echeverría, Fernando O. García. 2ª. Ed.. buenos aires: ediciones INTA. P.435-473.
- Espósito, G; Balboa, G; Castillo, C; Balboa, R. 2016. Disponibilidad de Zinc y Respuesta a la Fertilización del Maíz en el Sur de Córdoba. (en línea). Consultado el 10 de julio de 2019. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Disponibilidad-Zinc-Maiz-Sur-Cordoba.asp>
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2003. Semilla de maíz, variedad BRS 2020. (en línea). Consultado el 15 abr. 2016. Disponible en <http://www.dicionarioinformal.com.br/significado/embrapa/1864/>.
- Ferraris, GN; Couretot, LA; Ventimiglia LA; Mousegne, F. 2010. Respuesta al zinc en maíz utilizando diferentes tecnologías de aplicación en la región Centro Norte de Buenos Aires. In IX Congreso Nacional de Maíz. Mesa de Fertilidad y Nutrición del cultivo. AIANBA. Rosario.
- López G, O; González E, E; Molinas M, A; García S, S; Ríos A, E. 1995. Mapa de clasificación de suelos de la región oriental. Asunción. Williams &Heintz Map Corporation en Washington, D.C. Esc.1: 500.000.Color.
- Machado, V. 1995. Manual de manejo de ensayos de maíz, sorgo y girasol. Capitán Miranda.
- MAG/SSJA/DIA/CRIA/PIUSG. P. 17-26. (Manual técnico N° 7).
- Machado, V; Noldin, O; Florentín, M. 2004. Evaluación de accesiones de la raza de maíz harinoso Avati Moroti. In MAG/SSEA/DIA/ Centro Regional de Investigación Agrícola. Memorias. Jornadas Técnicas, Cincuentenario del CRIA, 30 nov-1 de dic 2004. Capitán Miranda, Paraguay. p. 109-116. p.111. Fuente original: LeClerg, E.L. 1996. Significance of experimental desing in plant breeding. In K. J. Frey (ed) Plant Breeding: A symposium held at Iowa State University. The ISU Press, Ames. p. 243-313.
- Malavolta, E.O. 1958. O problema dos micronutrientes. *Revista Brasileira de Fertilizantes, Inseticidas e Rações*. San Paulo. v 1, n.4, p.5-8
- Melgar, RJ; Lavandera, J; Torres Duggan, M; Ventimiglia, L. 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. *Ciencia del suelo* 19 (2): 109-114.
- Michiels, CL. 2014. Evaluación la respuesta de MTa a la fertilización con Zn en una red de evaluación durante dos campañas. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. *Rev. Iformacs. Agr. del Cono Sur. M /20/*: 19-23.
- Pérez, G; Nieto, A. 2012. Diferentes formas de aplicación de Zinc en el cultivo de Maíz (en línea). *Nutrición vegetal*. Consultado el 15 abr. 2015. Disponible en <http://www.ruralprimicias.com.ar/noticia-diferentes-formas-de-aplicacion-de-zinc-en-el-cultivo-de-maiz-14942.php>.
- Raij, BV. 2011. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. *International Plant Nutrition Institute-Brasil*. p 276-279.

- Ruiz Díaz P, HR; Ibarra B, LS. 2015. Evaluación de generaciones avanzadas de híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agrop. Natalio, PY. Universidad Nacional de Itapúa. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 54 p. p. 23. Fuente original: UJCM/EPIA (Universidad José Carlos Mariátegui/Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica). 2009. Experimentación Agrícola. Moquegua, Perú. 115 p.
- Silva, FdeASe. 2014. Assistat versão 7.7 beta. Departamento de engenharia agrícola, Centro de Tecnologia y Recursos Naturales, Universidade Federal de Campino Grande, Paraíba, BR.
- Sousa Costa, R. 2008. Aplicação de quelatos de zinco em um solo eficiente cultivado com milho em casa de vegetação. Tese Mestre. Joticabal, SP, BR. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinarias 44 p.
- Torri, SI; Urricariet, S; Lavado, RS. 2014. Micronutrientes y elementos traza. In Echeverría, HE; García, FO. eds. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. 2ª. Ed. Buenos Aires: ediciones INTA. p. 357 – 376.
- Vinhas, AAL; Lima, CP; Chris, EA; Oliveira, BP; Lima, RP; Nouti, AM. 2011. Rendimento Do Milho Safrinha Com A Aplicação De Zinco Via Foliar, Ourinhos BR. Centro Estatal de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Ourinhos – FATEC. (En línea). Consultado el 25 mayo de 2016. Disponible en http://fio.edu.br/cic/anais/2012_xi_cic/PDF/Agr/04.pdf.

Cría de pacú en un sistema integrado a la producción de arroz

Pacu breeding fish in an integrated rice production system

Jorge Cabañas^{1*}, Hugo Chaparro², Cristian Ferreira² y Martin Guillen²

¹Programa de Investigación Acuícola, IPTA

²Campo Experimental de Eusebio Ayala, IPTA

*Autor para correspondencia (jorgecabanas79@hotmail.com)

Recibido: 03/12/2018 Aceptado: 28/06/2019

RESUMEN

En el Campo Experimental de Arroz del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, se evaluó el comportamiento productivo del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) bajo cuatro densidades de siembra (0.5 pez/5m², 1 pez/5m², 1.5 peces/5m² y 2 peces/5m²) en un sistema de cultivo integrado al arrozal, aplicándose un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, siendo el área del estudio 12 módulos de 200 m². Para conocer las diferencias estadísticas se analizaron muestras de peces por módulo. Se evaluaron 600 juveniles de pacú, con un peso inicial promedio de 126.12g, durante los últimos 84 días del ciclo productivo de arroz, el cual duró 135 días en total. El análisis mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables peso, ganancia de peso y supervivencia, reportándose al final de la investigación ganancias de peso de 96.12 g; esto representa un incremento de 1.14 g/pez/día. Las comparaciones de medias, según Tukey, determinaron valores superiores en el tratamiento T2 (1 pez/5m²), estableciéndose los mejores comportamientos productivos en peso y ganancia de peso; la mayor supervivencia de peces se observó en el tratamiento T4 (2 peces/5m²) que fue de 98.33 % al término del experimento. El rendimiento de arroz por m² en el cultivo integrado fue de 0.865 kg promedio. Las observaciones del sistema de cultivo describen una integración biológicamente compatible entre las dos especies.

Palabras clave: *Piaractus mesopotamicus*, *Oryza sativa*, comportamiento productivo, pacú, densidad de siembra, sistema integrado.

ABSTRACT

At the Experimental Rice Field of the Paraguayan Institute of Agrarian Technology, productivity breeding parameters for the pacú fish (*Piaractus mesopotamicus*) were evaluated under different breeding concentrations of the fish (0.5, 1, 1.5, and 2 fish / 5m²) in an ecosystem that integrated a rice crop, applying a completely random experimental design consisting of 4 breeding settings and 3 repetitions of each. In total there were 12 modules, each occupying an area of 200 m². To know the statistical differences among the settings, fish samples were analyzed by module. In the research, 600 pacú juveniles were evaluated during the last 84 days of the productive cycle of rice, which lasted a total of 135 days. The fish had an average initial weight of 126.12 g. Upon completion of the analysis of results, significant differences were established ($p < 0.05$) for the variables (weight, weight gain and survival rate). It was significant to obtain weight gains of 96.12 g at the end of the research period, gains which represented a daily increase of 1.14 g/fish/day. Comparisons of means according to Tukey Test gave the highest values for the sought-after parameters under the second breeding setting T2 (1 fish/5m²), thereby establishing the best productivity parameters in weight and weight gain, whereas the highest survival rate for the fish was observed in breeding setting T4 (2 fish/5m²), which was 98.33% at the end of the experiment. The yield of rice in the integrated ecosystem crop was that of 0.865 kg per square meter on the average. Observations of the combined cultivation system describe a biologically compatible integration between the two species.

Key words: *Piaractus mesopotamicus*, *Oryza sativa*, productivity parameters, pacú, breeding densities, integrated system.

INTRODUCCIÓN

El cultivo integrado de peces en arrozales no es una práctica común en el mundo. La mayor parte de la información proviene de países del Asia, donde los métodos tradicionales del cultivo de arroz han sido refinados durante varios siglos (Bocek 2002).

La inclusión de la acuicultura en los sistemas de producción agrícola puede aumentar la sostenibilidad económica y ecológica en las fincas con escasos recursos (FAO 2000). La acuicultura mundial está obligada a razonar frente a los problemas históricos del área y aprender de la experiencia de otros sectores agropecuarios, para enfocarse en la búsqueda de un cultivo sostenible, que valore y preserve el medio ambiente, sin descuidar los aspectos económicos y sociales de los contextos donde ella se desarrolle (Espinosa 2012).

Habiendo disponibilidad para el desarrollo sostenible de la acuicultura, como ser recursos hídricos, suelos aptos, factores climáticos, entre otros; la producción de peces y específicamente la del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) ha sufrido un leve incremento en los últimos años, esto puede ser por varios factores relacionadas con el ciclo biológico de la especie y/o la disponibilidad en el mercado de semillas de alevines, resultando que la práctica de ésta sea más prolongada.

El medio acuático del arrozal es rico en fitoplancton, zooplancton, macrofiton, bentónicos, detritos y bacterias (Flores 2010). Si se siembran los peces a una densidad apropiada y se aprovechan totalmente los diferentes tipos de alimentos naturales presentes en el ecosistema del campo del arroz, se puede demostrar una óptima producción; estudios realizados estimaron que puede sostener un máximo superior a 500 kg/ha de peces (Li 1992).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) a diferentes densidades de siembra; identificar la densidad óptima de siembra, determinar el peso, ganancia de peso y porcentaje de supervivencia de juveniles de pacú; estimar el rendimiento de la producción de arroz; determinar los parámetros físico-químicos del agua.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental de Arroz, dependencia del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, ubicado en la Compañía Punta, distrito de Eusebio Ayala. En el Campo se construyeron 12 módulos, de tipo experimental, probabilístico aleatorio simple; la población total de peces estudiada fue de 600 juveniles de la especie

pacú (*Piaractus mesopotamicus*).

Al inicio del estudio, fueron colectadas muestras de suelo y agua con los procedimientos correspondientes, evaluando las propiedades físicas y químicas de los mismos. La superficie total utilizada en el estudio fue de 3.000 m², dividida en 12 módulos de 200 m², (10 m x 20 m cada uno), con diques de 50 cm de altura, utilizando el 10% del área total para el refugio, con una profundidad de 80 cm (Fig. 1).

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones; el promedio de peso de los juveniles fue de 126,12 g, con densidades de siembra de 0.5 peces/5m² (T1), 1 peces/5m² (T2), 1.5 peces/5m² (T3) y 2 peces/5m² (T4).



Figura 1. Módulos del sistema de cultivo arroz-pacú.

Los trabajos de preparación de suelo y siembra de arroz fueron realizados en su periodo estacional, con las técnicas agronómicas recomendadas; la irrigación fue aplicada a partir de los 30 días de la germinación, y transcurridos los 51 días post siembra fueron cultivados los juveniles de pacú en cada módulo, siendo mantenidos hasta la cosecha final del arroz. Para la captura de los peces se utilizó red de arrastre y el pesaje se realizó cada 15 días, totalizando 7 mediciones. Los datos fueron tomados por cada individuo.

El arroz (*Oryza sativa*) fue cultivado de una forma semitecnificada donde se minimizó el uso de fertilizantes y no se aplicó ningún tipo de plaguicida (Gupta 1998). La variedad utilizada fue IRGA 426. El cultivo de pacú se realizó en un sistema extensivo, sin el uso de alimento suplementario; las variables estudiadas fueron: el comportamiento productivo (peso y ganancia de peso supervivencia; rendimiento del arroz y parámetros físico-químicos del agua (oxígeno disuelto, T°, pH, transparencia, nivel del agua).

Los datos obtenidos de peso y ganancia de peso en cada módulo fueron promediados y registrados. Referente a la supervivencia de los peces, éstos fueron observados diariamente dentro de los módulos, registrándose los peces encontrados muertos y los desaparecidos; convirtiendo los resultados en porcentaje de supervivencia. Para estimar la producción del arroz se realizaron tres muestreos al azar, las cuales fueron promediados por módulos al final del ciclo productivo, estableciendo los resultados en porcentaje de rendimiento de granos de arroz, analizando el peso promedio por módulo.

Además, diariamente se realizaron las mediciones de los parámetros físico-químicos del agua (T° en refugio y transparencia); dos veces por semana, OD y pH; y semanalmente la medición de amonio, estos se realizaron en forma indirecta, sacando muestras de agua de los refugios, utilizando un cubo y agregando sustancias químicas al agua para analizarla (Bocanegra, 2005); el color del agua cambia y el tono que adquiere se compara con los que aparecen en un muestrario de colores, lo que indica el valor comparador de color (Flores 2010, Zanuy 1980), también la temperatura del agua en el arrozal y la profundidad del agua de cada unidad experimental. Los trabajos de campo fueron ejecutados en los años de 2016 y 2017.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), para determinar si el comportamiento productivo del pacú (peso y ganancia de peso) en las cuatro densidades de siembra, fue o no estadísticamente significativo. Se aplicó el test de Tukey 95% de confianza, para la comparación de medias, que determinó si las densidades de siembra son significativamente diferentes unas de otras; mismo procedimiento se aplicó para estimar el rendimiento del arroz, OD, T° , pH, transparencia, nivel del agua, utilizando el paquete estadístico INFOSAT (INFOSAT 2016); y para la supervivencia de los peces, X2. Antes del Diseño Completamente al Azar (DCA), se aplicó el método de análisis de covarianza a las variables de peso y ganancia de peso para ayudar a bloquear la interferencia de los diferentes factores ambientales que pudiesen influir en los tratamientos evaluados para así minimizar los errores en el análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los juveniles de pacú fueron pesados cada 15 días; el peso promedio inicial de los en todas las unidades experimentales fue de 126.12 g, sin presentar diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre los tratamientos estudiados. En la última fase, a los 84 días, los pesos medios evidenciaron diferencias significativas ($p = 0.0141$), reportándose los mejores resultados para los animales cuya densidad de siembra fue del T2 (1

pez/5m²), con pesos medios de 221.92 g que fueron superiores a los T1 y T3, con valores medios de 216.79 g y 207.71 g, respectivamente; que entre ellos presentan igualdad estadística. Igualmente, se pudo observar que el T4 con valores medios de 197.09 g resultó inferior y presentó igualdad con el T3, siendo éste, diferente estadísticamente a los otros tratamientos, según Tukey 95% de probabilidad (Fig. 2).

Para la variable peso de los juveniles de pacú, en las cuatro densidades de siembra, se evidenció un comportamiento directamente proporcional entre el peso del animal y los diferentes periodos de tiempo, ya que a medida que los animales se desarrollaban en días, su peso se incrementaba proporcionalmente (INTA 2012).

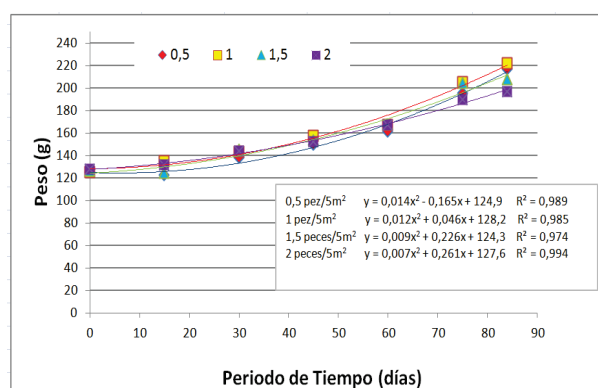


Figura 2. Ganancia de peso en función al tiempo del pacú (*Piaractus mesopotámicus*) criado en arrozal en 4 densidades de siembra.

El comportamiento productivo de la variable ganancia de peso, entre la biomasa final y la biomasa inicial del experimento, según el análisis de varianza (ANOVA), presentó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0092$) entre los tratamientos estudiados, demostrando que la ganancia de peso obtenida en las cuatro densidades de siembra fue diferente, reportando ganancia de peso promedio de 84.76 g; no obstante, se pudo apreciar ganancia de peso medio que fluctuó entre 96.12 y 69.33 g. El T2 con valor medio de 96.12 g fue superior a los T1, T3, T4 con valores medios de 91.83, 81.75, 69.33 g, respectivamente. Según el test de Tukey, los mejores tratamientos fueron T2, T1, T3 donde entre ellos no existe diferencia significativa, pero son diferentes al T4, resultando numéricamente inferior; entretanto se pudo apreciar similitud con T3, reportándose como mejor tratamiento el T2 con valor medio de 96.12 g, obteniéndose la mayor ganancia de peso, aspecto que infiere que la densidad de siembra ideal para el sistema de cultivo integrado al arrozal es de 1 pez/5m² de espejo de agua, mientras que a una densidad de siembra con mayor (2 peces/5m²), se vieron desmejorados, debido a la mayor competencia entre ellos (Fig. 3).

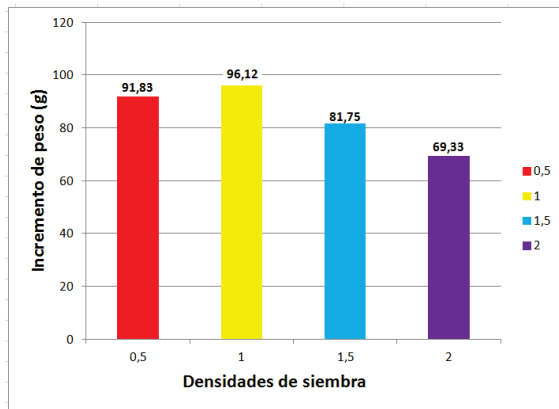


Figura 3. Incremento de peso del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) a los 84 días, en el cultivo integrado al arrozal

Al final del experimento se observó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre los juveniles de pacú en el estudio de supervivencia entre los tratamientos, según las densidades de siembra probadas (Tabla 1).

Tabla 1. Supervivencia del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) criados en arrozales bajo cuatro densidades de siembra

PARÁMETROS	DENSIDADES DE SIEMBRA	VALOR (%)	SIG.
Supervivencia	T1 = 0,5 peces/5 m2	80,0	*
	T2 = 1 pez/5 m2	95,8	
	T3 = 1,5 peces/5 m2	95,5	
	T4 = 2 peces/5 m2	98,3	

Durante el periodo de evaluación, los datos promedios de calidad de agua se mantuvieron dentro de los registros aptos para la vida de los peces y no difirieron entre los módulos de cultivo (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros físico-químico del agua para el cultivo del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) criados en arrozal bajo densidades de siembra.

PARÁMETROS	DENSIDADES DE SIEMBRA								MEDIA	C.V	SIG.	PROB
	0,5 peces/5 m2	1 pez/5 m2	1,5 peces/5 m2	2 peces/5 m2								
OD (ppm)	6.60	a	5.90	a	6.90	a	6.73	a	6.53	12.42	ns	0.4906
Temp (°C) R	27.00	a	26.97	a	27.10	a	27.07	a	27.04	0.76	ns	0.8477
pH	6.63	a	6.43	a	6.43	a	6.70	a	6.55	9.29	ns	0.9247
Transp (cm)	33.50	a	31.60	a	31.73	a	32.97	a	32.45	21.56	ns	0.9827
Temp (°C) A	27.90	a	27.97	a	27.90	a	28.10	a	27.97	0.55	ns	0.3889
NA (cm) A	14.00	a	10.33	a	16.67	a	15.00	a	14.00	27.12	ns	0.2880

Probabilidad (PROB): Nivel de significancia

C. V.: Coeficiente de Variación (%)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$)

Al final del experimento, los granos de arroz obtenidos en los módulos de cultivo integrado con el pacú, no mostró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), evidenciando que las cuatro densidades de siembra no afectaron la productividad del arroz (Tabla 3).

Tabla 3. Producción de arroz en sistema de cultivo integrado a la cría del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) bajo cuatro densidades de siembra.

PARÁMETROS	DENSIDADES DE SIEMBRA								MEDIA	C.V	SIG.	PROB
	0,5 peces/5 m2	1 pez/5 m2	1,5 peces/5 m2	2 peces/5 m2								
R A (%)	0.866	a	0.874	a	0.796	a	0.926	a	0.865	6.45	ns	0.1110

Probabilidad (PROB): Nivel de significancia

C. V.: Coeficiente de Variación (%)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$)

En este contexto, la presente investigación constituye una primera contribución hacia un sistema de integración de actividades agrícolas y piscícolas para la zona rural del país.

CONCLUSIÓN

La mayor ganancia de peso promedio por pez se obtuvo con el T2 (1 pez/5m2) con 96.12 g y los mejores resultados en incremento en peso se le atribuye a la misma densidad de siembra.

El mayor porcentaje de supervivencia de peces fue de 98.33 %, que se observó en el T4 (2 peces/5m2).

El rendimiento de granos de arroz por m2 en el sistema de cultivo integrado fue de 0.865 kg promedio.

El diseño de los módulos implementado para la

ejecución del sistema de producción demostró ser funcional para las condiciones de cultivo y manejo del proyecto.

La densidad de siembra de peces ideal para el sistema de cultivo integrado es de 1 pez/5m² de espejo de agua.

Los requerimientos ambientales de los peces en el sistema de cultivo resultaron ser óptimas, reflejando intervalos normales de calidad de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCANEGRA, F. 2005. Piscicultura, seguridad alimentaria y desarrollo sostenible en la carretera: Valorando y preservando nuestros peces amazónicos. 3^a ed. Iquitos, Perú: Anna María Lauro. 83 p.
- BOCEK, A. 2002. Introducción al cultivo de peces en arrozales: Introducción a la captación de agua. Alabama, USA: Universidad Auburn. 11 p.
- ESPINOSA P. A.; BERMÚDEZ A. M. 2012. La acuicultura y su impacto al medio ambiente. Rizipiscicultura. México: Coordinación de Desarrollo Regional Hermosillo. 232 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2000. Los pequeños estanques: Grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces. Roma, Italia. 30 p.
- FLORES NAVA, A.; BROWN A. 2010. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Roma, Italia. 200 p.
- GUPTA, M.V.; SOLLOWS, J.D.; ABDUL MAZID, M.; RAHMAN, A. 1998. Integrando la acuicultura con el cultivo de arroz en Bangladesh: Viabilidad económica, su adopción e impacto. Manila, Philippines: Marie sol colocado. 90 p.
- INFOSTAT. 2016. Software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. (en línea). Consultado 5 nov 2017. Disponible en www.infostat.com.ar.
- INTA. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ar). CRC-F (Centro Regional Chaco-Formosa, Ar). Estación Experimental Agropecuaria. 2012. Provincia de Chaco, Argentina. 39 p.
- LI, K.; PAN, Y. 1992. Investigación y desarrollo de peces y de arroz en Asia: cultivo de arroz y peces en china. China: Bimbao. 457 p.
- ZANUY, S.; CARRILLO M. 1980. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura: Reproducción en acuicultura. 1^a ed. Madrid, España: CAICYT. 131 p.

NORMAS DE PUBLICACIÓN EN LA REVISTA TECNOLOGÍA AGRARIA

En la revista **Tecnología Agraria** se publicarán Artículos Científicos Originales, Artículos de Revisión y Notas de Investigación.

Los artículos enviados deberán ser inéditos, es decir, que no fueron publicados anteriormente, ni postulados a otra revista. La postulación de los artículos deberá ir acompañada de una carta firmada por el autor principal, los cuales serán remitidos y revisados por el Editor. Si la evaluación es positiva, considerando la importancia y profundidad del trabajo y el cumplimiento de las normas de publicación, el manuscrito será enviado a los revisores especialistas del área. Tanto los nombres de los autores como de los árbitros se mantendrán en el anonimato. Los revisores son los que determinan si el artículo será publicado sin modificaciones, con modificaciones o rechazado.

El contenido del trabajo, en cuanto a conceptos, informaciones y conclusiones, es de exclusiva responsabilidad de los autores. El Comité Editor tiene la potestad de introducir cambios en los artículos recibidos para adaptarlos a las normas de publicación de tal manera que no alteren el sentido de los mismos.

FORMATO

El texto deberá estar escrito con fuente Times New Roman tamaño 11, en un página tamaño A4 (21,0 cm x 29,7 cm), alineamiento justificado, con espacio 1,5 entre líneas; con un mínimo de cinco hasta un máximo de 16 páginas, incluyendo tablas, cuadros y figuras. Las fotografías deberán ser enviadas en formato JPEG o JPG.

Márgenes: Superior, inferior e izquierdo = 3,0 cm
Derecho = 2,0 cm

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO

Las secciones deberán escribirse en negritas con mayúsculas acentuadas, sin punto final y alineadas a la izquierda, separadas por dos espacios de la última línea del texto anterior y por un espacio de la línea subsiguiente.

Secuencia: **TÍTULO, RESUMEN, ABSTRACT, INTRODUCCIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

TÍTULO

Escrito con letra minúscula, negrita, solamente la primera letra en mayúscula, tipo **Times New Roman** tamaño 11, centrado en la parte superior de la página en todo su ancho, sin punto final. Si tiene subtítulo, este deberá ser escrito a continuación del título, separado por un punto, con la primera letra en mayúscula.

Breve, específico, preciso, conciso y que refleje el contenido del trabajo.

Evitar términos genéricos y la utilización de vocablos como: Estudio, Investigación, Análisis, etc., que son superfluos porque se supone que son parte del trabajo como artículo original.

No deben aparecer acrónimos ni abreviaturas o siglas.

Debe ajustarse a un máximo de 20 palabras.

A dos espacios debajo del título en español se escribirá el título en inglés siguiendo las mismas normas.

Los nombres científicos en el título deben ser utilizados cuando estrictamente necesarios. Se recomienda colocarlos como palabras clave y en otras secciones del documento, siguiendo las normas internacionales de nomenclatura.

Ejemplo:

Fertilización foliar con boro en el cultivo de la soja

Foliar fertilization with boron on soybean crops

Autores

Cada uno de los autores firmantes de un artículo debe haber contribuido suficientemente en el trabajo desde su diseño, obtención de datos, redacción o revisión del manuscrito y ser capaz de asumir la responsabilidad

del mismo. Por lo general, el primer firmante es el autor principal. Se acepta hasta un máximo de diez autores por artículo.

Uno de los autores debe ser designado como autor para correspondencia, facilitando su e-mail.

Al final del nombre de cada autor se coloca un superíndice en número arábigo. Este número sirve para referenciar cada autor indicando la Institución a que pertenece, grado científico, categoría investigativa, docente, etc.

Ejemplo:

José Augusto Pérez^{1*}, María Clara Báez² y Luís Eduardo Madruga²

¹Universidad Católica de Bogotá, Colombia

²Centro de Investigación de Especies Templadas, San Lorenzo, Uruguay

*Autor para correspondencia (joauepez@hotmail.com)

RESUMEN

Refleja una síntesis de lo realizado.

Redactado en español y en inglés (Abstract).

Deberá ser estructurado y continuo sintetizando los objetivos principales del trabajo, la metodología empleada, los resultados más resaltantes y las conclusiones obtenidas.

El tamaño óptimo está entre 150 y 250 palabras, tanto en español como en inglés.

Tiempo Verbal: **Pasado**

Palabras clave: (“Key words”).

Determinan en gran medida las condiciones de recuperación en las estrategias de búsqueda bibliográfica, de ahí su importancia.

Al finalizar el **Resumen** y el **Abstract**, en renglón aparte, deberán consignarse **Palabras clave o Key words:** 5 (cinco) como máximo y separadas por coma.

Se recomienda iniciar las palabras clave con el nombre científico de las especies mencionadas y continuar con las demás en orden alfabético.

Ejemplo:

Palabras clave: *Macadamia integrifolia*, germinación, semilla, viabilidad.

Key words: *Macadamia integrifolia*, germination, seed, viability.

La presentación del resumen en inglés (Abstract) es obligatoria, independiente del idioma del texto.

INTRODUCCIÓN

Se señalan los antecedentes y la fundamentación sobre el tema, con citas bibliográficas pertinentes, relevantes y actualizadas, especificando con claridad los objetivos del trabajo.

Hace referencia al estado de conocimiento que se dispone en la actualidad sobre el tema de investigación.

No debe ser excesivamente larga, para no aburrir y acaparar demasiada atención del lector respecto a otros ítems de más peso como la estructura central del artículo.

No deben figurar ni datos ni afirmaciones que posteriormente aparezcan en “Resultados” o “Conclusiones”.

No debe extenderse en conocimientos ya consolidados.

Tiempo Verbal: **Presente**

En las citas bibliográficas observar cuanto sigue:

Presentar en orden cronológico según año de publicación.

Cuando los autores son el sujeto de la oración se escribirá: Autor (año)

Ejemplo: Barros (2007), Silva (2010), Suarez et al. (2013)

Cuando la cita no es sujeto de la oración se escribirá: (Autor y año dentro de paréntesis)

Ejemplo: (Barros 2007, Silva 2010, Suarez et al. 2013)

Objetivo

Debe estar incorporado dentro de la redacción del artículo como párrafo final de la Introducción.

Deben expresarse en términos de conocimiento: Conocer, Estimar, Identificar, Validar.

Deben eludirse términos como: Estudiar, Analizar, Investigar...

Tiempo verbal: **Pasado**

Ejemplo: El objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo de mudas de tres variedades de Macadamia integrifolia utilizando cinco mezclas de sustratos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Describir en forma detallada como se realizó el trabajo, lugar, fecha, tipo de estudio, muestreo, recolección de datos, diseño experimental, análisis estadístico, los materiales utilizados para ejecutarlo, etc., de tal manera que pueda ser repetido y citado por otros investigadores.

Detallar las técnicas nuevas para facilitar la comprensión.

Evitar la descripción pormenorizada sobre métodos ya experimentados.

Lo descrito en esta sección debe ser completo y coincidir con los objetivos del trabajo y con los análisis de los Resultados y Discusión.

Las fórmulas matemáticas y químicas deben ser escritas según la nomenclatura internacional y los productos químicos referidos por su principio activo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La redacción deberá ser clara, ordenada y breve.

Los resultados deben responder a los objetivos.

Expresar tanto los resultados positivos como negativos.

Las **tablas** se presentarán con **títulos completos** ubicados sobre el **margen superior** y numeradas con números arábigos, solamente la primera letra en mayúscula.

Deben ser elaboradas de tal manera que para su interpretación no sea necesario ir al texto para su entendimiento.

Los **gráficos** y las **fotos** (Figuras) se presentarán con **títulos** explicativos ubicados **al pie de los mismos** y numerados consecutivamente con números arábigos. Todas las tablas y figuras deben ser citadas en el texto.

Ejemplo:

Tabla 2. Dosis de fertilizante foliar aplicado en cada tratamiento en el momento de floración en parcelas de cultivo de frutilla. Estanzuela, Paraguay, 2013.

Ejemplo:



Figura 1. Ensayo de variedades de arroz de riego, IPTA Eusebio Ayala 2018.

La DISCUSIÓN incluirá la evaluación, interpretación y la comparación de los resultados obtenidos con otros autores, indicando las referencias bibliográficas pertinentes y actualizadas.

Se recomienda seguir a la presentación de cada resultado.

Debe enfatizar los principales hallazgos.

A partir de la discusión se sacarán las conclusiones.

CONCLUSIÓN

Debe ser concisa, clara y precisa y sustentarse en los resultados encontrados.

Evitar todo concepto vago, ambiguo o condicional.

Debe responder correctamente a los objetivos.

Debe ser inferencia y no repetición de partes de resultados y discusión. - La conclusión no es un resumen de los resultados.

Tiempo verbal: **Presente**

AGRADECIMIENTO(S)

El agradecimiento debe ser breve, directo y no haber sido mencionado en ninguna otra parte del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Citar solamente los trabajos referidos en el texto y en orden alfabético.

La citación debe regirse por las normas IICA-CATIE. (<http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/>)

Documentacion/BibliotecaVenezuela/Documents/Redaci%C3%B3nReferencias Bibliogr%C3%A1ficas.htm

Separar por un espacio los valores de las unidades de medida.

Ejemplo: 17 kg (correcto) 17kg (incorrecto)

RECOMENDACIONES

Utilizar el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SIU) y sus abreviaciones en el manuscrito.

Excepciones:

Grado centígrado: **35°C**

No se pluralizan las unidades de medida.

Porcentaje: **42%**

mts. (Incorrecto)

Para los números: - Usar punto para separar los millares. Ej: 5.000

No llevan punto después de la abreviación

m. (Incorrecto)

Usar coma para separar los decimales de los enteros. Ej. 1.357,42

Correcto: metro m

Son escritas con letras **minúsculas**.

IMPORTANTE: - La postulación de trabajos debe estar acompañada de una Carta del Autor, cuyo modelo se adjunta.

Excepciones:

Litro (L) para no confundir con el número 1.

Los trabajos que **NO** cumplan estrictamente las normas serán directamente rechazados por el Editor y **NO** se someterán al arbitraje.

Ejemplo: 1 L

Kelvin (K), Celsius (C), Newton (N), Watt (W), etc. porque derivan de nombres propios.

Abreviaciones más comunes:

Unidad	Abreviación	Unidad	Abreviación
Metro	m	Hectárea	ha
Metro cuadrado	m²	Litro	L
Metro cúbico	m³	Grado Kelvin	°K
Tonelada	t	Grado Celsius	°C
Kilogramo	kg	Newton	N
Gramo	g	Pascal	Pa

Carta del Autor

Señor
Editor de la Revista Científica del IPTA
Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria

Por la presente me dirijo a usted para solicitar la publicación del trabajo titulado..... La principal contribución del artículo esManifiesto que este manuscrito es de mi autoría y de..... (*mencionar los nombres de los coautores, si los hubiere*) y que no ha sido publicado, ni se encuentra actualmente sometido a ningún arbitraje en ningún otro medio de difusión científica ni de otro tipo y que los datos que en él se consignan, son originales y fueron obtenidos de fuentes fidedignas. También manifiesto que entre los coautores (*en caso de haberlos*) no existe ningún tipo de conflicto y ha otorgado su pleno consentimiento para la publicación, aceptando todo lo establecido dentro de la Política Editorial y de Publicación de la Revista Científica del IPTA. Me comprometo (nos comprometemos) a respetar el veredicto del Cuerpo Editorial.

Atentamente,

Firma

Nombre completo:
Institución:.....
Correo Electrónico:.....
Telefono (incluir código de área):
Fecha de remisión:

Impreso en los Talleres de la Industria Gráfica FRIGON S.A.
Tel.: (021) 904 852 - 904 856
Lambaré - Paraguay

Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria
Centros de Investigación y Campos Experimentales



Sede Central: Ruta 2, Mcal. Estigarribia km 10 ½

San Lorenzo - Paraguay

Tel: (59521) 586-136

Oficina de Gestión: Av. Aviadores del Chaco c/ Tte. 1º Carlos Rocholl
Edificio Kuarahy Center

Asunción - Paraguay

Tel: (59521) 660-139

transferencia@ipta.gov.py

www.ipta.gov.py



Instituto
**PARAGUAYO DE
TECNOLOGÍA
AGRARIA**



*Paraguay
de la gente*