



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Agronomía
Comisión de Estudios de Postgrado
Postgrado de Agronomía
Mención Producción Vegetal



Interacciones de interferencia y patrones de crecimiento
entre una variedad de arroz y dos accesiones de
Ischaemum rugosum Salisb. En un estudio de series de
reemplazo y aditivo.

Angelo Juan Taccarelli Conde

Maracay, septiembre de 2017

Trabajo de grado presentado como requisito final para optar al título de *Magister Scientiarum* en agronomía orientación Producción Vegetal.

Dra. Aída Ortiz Domínguez
Tutora
Agronomía UCV

Dayana Pérez
Consejera
Agronomía UCV

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los miembros de mi familia por apoyarme y concretar este logro: a mi madre Nancy Conde, a mi padre Miguel Taccarelli, apoyos incondicionales en este proceso, a mis hermanos siempre dispuestos a dar una mano en lo que estuviera a su alcance, a Ana Medina que siempre estuvo ahí dispuesta a colaborar, a mi hija Antonietta acompañante fiel e incondicional, a mi tutora Aida Ortiz parte fundamental de mi formación profesional, a mis compañeras del laboratorio Sandra Torres y Yazmilet Tiberio que siempre me han brindado su apoyo, a Lisbeth Pérez secretaria de pasantías, a mis compañeras de labores en INIA que de alguna manera influyeron y colaboraron en la consolidación de este proyecto; Melvin Ferrer, Dairé Cantor, Bárbara Gutiérrez, Rafaela Carvajal y a todas las demás personas que forman parte de los procesos involucrados en la formación y desarrollo de los estudiantes que hacemos vida en Agronomía, al personal que labora en la secretaría del Postgrado, personal que participa en el mantenimiento del Laboratorio, profesores y profesionales que en algún momento me brindaron algún apoyo o dieron algún consejo, les repito muchas gracias

RESUMEN

Ischaemum rugosum Salisb (paja rugosa o rolito) evolucionó en resistencia a herbicidas, actualmente es una de las malezas más importante en los arrozales venezolano. El objetivo de esta investigación es evaluar la interferencia de *I. rugosum* con la variedad de arroz (SD20A). Se establecieron dos experimentos, cada uno con 13 tratamientos, 5 en monocultivo (1, 3, 6, 9 y 12 plantas/pote) y 3 donde a una densidad constante (12 plantas/pote) se mezclaron las accesiones con el arroz en las proporciones (1:3, 1:1, 3:1), se evaluó el número de macollos, hojas, peso de los granos, número de semillas y biomasa aérea seca. Se determinó el índice de cosecha (IC), esfuerzo reproductivo y vegetativo (ER y EV), asimismo se calcularon el rendimiento relativo (RR), rendimiento relativo total (RRT), relación competitiva (RC), coeficiente relativo de aglomeración (CRA) e índice de agresividad (IA). Los resultados mostraron que en el arroz y cada accesión, el aumento de densidad en monocultivo produjo una reducción del incremento individual por planta de cada una de las variables evaluadas, mientras que la productividad total por pote se incrementó. En mezcla la productividad total para cada especie se redujo notablemente respecto al monocultivo. Los índices de cosecha reflejaron una relación donde la biomasa seca respecto al peso de la semilla fue: arroz (1:1), R (3:1) y S (2:1). El análisis de la serie de reemplazo muestra que el crecimiento de ambas especies fue deprimido excepto el tratamiento T8 (3:9 arroz:maleza) donde S creció a expensas del arroz. CRA, RC, IA calculadas para las variables biomasa aérea y número de hojas mostraron que R compite más con el arroz que S.

Palabras claves: *Oryza sativa* L./ paja rugosa/ modelo serie reemplazo/índice de agresividad/ Relación competitiva (RC)/ Coeficiente Relativo de Aglomeración (CRA)

ABSTRACT

Ischaemum rugosum Salisb (rough straw or rolito) evolved in resistance to herbicides, is currently one of the most important weeds in Venezuelan rice fields. The objective of this research is to evaluate the interference of *I. rugosum* with the rice variety (SD20A). Two experiments were established, each with 13 treatments, 5 in monoculture (1, 3, 6, 9 and 12 plants / pot) and 3 where at a constant density (12 plants / pot), the accessions were mixed with rice in the Proportions (1: 3, 1: 1, 3: 1), the number of tillers, leaves, grain weight, number of seeds and dry aerial biomass were evaluated. The relative yield (RR), total relative yield (RRT), competitive relation (CR), relative coefficient of agglomeration (CRA), were calculated for the crop index (CI), reproductive and vegetative (RE and EV) And aggressiveness index (AI). The results showed that in the rice and each accession the increase in density in monoculture produced a reduction of the individual increment per plant of each of the evaluated variables, while the total productivity per pot increased. In mix the total productivity for each species was significantly reduced with respect to monoculture. Harvest indexes reflected a relation where the dry biomasses with respect to seed weight were: rice (1: 1), R (3: 1) and S (2: 1). The replacement series shows that the growth of both species was depressed except the T8 treatment (3: 9 rice: weed) where S grew at the expense of rice. CRA, RC, IA calculated for the variables aerial biomass and number of leaves showed that R competes more with rice than S.

Key words: *Oryza sativa* L. / rough straw / model replacement series / aggressiveness index / Competitive Relationship (RC) / Relative Agglomeration Coefficient (CRA)

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos	16
ANTECEDENTES.....	17
La competencia y su relación con el espacio	17
La paja rugosa resistente a herbicidas y el agrosistema del arroz.....	21
Los experimentos de interferencia	22
Algunas investigaciones realizadas con el uso de los experimentos de interferencia.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS	28
Lugar y material vegetal.....	28
Tratamientos en serie de reemplazo	29
Variables evaluadas antes de la cosecha.....	31
Variables evaluadas post-cosecha	31
Análisis de datos	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Número de macollos por pote	34
Número de macollos por planta	34
Numero de hojas por pote	39
Numero de hojas por planta	39
Biomasa aérea seca por pote	43
Biomasa aérea seca por planta	44
Peso de la semilla por pote.....	48
Peso de la semilla por planta.....	49
Número de semilla por pote	53
Número de semilla por planta	53
Índice de cosecha, esfuerzo reproductivo y esfuerzo vegetativo	58
Relación Competitiva, Coeficiente de aglomeración e Índice de Agresividad.....	59
Biomasa área seca	59
Número de macollos por planta	60
Número de hojas por planta	61
Serie de Reemplazo.....	62
CONCLUSIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS	74

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Accesiones de <i>I. rugosum</i> utilizadas en este estudio y ubicación geográfica de los lugares donde se realizó la recolección de semilla.	28
Cuadro 2. Equivalencia de los tratamientos respecto a la densidad de siembra por hectárea.	30
Cuadro 3. Prueba de normalidad, análisis de varianza y prueba de medias de Tukey 5% para número de macollos por pote a los 120 días después del trasplante por tratamientos de la variedad de arroz SD20A y las accesiones de <i>I. rugosum</i> (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.	36
Cuadro 4. Prueba de normalidad, análisis de varianza y prueba de medias de Tukey 5% para número de macollos por planta a los 120 días después del trasplante de la variedad de arroz SD20A y las accesiones de <i>I. rugosum</i> (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.	36
Cuadro 5. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el número hojas por pote de la variedad de arroz SD20A y las accesiones <i>I. rugosum</i> (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.	40
Cuadro 6. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el número hojas por planta de la variedad de arroz SD20A y las accesiones <i>I. rugosum</i> (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.	41
Cuadro 7. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el peso de la biomasa aérea seca por pote de la variedad de arroz SD20A y las accesiones <i>I. rugosum</i> (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.	45
Cuadro 8. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el peso de la biomasa aérea seca por planta de la variedad de arroz SD20A y las accesiones <i>I. rugosum</i> (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.	45
Cuadro 9. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el peso de los granos por pote de la variedad de arroz SD20A y las	

accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas. 50

Cuadro 10. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el peso de los granos por planta de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas. 50

Cuadro 11. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el número semillas por pote de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas. 55

Cuadro 12. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey por planta para el número semillas por planta de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas. 55

Cuadro 13. Índice de cosecha (IC), el esfuerzo reproductivo (ER) y esfuerzo vegetativo (EV) de la variedad SD20A en mezcla y monocultivo con dos accesiones de *I. rugosum*, IR90G(R) e IR143G(S)..... 59

Cuadro 14. Coeficiente relativo de aglomeración (CRA), relación competitiva (RC) e índice de agresividad (IA) de la variedad SD20A en mezcla con dos accesiones de *I. rugosum*, IR90G(R) e IR143G(S) para la variable peso de biomasa seca, numero de macollo y numero de hojas en la proporción 1:1. 62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes modelos que resultan de series de reemplazo para estudios de interferencia donde el eje vertical representa una medida de productividad y horizontalmente la proporción (0-1,0) de dos especies en mezcla (modificado de Harper et al., 1977) por Radosevich et al., 1997..... 26

Figura 2. Modelo de la distribución espacial que llevarán la variedad de arroz y cada una de las accesiones de malezas dentro del pote. ○Arroz; ●Maleza (IR90G e IR143G). **Monocultivo:** T1, T2, T3, T4, T5, T9, T10, T11, T12 y T13 y **Mixto:** T6, T7 y T8..... 30

Figura 3. Evolución del número de macollos por pote de *I. rugosum*, accesión IR90G (resistente a herbicidas) **(A)**, accesión IR143G (susceptible) **(B)** y arroz variedad SD20A **(C)**, en monocultivos. Número de macollos de arroz en mezcla con las ambas accesiones **(D)**, macollos de las accesiones en mezcla con el arroz **(E)**, donde Pl: planta(s). T1= 1 pl arroz, T2= 3 pl arroz, T3= 6 pl arroz, T4= 9 pl arroz, T5=12 pl arroz, T6= 9 arroz: 3 maleza, T7= 6 arroz: 6 maleza, T8= 3 arroz: 9 maleza, T13= 1 pl maleza, T12= 3 pl malezas, T11= 6 pl maleza, T10= 9 pl maleza; T9= 12 pl maleza. 37

Figura 4. Evolución del número de macollos/planta de *I. rugosum*, accesión IR90G (resistente a herbicidas) **(A)**, accesión IR143G (susceptible) **(B)** y arroz variedad SD20A **(C)**, en monocultivos. Número de macollos/planta de arroz en mezcla con las ambas accesiones de maleza **(D)**, macollos/planta de las accesiones de maleza en mezcla con el arroz **(E)**, donde Pl: planta(s). T1= 1 pl arroz, T2= 3 pl arroz, T3= 6 pl arroz, T4= 9 pl arroz, T5=12 pl arroz, T6= 9 arroz: 3 maleza, T7= 6 arroz: 6 maleza, T8= 3 arroz: 9 maleza, T13= 1 pl maleza, T12= 3 pl malezas, T11= 6 pl maleza, T10= 9 pl maleza; T9= 12 pl maleza. 38

Figura 5. Número hojas por pote **(A)** y por planta **(B)**, al final del ciclo, de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) sembrados en **monocultivo** donde T13, T12, T11, T10 y T9, representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote, respectivamente). 41

Figura 6. Número hojas totales por pote **A** y por planta **B** de la variedad de arroz SD20A sembrados en **monocultivo** donde T1 T2, T3, T4, y T5 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote) respectivamente. 42

Figura 7. Número hojas por pote **(A)** y por planta **(B)** de la variedad de arroz SD20A, sembrados en **mezcla y monocultivo**. Donde **3** representa la mezcla **T8** (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo **T2** (3 plantas de arroz), **6**

representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T3** (6 plantas) en monocultivo y **9** representa a **T6** (9:3) en mezcla y **T4** (9 plantas) en monocultivo. 42

Figura 8. Número hojas por pote (**A**) y número de hojas por planta (**B**) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde **3** representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz T6 y T12 (3 plantas) en monocultivo, **6** representa a T7 (6:6) en mezcla y T11 (6 plantas) en monocultivo, **9** representa a T8 (9:3) en mezcla y T10 (9 plantas) en monocultivo. 43

Figura 9. Biomasa aérea seca por pote (**A**) y planta (**B**) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) sembrados en monocultivo donde T13, T12, T11, T10 y T9 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente. 46

Figura 10. Biomasa aérea seca por pote (**A**) y planta (**B**) de la variedad de arroz SD20A sembrados en monocultivo donde T1 T2, T3, T4, y T5, representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente. 46

Figura 11. Biomasa aérea seca por pote (A) y planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrados en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa la mezcla T8 (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo T2 (3 plantas de arroz), 6 representa a T7 (6:6) en mezcla y T3 (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a T6 (9:3) en mezcla y T4 (9 plantas) en monocultivo. 47

Figura 12. Biomasa aérea seca por pote (**A**) y planta (**B**) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz **T6** y **T12** (3 plantas) en monocultivo, 6 representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T11** (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a **T8** (9:3) en mezcla y **T10** (9 plantas) en monocultivo. 47

Figura 13. Peso de la semilla por pote (A) y por planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) sembrados en monocultivo donde, T13, T12, T11, T10, T9 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote) respectivamente. 51

Figura 14. Peso de la **semilla por pote (A) y por planta (B)** de la variedad de arroz SD20A sembrados en monocultivo donde T1 T2, T3, T4, y T5 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote) respectivamente. 51

Figura 15. Peso de la **semilla por pote (A) y planta (B)** de la variedad de arroz SD20A sembrados en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa la mezcla **T8** (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo **T2** (3 plantas de arroz), 6

representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T3** (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a **T6** (9:3) en mezcla y **T4** (9 plantas) en monocultivo. 52

Figura 16. Peso de la **semilla por pote (A)** y **por planta (B)** de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz **T6** y **T12** (3 plantas) en monocultivo, 6 representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T11** (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a **T8** (9:3) en mezcla y **T10** (9 plantas) en monocultivo. 52

Figura 17. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible), sembrados en monocultivo donde T13, T12, T11, T10, T9 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente. 56

Figura 18. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrada en monocultivo donde T1 T2, T3, T4, y T5 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente. 56

Figura 19. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrada en mezcla con dos accesiones de *I. rugosum* (IR90G-S y IR143G-S) y en monocultivo. Donde 3 representa la mezcla **T8** (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo **T2** (3 plantas de arroz), 6 representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T3** (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a **T6** (9:3) en mezcla y **T4** (9 plantas) en monocultivo. 57

Figura 20. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz **T6** y **T12** (3 plantas) en monocultivo, 6 representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T11** (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a **T8** (9:3) en mezcla y **T10** (9 plantas) en monocultivo. 57

Figura 21. Diagramas de serie de reemplazo de los rendimientos relativos (RR) de la variedad de arroz SD20A y dos accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) y el rendimiento total (RRT) para las variables (A) Biomasa seca arroz-IR90G(R); (B) Biomasa seca arroz-IR143G(S); (C) Número de macollos arroz-IR90G(R); (D) Número de macollos arroz-IR143G(S); (E) Número de hojas arroz-IR90G(R) y (F) Número de hojas arroz-IR143G(S). Los cálculos se realizaron con los datos de los tratamientos en mezcla por pote, uno (1) representa la proporción de arroz y maleza en monocultivo correspondiente a los tratamientos: T5 (12 pl arroz) y T9 (12 pl maleza); 0,75 de T6 (9 arroz); 0,25 de T6 (3 maleza); 0,50 de T7 (6 arroz: 6 maleza); 0,25 de T8 (3 arroz) y 0,75 de T8 (9 maleza). 66

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba de media t para los índices de la competencia relativa de la biomasa seca de la mezcla en la proporción 2:2.....	74
Anexo 2. Prueba de media t para los índices de la competencia relativa del número de macollos de la mezcla en la proporción 2:2	74
Anexo 3. Prueba de media t para los índices de la competencia relativa del número de hojas de la mezcla en la proporción 2:2	75
Anexo 4. Invernadero de vidrio donde se condujo el experimento	75
Anexo 5. Detalle de tratamiento en mezcla	76
Anexo 6. Forma como se recolecto la semilla de <i>I. rugosum</i> y momento de cosecha	76
Anexo 7. Detalle del proceso de recolección de datos.....	77
Anexo 8. Arreglo en cuadrícula completamente aleatorizado dentro del invernadero	77

INTRODUCCIÓN

Pese a las críticas éticas y ecológicas, el control químico continúa hoy en día como paradigma principal sobre el cual se basa la reducción de malezas en los agrosistemas, aun sabiendo que el éxito de un programa de manejo, depende en gran medida de la capacidad de predecir aspectos referentes a la fenología e interacciones que se establecen entre los individuos en el área objeto del control, su aplicación efectiva no ha sido significativa en la actualidad. Factores como: la densidad, proporciones relativas de las especies y el arreglo geométrico de las plantas, son relevantes en el momento de determinar un aumento o disminución de la productividad en el establecimiento de cualquier sistema agrícola (Fisher 2009).

El agrosistema del arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los más constituidos a nivel mundial, en Venezuela para el año 2015, la producción de arroz fue de 836.024 t (FEDEAGRO, 2016), cubriendo un 82% de la demanda de granos. La producción de arroz en Venezuela está localizada en dos importantes regiones: La región de los llanos occidentales (Cojedes, Portuguesa y Barinas), que aporta el 60% del volumen de producción y la región de los llanos centrales en Calabozo estado Guárico, con un contribución del 40% (Páez, 2005).

Siendo uno de los rubros más importantes para la economía venezolana, este sistema de producción no escapa de la problemática, dado que existe una elevada dependencia al control químico de las malezas, añadiendo que el uso inadecuado y constante de herbicidas ha conducido a la evolución de un conjunto de especies hacia la resistencia, causando la disminución de la eficacia de estos, pérdidas de rendimiento, incremento de los costos de producción, un alto riesgo ambiental y un impacto negativo a su rentabilidad.

Una de las especies que ha evolucionado resistencia a herbicidas en estos sistemas de producción es el *I. rugosum*, planta gramínea originaria de Asia, que se comporta como anual o perenne, pudiéndose reproducir por estolones, rizomas y semilla, que posee metabolismo del tipo C₄, además se ha adaptado muy bien a los agrosistemas venezolanos de producción de arroz.

Hoy en día *I. rugosum* posee probada resistencia a herbicidas con diferentes mecanismos de acción, bispiribac-sodio, imazapir+imazetapir, pyribenzoxim, proflidim, y propanil (Ortiz, *et al.*, 2013) son algunos ejemplos, revelando una gran plasticidad fenotípica y el peligro que representa para la ecología y economía de estos agrosistemas, que este se propague indiscriminadamente debido a la existencia de un tráfico de semilla, dado por la distribución de cascarilla de arroz por parte de los horticultores (Ortiz, *et al.*, 2015), la maquinaria trasladada (cosechadoras) utilizada en zonas afectadas por la esta maleza (Andersen, 2015) o bien sea a través de los sacos de semilla certificada de arroz, conforme a que la normativa de semilla la establece como maleza común en este proceso, permitiendo que el 0,3% del peso del saco de semilla certificada/fiscalizada de arroz sea de semilla de esta y otras malezas.

En este sentido, se evaluaron las relaciones de interferencia de dos accesiones de *I. rugosum*, una resistente y otra susceptible a herbicidas contra la variedad de arroz SD20A (usada por más del 90% de los productores de arroz en el país), de manera de incrementar el conocimiento sobre la ecología de esta maleza.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la interferencia intraespecífica de la variedad de arroz SD20A y dos accesiones de *I. rugosum* (una resistente y otra susceptible a herbicidas), así como sus relaciones interespecíficas, referente a algunos atributos de crecimiento y desarrollo.

Objetivos específicos

1. Determinar la interferencia intraespecífica de la variedad de arroz SD20A y su efecto en algunos atributos de crecimiento y desarrollo.
2. Determinar la interferencia interespecífica de la variedad de arroz SD20A con la accesión de *I. rugosum*, IR143G (susceptible) y su efecto en algunos atributos de crecimiento y desarrollo.
3. Determinar la interferencia interespecífica de la variedad de arroz SD20A con la accesión de *I. rugosum*, IR90G (resistente) y su efecto en algunos atributos de crecimiento y desarrollo.
4. Comparar a través de indicadores (índice de agresividad, relación competitiva y coeficiente relativo de aglomeración) el grado de interferencia entre las dos accesiones de *I. rugosum* y el cultivo.

ANTECEDENTES

La competencia y su relación con el espacio

El significado de competencia está bien fundamentado y es referente a las luchas que ejercen los individuos o grupo de especies para obtener algo en un corto plazo. El caso de las sucesiones vegetales quizás es el más emblemático donde se puede explicar perfectamente el fenómeno de la competencia. En un principio el espacio es tomado por plantas pioneras que se apoderan rápidamente de los recursos, luego con el tiempo los arbustos que sobreviven extienden sus ramas bloqueando la luz no permitiendo que estas se desarrollen plenamente, hasta que finalmente solo van quedando las especies predominante del clímax. Evidenciando sin lugar a dudas el proceso de competencia. En estas sucesiones si las especies compiten se denomina competencia interespecífica y si los individuos de la misma especie compiten se denomina competencia intraespecífica (Colinvaux, 1980).

La especies en general, presentan diferencias fisiológicas y morfológicas que les permiten aprovechar los recursos con más eficacia unas que otras, a esto se le denomina competencia indirecta. Las interacciones competitivas que no se producen a través de los recursos sino, mediante algún tipo de "lucha", que tiene como consecuencia que haya una mayor disponibilidad de recursos para los organismos que las realizan más eficazmente, sería competencia directa (Margalef, 1977)

El término competencia también es normalmente utilizado para describir la distribución de los recursos ambientales esenciales entre las plantas que crecen juntas, y la interferencia, describe la respuesta individual de la especie a su entorno (Harper, 1977).

La forma de relacionarse las plantas es muy compleja. Cuando el ambiente es limitado se puede observar que poseen una cantidad inexplorada de estrategias para hacerse de los recursos. Competencia y amensalismo son ejemplos de interferencia negativa, donde el suministro de los recursos necesarios (luz, agua, nutrientes y dióxido de carbono) suele ser limitado por el ambiente y la presencia de vecinos agrava la situación. Además los organismos involucrados sufren una reducción en su

supervivencia, crecimiento, o en última instancia en su fecundidad (fitness). La protección, la facilitación, el mutualismo y el comensalismo son otros de los fenómenos que pueden ser observados en los sistemas. Todas estas interacciones juegan un papel fundamental en la estructuración de las comunidades vegetales, de manera que combinaciones complejas parecen ser lo común en la naturaleza. La intensidad estas interacciones varía a lo largo de gradientes de recursos, de forma que ofrece resultados dependientes de las condiciones abióticas y bióticas del contexto (Jolliffe, 1984)

Al estar la competencia en correlación directa con la densidad, entonces es preciso definir el espacio, como una de las necesidades básicas de la planta, y este no es más que el lugar donde se encuentran el conjunto de recursos ambientales que esta requiere para vivir. Este espacio determinará el suministro de luz, agua, nutrientes, oxígeno y CO₂. Además obtener este espacio resultará esencial para el desarrollo de los individuos (De Wit, 1960; Radosevich, *et al.*, 2007). En la supervivencia de cualquier individuo, la captura de espacio ocurre temprano en la vida y aquellos que emerjan tarde dentro de una comunidad, crecerán muy poco, pues los de aparición temprana ya se habrán apropiado de la mayoría de los recursos disponibles (Fisher, 1973; Radosevich, 1987).

Una vez agotado el espacio, las poblaciones tienen la "habilidad" de reducir su tamaño cuando se encuentran por encima de un determinado nivel de densidad, o de aumentarlo cuando se encuentran por debajo. A estos niveles de densidad se les denomina capacidad de carga de la población. Las poblaciones cuyo tamaño se encuentre en este nivel, estarán en equilibrio (su tamaño no se incrementará ni se reducirá) las que estén por encima del nivel, tenderán a perder efectivos y las que estén por debajo a ganarlos. No obstante, la realidad es que las poblaciones naturales no tienen una única capacidad de carga, muchos aspectos de su ambiente son demasiado variables y su propio comportamiento nunca es completamente predecible, por esta razón la regulación puede ser vista de una forma más razonable como la "habilidad" de la población de actuar sobre un amplio rango de densidades iniciales,

aproximándolas a un rango mucho más estrecho de densidades finales (Margalef, 1977).

El tiempo en que un ambiente alcance su capacidad de carga vendrá determinado por el banco de semilla de este ambiente. Así densidades mayores se presentaran donde el banco de semilla sea mayor. Además una vez alcanzada la capacidad de carga, el incremento de la densidad dependerá de la muerte de individuos que liberarían los recursos necesarios, para sostener ese crecimiento adicional (Silvertown, 1987).

Este balance, donde la productividad total de biomasa por área, se mantiene constante, independientemente de la densidad, debido a la compensación por la reducción del crecimiento individual y la mortalidad, da lugar a lo que se conoce como ley del rendimiento final constante. Dando que: la respuesta plástica al aumento de densidad es la reducción del crecimiento individual y el incremento de la productividad total de biomasa por área (Harper, 1977; Radosevich *et al.*, 2007). También es posible relacionar el rendimiento reproductivo (semilla o grano) con el aumento de la densidad. Cuyo grafico matemático generalmente muestra una respuesta parabólica, responsabilizando la pendiente negativa de esta a factores como: mortalidad antes de la floración, incremento en la esterilidad, o reducción en el número de semillas producidas por planta (Sivertown, 1987).

Por esta razón, existen densidades óptimas diferentes para maximizar el rendimiento reproductivo y el rendimiento de un forraje. Además por mucho que se desee favorecer la competencia con el aumento de la densidad, no es posible que se incremente más allá de un óptimo, manteniendo el mismo arreglo espacial (Donald, 1963; Meed *et al.*, 1985; Ghafar y Watson, 1983; Walker y Buchanan, 1982).

Cuando dos individuos de una misma especie, compiten entre sí por recursos limitados, el efecto aparente es la restricción del tamaño de la población, con el fin de que la especie persista. Pero ¿qué sucede cuando son de diferentes especies?, ¿se establece una lucha hasta que una especie termina por eliminar a la otra? o ¿es posible que se establezca un equilibrio entre estas? Ambas premisas fueron probadas por Gause, mediante experimentos que quizás, hayan sido los más importantes para el estudio de la ecología en sus inicios. Estos permitieron establecer el principio general

de la *exclusión competitiva*, cambiando el sentido del principio descrito por Darwin. Dónde: la lucha por la existencia no está basada por la competencia en sí misma, sino, por lo contrario en tratar de evitarla. Una especie adaptada es aquella que evita la competencia. En forma sencilla, “las poblaciones estables de dos o más especies no pueden ocupar simultáneamente el mismo nicho” o “un nicho para cada especie” (Colinvaux 1980).

La descripción de un ecosistema, o más concretamente, la descripción de la porción de los organismos vivos de dicho ecosistema (comunidad), puede hacerse más o menos específica, concreta, o con un carácter general, de manera que sea aplicable científicamente. El intento de definir los tipos de paisaje data de tiempos remotos, y la tipificación de los fenómenos naturales responde a una necesidad de la mente humana, conveniente para el progreso científico.

Básicamente, la cartografía trata de dar el mismo nombre o asignar un color a comunidades que se encuentran en lugares distintos con características en común. Si bien, toda la cartografía presupone determinada tipificación, cualquiera de estas resulta imprecisa, y no es capaz de comprender todos los puntos del mapa. Tampoco presta atención a como son las transiciones entre uno y otros tipos de comunidades en el espacio. En la práctica, la tipificación utiliza dos criterios para describir unidades de cartografía: las asociaciones y la biocenosis. La primera resulta sencillamente de la técnica de muestreo donde se identifican y cuantifican los grupos taxonómicos. La biocenosis en cambio, implica una mayor reflexión y combina diferentes procedimientos de muestreo que sirven de base para describir otros sistemas de asociaciones en donde se comparan muestras estratificadas. El conjunto de la biosfera constituye un vasto ecosistema, dentro del cual se distinguen una serie de ecosistemas subordinados unos a los otros. Una biocenosis no es más que un complejo de asociaciones. Y si estas se definen por un espacio dado, se habla de nicho, para referirse a cada una de ellas (Colinvaux 1980).

La paja rugosa resistente a herbicidas y el agrosistema del arroz

Varios factores determinan la evolución de resistencia a herbicidas en las malezas. El herbicida, en virtud de su eficacia biológica, ejerce presión de selección sobre las poblaciones de malezas. De modo que: los individuos, que naturalmente poseen un mecanismo que les permite soportar el efecto del producto, sobreviven y se reproducen. Conforme pasan las generaciones expuestas al herbicida, el número de individuos resistentes se incrementa, hasta que llegan a estar en mayor proporción en la población, haciéndose entonces notoria la falta de eficacia del herbicida. La aplicación de dosis altas, el uso frecuente del mismo herbicida, el uso de productos que poseen el mismo mecanismo de acción o metabolización en la planta, tiende a seleccionar poblaciones resistentes por sitio activo. Los herbicidas persistentes al permanecer activos en el suelo por largos períodos, ejercen mayor presión de selección que los que rápidamente se inactivan al entrar en contacto con los coloides del suelo. Sin embargo, el uso persistente de un herbicida sin efecto residual, surte el mismo efecto, rápidamente selecciona individuos resistentes en la población (Valverde y Heap, 2010).

El *I. rugosum* es una especie introducida en los ecosistemas venezolanos relacionados con la producción de arroz, logrando establecerse a tal punto que ha desplazado a otras especies de maleza debido a su éxito reproductivo (Ortiz *et al* 2013). Sin embargo, también es sabido, que el éxito de algunas malezas, está íntimamente relacionado con el cultivo al cual se encuentra asociada. Esta se establece como maleza debido a las ventajas agronómicas que ofrece el sistema (Baptiste *et al*, 2010). El *I. rugosum*, en la actualidad, representa el mayor problema en los arrozales venezolanos, debido a las fallas de control con herbicidas, observadas en los últimos cinco años, desplazando así en importancia a la *Echinochloa colona* (L.) Link. La que hace una década atrás, era considerada como la principal limitante del cultivo de arroz (Ortiz *et al.*, 2013).

En fincas arroceras venezolanas se ha encontrado resistencia de *I. rugosum* a herbicidas inhibidores de ALS: bispiribac-sodio (Zambrano y Espinosa, 2005;

Blanco, 2010; Arana, 2010), imazapir+imazetapir (Taccarelli, 2011) y piribexozin (Sinfuentes, 2012), inhibidores de ACCasa: profoxidim (Moreno, 2010; Matheus, 2010) y fenoxaprop etilo (Rodríguez, 2013), inhibidores del fotosistema II propanil (Medina, 2012) e inhibidores de la 1-deoxi-D-xilulosa-5-fosfato sintasa (DOXP) clomazone (Palencia, 2012), pudiendo asumir una diferenciación de biotipos debido a la presión de selección por parte del manejo agronómico del cultivo. La accesión IR90G perteneciente a la colección del “Proyecto UCV-Sociedad: Manejo integrado de malezas en arroz” que se lleva a cabo en la Facultad de agronomía de la Universidad Central de Venezuela, posee resistencia múltiple a los herbicidas bispiribac –sodio, piribexozim, nicosulfuron, imazapir+imazetapir, profoxidim, y propanil (Ortiz, *et al.*, 2013).

Las experiencias taxonómicas comprueban el principio de exclusión de manera práctica, ya que las especies reflejan en sus formas, su adaptación a nichos diferenciados entre ellas. Además de la capacidad indiscutible de adaptarse rápidamente para evitar la competencia, dando origen a diferencias significativas entre especies que comparten espacios muy cercanos, o especies que están muy relacionadas entre sí. A estas especies se le denomina especies simpátricas y los estudios de especies simpátricas han demostrado que estas evitan la competencia de una manera especial. Y dejan muy poca duda, que la competencia directa es muy rara en la naturaleza (Colinvaux, 1980). Es evidente que la actividad agrícola influye dramáticamente en estos procesos, donde la introducción de especies foráneas y la presión de selección ejercida por los manejos agronómicos, moldean la evolución de las especies que conforman los agrosistemas.

Los experimentos de interferencia

Existen diferentes técnicas experimentales permiten estudiar la interferencia entre las especies. La competencia entre plantas se estudia manipulando el escenario donde se desenvuelve el ensayo: adicionando o eliminando individuos, o bien sea variando los niveles de disponibilidad de los recursos para su crecimiento. Estas técnicas permiten examinar la naturaleza de los recursos por los cuales se establece la competencia, los

niveles intra e inter específicos de la competencia, las respuestas denso-dependientes de las plantas, los efectos de proporciones variables entre especies que componen una comunidad y el efecto de la distribución geométrica sobre las consecuencias finales de la interferencia. Siempre que se haga referencia a la manipulación y captura de los recursos se refiere implícitamente a interacciones de competencia (Fischer, 2009)

Experimentos sistemáticos: consisten en incrementar la densidad de plantas dentro de un arreglo espacial o geométrico constante (Nelder, 1962; Bleasdale, 1967). Estos diseños se han usado mayormente para: determinar el efecto de la densidad sobre la competencia intraespecífica y determinar las densidades más apropiadas para un cultivo. Sin embargo, se podría imponer este diseño a una cobertura uniforme de otra especie (maleza), y averiguar; cuál densidad y o arreglo de plantío de un cultivo, es el que mejor suprime a la maleza (Fischer, 2009).

Experimentos aditivos: En este tipo de experimentos, se siembra a densidad constante la especie cultivada y la especie competidora o maleza, se asocia bajo diferentes valores de densidad (Van Esso *et al.*, 1986). Esto permite establecer niveles comparativos, y así medir la agresividad de diferentes competidores contra la especie de interés (Radosevich y Holt, 1984). Esta técnica permite conocer cuánto rendimiento comercial se pierde por la presencia de malezas. Muchas veces se han empleado también para establecer umbrales de densidad de infestación (Schweitzer y Bridge, 1982).

Series de reemplazo o diseños sustitutivos: Esta es una de la más utilizada y supera alguna de las limitaciones del diseño aditivo. Debido a que: toman en cuenta los efectos de diferentes proporciones en una mezcla de especies y resulta muy informativo sobre el proceso de interacción entre ellas. Consiste en hacer variar la proporción de las especies, A y B, en una mezcla desde 0 a 100% mientras que la densidad total (A + B) se mantiene constante (Harper, 1977). La densidad total debe establecerse lo suficientemente elevada para asegurar que existe competencia entre las plantas.

El diseño de series de reemplazo es una metodología que evidencia el efecto de variar diferentes proporciones de individuos en una mezcla de especies, dentro de un

espacio determinado, sobre el proceso de interacción que se ejerce entre estas. La densidad total debe establecerse lo suficientemente elevada para asegurar que exista competencia entre las plantas. Esta debe estar cercana a su capacidad de carga (Hall 1974).

Al ilustrar los posibles resultados de la interferencia que se establece en un experimento de series de reemplazo, se observan cuatro diferentes modelos (Harper, 1977) y (DeWit, 1960) (Figura 1). Donde a través de la lectura de las curvas podemos inferir interacciones como: Competencia por los mismos recursos, diferenciación de nicho, antagonismo y otras. La construcción de estos diagramas se hace a través del cálculo de los rendimientos relativos (RR) y el Rendimiento relativo total (RRT). De esta manera se grafican las proporciones de los componentes de las mezclas (A y B), en el eje de las abscisas contra él (RR) de cada especie, en el eje de las ordenadas y el (RRT) como la línea transversal superior de cada diagrama. (Figura 1)

La interpretación de cada modelo sería de la siguiente manera:

Modelo I: Las líneas diagonales de referencia indican que: la competitividad de ambas especies es equivalente, es decir, nada cambia al sustituir una planta de una especie, por una planta de la otra. Cuando se da este caso en las especies en cuestión la competitividad es equivalente, o bien la densidad total es demasiado baja y las especies no alcanzan a entablar competencia por ningún recurso (Figura 1)

Modelos IIa y IIb: Presentan dos posibles alternativas de una interacción competitiva, donde el crecimiento de una especie se deprime en la misma medida en que el crecimiento del competidor superior se incrementa. Si los recursos son limitados y las especies compiten por ellos, forzosamente lo que “gana” un componente de la mezcla lo “pierde” el otro (Figura 1).

Modelo III: El crecimiento de ambas especies se deprime cuando crecen en mezcla, ninguna especie gana y ambas pierden. Esto es un efecto antagónico mutuo, tal como podría ocurrir si cada especie liberara una sustancia alelopática que resulta nociva al crecimiento de la otra (Figura 1).

Modelo IV: Evasión de la competencia, puede ocurrir cuando las especies demandan recursos diferentes en el ambiente, o cuando la adquisición de recursos está separada en el espacio y o en el tiempo; esto se conoce bajo el término de diferenciación de nicho (Spitters1983) (Figura 1).

- $RRT = 100$ significa que las especies están compitiendo por los mismos recursos, cuyo suministro es limitado (Figura 1, Modelos I, IIa y IIb).
- $RRT < 100$ significa que el crecimiento de ambas especies se deprime cuando crecen en mezcla, ninguna especie gana y ambas pierden (Figura. 1, Modelo III).
- $RRT > 100$ significa que las especies están recurriendo a recursos diferentes, evitan total o parcialmente la competencia, o mantienen una relación simbiótica (Figura. 1, Modelo IV).

Estos modelos permiten identificar diversas interacciones tales como la competencia por los mismos recursos, diferenciación de nicho, antagonismo y otras. Experimentos con series de reemplazo se han empleado para estudiar el efecto de diversas condiciones de crecimiento sobre el resultado de la competencia entre dos especies (Patterson y Highsmith, 1989; Wall, 1993; Fischer *et al.*, 2000).

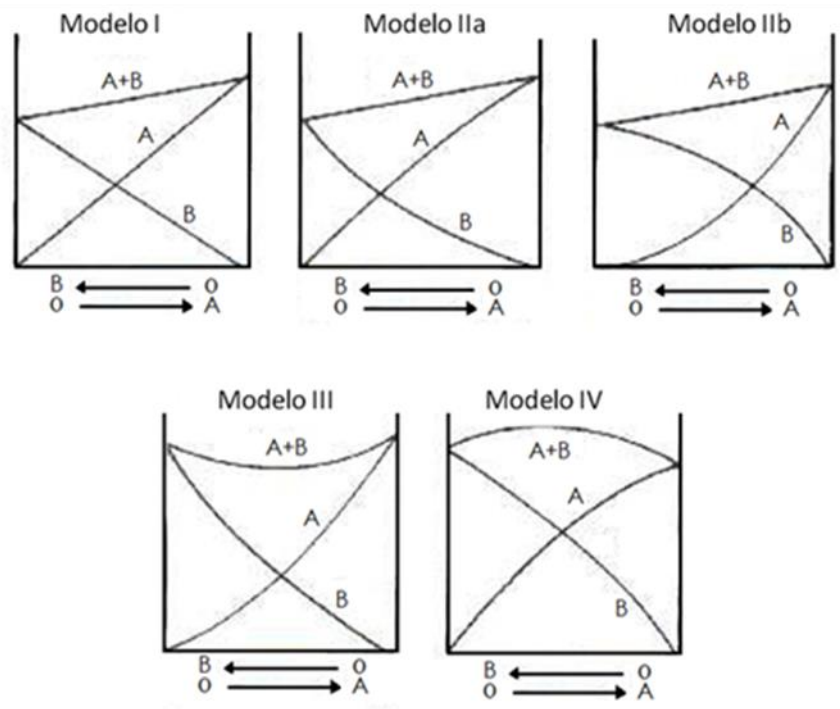


Figura 1. Diferentes modelos que resultan de series de reemplazo para estudios de interferencia donde el eje vertical representa una medida de productividad y horizontalmente la proporción (0-1,0) de dos especies en mezcla (modificado de Harper et al., 1977) por Radosevich et al., 1997.

Algunas investigaciones realizadas con el uso de los experimentos de interferencia

La competencia entre el arroz y *Fimbristylis littoralis* Gaudich., puede ser compensada por dosis adecuadas de nitrógeno (100 o 170 kg.ha⁻¹), cuando existen bajas densidades de la maleza (250 a 500 pl.ha⁻¹), no obstante, a altas densidades no se observó este efecto (Begum *et al.*, 2009).

Oryza punctata Kotschy ex Steud tuvo un ciclo más rápido, un crecimiento vegetativo, área foliar de la hoja bandera, altura de planta y biomasa, mayor que el arroz. Por tal razón los investigadores sugieren que es más agresivo (Munene *et al.*, 2008)

El período crítico de competencia, en la condición de suelo saturado para el cultivo de arroz, fue de 2 a 71 días después de la siembra (DDS) y bajo lámina de agua de 15-73 DDS. Asimismo se encontró que; el mayor rendimiento se obtuvo cuando el cultivo estuvo todo el ciclo sin maleza en ambas situaciones. El cultivo de arroz bajo inundación mostró mayor rendimiento en las parcelas enmalezadas y sin enmalezar (3,5 a 5,4 t.ha⁻¹) en relación con estos mismos tratamientos en suelo sin inundación (2,0 a 4,4 t.ha⁻¹) (Juraimi *et al.*, 2009).

Las pérdidas del rendimiento de maíz ocasionadas por la interferencia de 8 y 12 plantas.m² de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton, en Venezuela, fue de 44,82 y 56,00% respectivamente, infiriendo los autores que existió una fuerte competencia entre la maleza y el cultivo (Anzalone *et al.*, 2006). En un experimento similar realizado en Colombia mostró que 2, 4 y 8 plantas.m² redujeron el 12,80; 28,89 y 36,68% del rendimiento del maíz, respectivamente (Rivera *et al.*, 2007).

Se evaluó a través de un experimento de series de reemplazo las pérdidas de rendimiento del maíz por la interferencia de Pira *Amarantus dubius* (L.) quien redujo el rendimiento en 9,1 15,1 25,9 y 22,4 % para las densidades 1, 2, 4, y 8 plantas por metro lineal (Anzalone y Cruz, 2004).

El periodo crítico de interferencia del *Cyperus rotundus* L., en el maíz, se ubicó entre la segunda y cuarta semana después de la siembra del cultivo. Cuando el maíz permaneció enmalezado todo el ciclo y durante las dos primeras semanas con interferencia del corocillo, ocurrieron reducciones del rendimiento en 25,40 y 31,50% respecto al tratamiento sin malezas todo el ciclo (Gil *et al.*, 2006).

La evaluación de la interferencia entre las malezas (arroz rojo y negro aristado) con los cultivares de arroz (ZETA 15 y FONAIAP 2000) mostro una tendencia donde; la longitud del periodo de interferencia es directamente proporcional a la reducción del rendimiento del cultivo. Adicionalmente se encontró que: el rendimiento relativo total evidenció una relación antagónica entre las variedades y la maleza (Ortiz, 2005). Las variedades Cimarrón y FONAIAP 1 también tuvieron una relación antagónica con el arroz rojo de lema y pálea de color marrón con arista (Ortiz *et al.*, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y material vegetal

Las accesiones, IR90G (R) e IR143G (S), utilizadas en este experimento pertenecen a la colección del “Proyecto UCV-Sociedad: Manejo integrado de malezas en arroz” que se lleva a cabo en la Facultad de agronomía de la Universidad Central de Venezuela (Cuadro 1) y semillas de la categoría genética de la variedad de arroz SD20A (A) de las instituciones Agropatria Semillas y Fundación DANAC.

Cuadro 1. Accesiones de *I. rugosum* utilizadas en este estudio y ubicación geográfica de los lugares donde se realizó la recolección de semilla.

Accesiones	Ubicación geográfica	Coordenadas Este ^a	Coordenadas Norte ^a
IR 90 G (R)	Parcela N° 178 Del sistema de riego del rio Guárico, Municipio Francisco de Miranda, Guárico	662756	975345
IR143 G (S)	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Municipio Francisco de Miranda, Guárico	663651	966262

^aDatum Reg Ven huso horario 19 proyección de coordenadas universal transversal (UTM)
<http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/regvenPDVSA.pdf>

Se establecieron dos experimentos de series de reemplazo que se llevaron a cabo en el Invernadero y Laboratorio de Malezas del Departamento e Instituto de Agronomía, de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV). El primero con la accesión IR90G (R), resistente a los herbicidas: propanil, bispiribac-sodio, piribenzoxim, imazapir+imazetapir, profoxidim (Ortiz *et al.*, 2013) y clomazone (Palencia, 2012). Y el segundo con la accesión IR143 G (S) que es susceptible a dichos herbicidas y que en adelante se denominarán R y S.

Se colocaron 3g de semillas de R, S y SD20A, en matraces con una solución de nitrato de potasio al 0,26%, a la que se le inyectó aire de forma continua, para hacerlas germinar. Una vez observada la emergencia de la plúmula, las plántulas se trasplantaron a potes plásticos (22cm de diámetro y 20cm de profundidad) contentivos de 5kg de suelo del campo experimental (serie Maracay, Fluentic halpustolls, francosa gruesa isohipertérmico, formación Las Mercedes) siguiendo el patrón de siembra para series de reemplazo (Baki *et al.*, 1995; Gealy *et al.*, 2005)

(Figura 1). Los potes se colocaron en un invernadero cuyas condiciones fueron: 30 a 35°C, 80% humedad relativa, fotoperiodo de 12h, irradiación natural de $1600\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

El suelo de los potes se mantuvo húmedo hasta que el arroz alcanzó el inicio del macollamiento, a partir de esta etapa de crecimiento y desarrollo, se aplicó una lámina de 2cm de agua hasta la etapa de grano pastoso duro. La fertilización del suelo se hizo según los resultados de su análisis y patrón de manejo del cultivo del arroz en Venezuela, correspondiéndose a 204, 60 y 60 de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente (Rico, 2008).

Tratamientos en serie de reemplazo

Cada experimento fue constituido por: 13 tratamientos (T), uno con SD20A y R y otro con SD20A y S, donde el monocultivos de SD20A (arroz) se representó con los códigos de T1, T2, T3, T4 y T5, correspondiéndose con las densidades de 1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote, respectivamente y a las accesiones de maleza R y S los códigos T9, T10, T11, T12 y T13 que se correspondieron con 12, 9, 6, 3 y 1 plantas por pote, respectivamente. Los tratamientos en mezclas se establecieron con una densidad constante de 12 plantas por pote de cultivo y maleza, en las proporciones (3:1) 9 plantas de arroz + 3 plantas de maleza, (T6), proporción (1:1) 6 plantas de arroz + 6 plantas de maleza (T7) y proporción (1:3) 3 plantas de arroz + 9 plantas de maleza (T8) (Figura 2).

Ambos experimentos se dispusieron en mesones del invernadero, siguiendo un patrón de rejilla rectangular con aproximadamente 22 cm entre los bordes de vasijas adyacentes. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con ocho repeticiones (Gómez y Gómez, 1984) (Anexo 8).

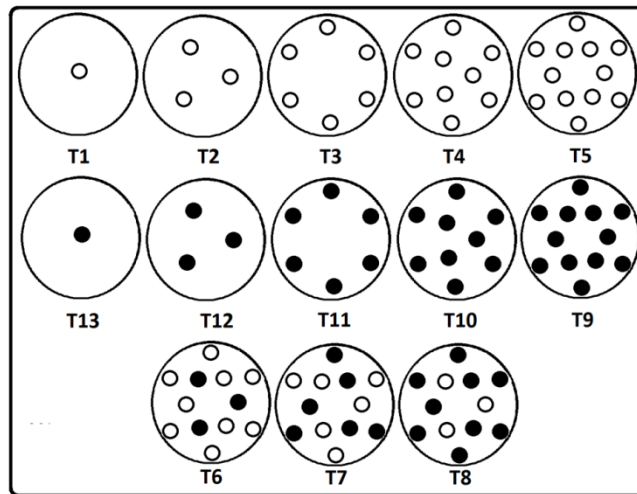


Figura 2. Modelo de la distribución espacial que llevarán la variedad de arroz y cada una de las accesiones de malezas dentro del pote. ○Arroz; ●Maleza (IR90G e IR143G). **Monocultivo:** T1, T2, T3, T4, T5, T9, T10, T11, T12 y T13 y **Mixto:** T6, T7 y T8.

Las plantas de rugosa R y S se taparon después la floración con tela de tul para evitar las pérdidas de semillas por el desgrane (Anexo 6). Una vez que los ápices de la mayoría de las panículas de arroz estaban en paralelo al nudo ciliar, se procedió a realizar la cosecha (Anexo 7).

Cuadro 2. Equivalencia de los tratamientos respecto a la densidad de siembra por hectárea.

Tratamientos	Plantas de Arroz	Plantas de rugosa	Plantas totales por pote	Area del pote m ²	Densidad m ²	Densidad por hectárea
T1	1		1	0.047	21.2	212329
T2	3		3	0.047	63.7	636987
T3	6		6	0.047	127.4	1273974
T4	9		9	0.047	191.1	1910961
T5	12		12	0.047	254.8	2547948
T6	9	3	12	0.047	254.8	2547948
T7	6	6	12	0.047	254.8	2547948
T8	3	9	12	0.047	254.8	2547948
T9		12	12	0.047	254.8	2547948
T10		9	9	0.047	191.1	1910961
T11		6	6	0.047	127.4	1273974
T12		3	3	0.047	63.7	636987
T13		1	1	0.047	21.2	212329

Variables evaluadas antes de la cosecha

1. Número de macollos: se contaron los tallos a todas las plantas cada 10 días después de la siembra hasta la cosecha.

Variables evaluadas post-cosecha

1. Número de hojas: Se contaron el número de hojas en todas las plantas.
2. Peso de los granos: Se desgranaron las panículas de todas las plantas y se pesaron sus granos en una balanza digital, expresándose esta variable en gramos.
3. Número de semillas: Se contaron los granos en un contador electrónico.
4. Biomasa aérea seca: se cortaron los macollos a ras del suelo de todas las plantas y se colocaron en bolsas de papel con orificios para su secado en una estufa a 70°C por tres días. Posteriormente, se pesó en una balanza digital, estas variables se expresaron en gramos.

Análisis de datos

Se calculó el Índice de cosecha, el esfuerzo reproductivo y esfuerzo vegetativo a través de las formulas:

$$\text{IC}=\text{PS}/\text{PBS}, \text{ER}=\text{PS}/\text{PT} \text{ y } \text{EV}=\text{PBS}/\text{PT}$$

Donde; IC es el índice de cosecha, PS es el peso de la semilla, PBS es el peso de la biomasa seca, ER es el esfuerzo reproductivo PT es el peso total de la planta y EV es el esfuerzo vegetativo.

La competencia relativa entre el arroz y maleza se determinó para las variables número de tallos, biomasa aérea seca y numero de hojas, usando los índices (desde A hasta D), de acuerdo a las ecuaciones siguientes (Cousens and O'Neill, 1993; Bagavathiannan *et al.*, 2011):

A. Rendimiento relativo (RR) y rendimiento relativo total (RRT)

$$RRX = \frac{P (\text{Rendimiento por pote de la especie X en la mezcla})}{(\text{Rendimiento por pote de la especie X en monocultivo})}$$

$$RRY = \frac{(1-P)(\text{Rendimiento por pote de la especie Y en la mezcla})}{(\text{Rendimiento por pote de la especie Y en monocultivo})}$$

$$RRT = RRX + RRY$$

Donde P es la proporción de la respectiva especie en la mezcla. Los índices RR y RRT serán calculados para las mezclas de las proporciones 1:3, 1:1 y 3:1. Los valores calculados de RR y RRT se comprobaron con los valores hipotéticos esperados (H0) (por ejemplo, RY: 0,25 [1:3], 0,50 [1:1] y 0,75 [3:1]; RRT:1) usando la prueba de t para muestra única ($\alpha = 0,05$) (Bagavathiannan et al., 2011).

B. Relación competitiva (RC)

$$RC = [(1/P) / P] [RRX / RRY]$$

La desviación de RC del valor esperado (por ejemplo, para 1,0) se determinó usando una prueba de la t para una sola muestra en cada variable y cada par fue comparado ($\alpha = 0,05$) (Bagavathiannan *et al.*, 2011).

C. Coeficiente Relativo de Aglomeración (CRA)

La agresividad relativa de una especie sobre la otra se determinó a través del Coeficiente Relativo de Aglomeración (CRA), usando la ecuación (Bagavathiannan *et al.*, 2011):

$$CRA X \text{ vs } Y = [(1-P) / P] [RRX / (1 - RRX)]$$

$$\text{CRA y vs x} = [(1-P) / P] [RRY / (1- RRY)]$$

CRA es un índice de competencia cuando organismos de dos especies compiten por recursos limitados, aquella especie que tenga el mayor valor de CRA será el competidor superior (Fischer, 2009; Jolliffe *et al.*, 1984; Gealy *et al.*, 2005). En cada especie se hará una comparación con la otra (X vs Y, Y vs X) para cada variable, la diferencia entre el CRA X vs y y CRA y vs x se analizará con la prueba de t ($\alpha = 0,05$).

B. Índice de Agresividad (IA)

$$\text{IA} = (\text{RRX} / 2P) - \{\text{RRY} / [2(1-P)]\}$$

La desviación del IA del valor esperado se probó para cada variable usando la prueba de t ($\alpha = 0,05$).

Los índices IA, RC, CRA X vs CRA y vs x y IA que se evaluaron en este estudio fueron calculados con la mezcla de la proporción (1:1) de arroz y maleza.

Los datos se analizaron usando en el programa estadístico Statistix versión 10 trial.

Los datos provenientes de experimentos repetidos se juntaron para su análisis, como siguieron un patrón de distribución normal se les aplicó un análisis de varianza y las variables que mostraron significación estadística se les hizo una prueba de media de Tukey.

Los gráficos de la serie de reemplazo se analizaron bajo el esquema de la (Figura 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de macollos por pote

Cuando se analizó la respuesta del número de macollos por pote, en monocultivo, se encontró que el cultivo y las accesiones de malezas mostraron un aumento del número de macollos a medida que se aumentaba la densidad.

En la mezcla, el cultivo mostró una disminución del número de macollos, por pote, a medida que se incrementaba la densidad de la maleza dentro de la proporción. De la misma manera, en la mezcla, la maleza disminuyó el número de macollos a medida que en la proporción había más plantas del cultivo. La accesión susceptible produjo más macollos en la mezcla con el cultivo que la resistente (Cuadro 3).

La accesión de maleza resistente mostró una tendencia a producir mayor número de macollos/pote en orden creciente con la densidad en monocultivo (12 pl/pote a 1 pl/pote) (Figura 3 A), mientras que en la susceptible la densidad de 9 pl/pote produjo más macollos (Figura 3 B). La respuesta del cultivo mostró que las densidades de 9 y 12 plantas presentaron la mayor cantidad de macollos/pote (Figura 3 C). En la mezcla, el cultivo produjo más macollos, cuando había 9 plantas de arroz con 3 de malezas, con la accesión susceptible que con la R. La menor producción de macollos/pote del cultivo se observó en los tratamientos donde había más plantas de maleza 3 arroz: 9 maleza (Figura 3 D). La tendencia en este estudio, en los tratamientos de las mezclas, fue que la accesión susceptible produjo más macollos en todas la evaluaciones realizadas a las densidades de 3 arroz: 9 malezas y la que produjo menos macollos/pote fue la resistente en la relación 9 arroz : 3 malezas (Figura 3 E).

Número de macollos por planta

La respuesta del número de macollos en monocultivo para ambas especies, por planta, mostró que a medida que aumentó la densidad, se redujo el número de macollos en los individuos. En la mezcla, entre cultivo y maleza, se encontró que bajo las tres densidades establecidas, el cultivo y la accesión R, no tuvieron diferencias

estadísticas en el número de macollos/planta (produjo 2 a 3 macollos/planta el arroz y 5 a 6 macollos/planta IR90G-R), no obstante, la accesión susceptible si mostró diferencias estadísticas, a mayor densidad del cultivo produjo más macollos (Cuadro 4).

El mayor número de macollos/planta fue observado en ambas accesiones en el tratamiento de una planta/pote (menor densidad) y los valores menores cuando en el monocultivo hubo 12 y 9 plantas/pote (mayores densidades) (Figura 4 A). De manera similar, el cultivo también mostró el mayor número de macollos a la menor densidad (1 pl/pote) y el menor a la mayor densidad (12 pl/pote) (Figura 4 C). Estos resultados coinciden con la inferencia que hacen varios autores sobre... “la respuesta plástica al aumento de densidad es la reducción del crecimiento individual, incrementando la productividad total de biomasa por área”... (Harper, 1977; Radosevich *et al.*, 2007), en el cual el efecto que ejerce interferencia intraespecífica es tal que el aumento del número de macollos totales viene dado por la inclusión de plantas al espacio y no por el crecimiento individual.

En un estudio similar en Malasia, se ha encontrado que *I. rugosum* en monocultivo presentó la misma respuesta, al aumentar la densidad de siembra se redujo el número de macollos/planta, por otra parte, la mayor cantidad de macollos se encontró en la densidad de monocultivo de 1 pl/pote respecto a las otras densidades (Baki *et al.*, 1995), mostrando un comportamiento semejante al hallado en las accesiones R y S venezolanas de esta investigación.

Cuadro 3. Prueba de normalidad, análisis de varianza y prueba de medias de Tukey 5% para número de macollos por pote a los 120 días después del trasplante por tratamientos de la variedad de arroz SD20A y las accesiones de *I. rugosum* (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0,96 DN		0,97 DN	
CME	0,73		0,5	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	28,4		29,69	
T1	11 cde		-	-
T2	20 bc		-	-
T3	24 ab		-	-
T4	32 a		-	-
T5	33 a		-	-
T6	24 ab	31 a	19 e	36 cde
T7	13 cde	17 bcd	31 de	50 abcd
T8	7 e	8 de	45 abcde	65 ab
T9	-	-	59 abcd	59 abcd
T10	-	-	45 abcd	67 a
T11	-	-	50 abcd	61 abc
T12	-	-	41 abcde	48 abcd
T13	-	-	26 de	33 de

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

Cuadro 4. Prueba de normalidad, análisis de varianza y prueba de medias de Tukey 5% para número de macollos por planta a los 120 días después del trasplante de la variedad de arroz SD20A y las accesiones de *I. rugosum* (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.95 DN		0.95 DN	
CME	0.79		0.79	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	30.49		30.88	
T1	11 a		-	-
T2	7 b		-	-
T3	4 c		-	-
T4	4 c		-	-
T5	3 c		-	-
T6	3 c	3 c	6 e	12 cd
T7	2 c	3 c	5 e	8 cde
T8	2 c	3 c	5 e	7 de
T9	-	-	5 e	5 e
T10	-	-	5 e	7 de
T11	-	-	8 cde	10 cde
T12	-	-	14 c	16 cd
T13	-	-	26 b	33 a

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

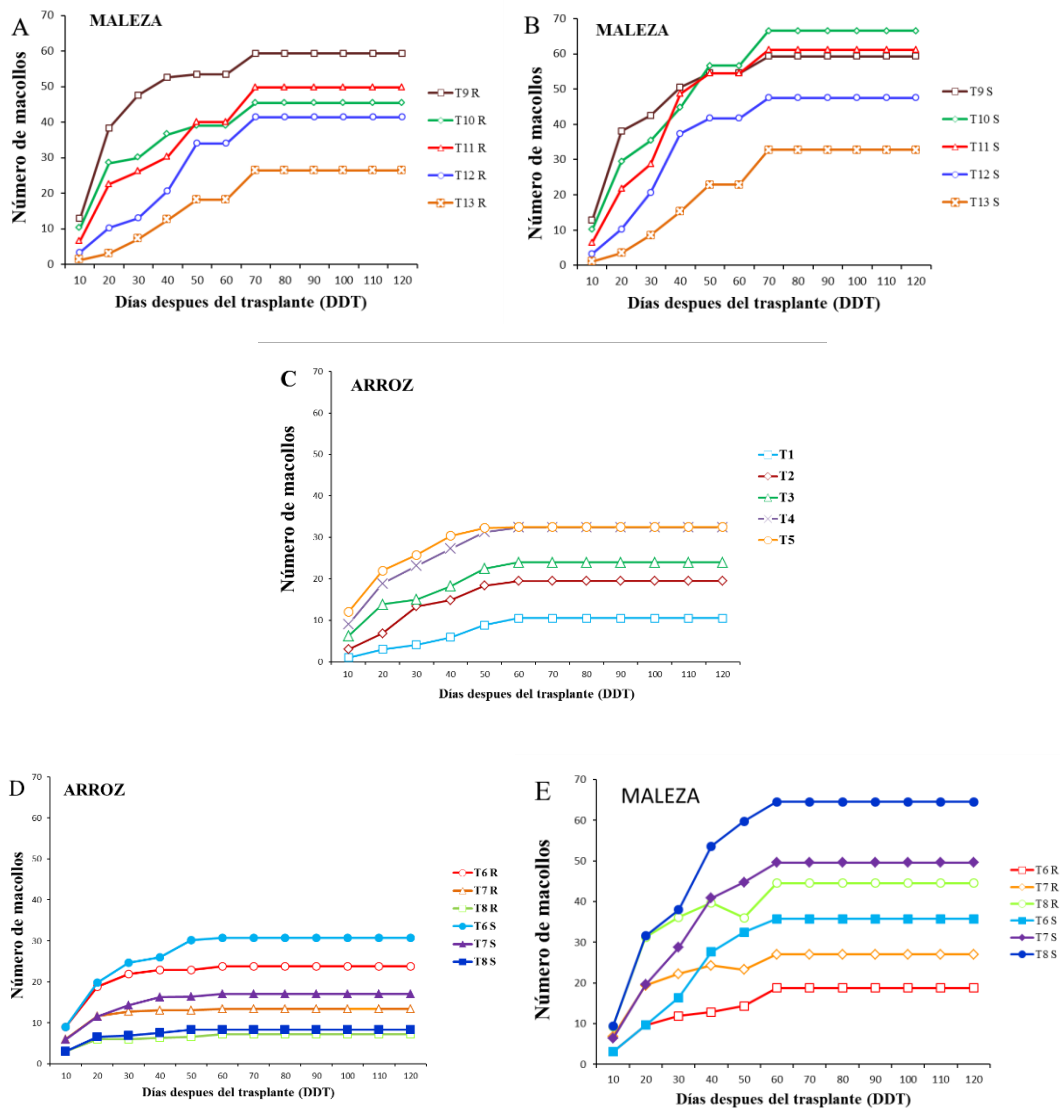


Figura 3. Evolución del número de macollos por pote de *I. rugosum*, accesión IR90G (resistente a herbicidas) (A), accesión IR143G (susceptible) (B) y arroz variedad SD20A (C), en monocultivos. Número de macollos de arroz en mezcla con las ambas accesiones (D), macollos de las accesiones en mezcla con el arroz (E), donde Pl: planta(s). T1= 1 pl arroz, T2= 3 pl arroz, T3= 6 pl arroz, T4= 9 pl arroz, T5=12 pl arroz, T6= 9 arroz: 3 maleza, T7= 6 arroz: 6 maleza, T8= 3 arroz: 9 maleza, T13= 1 pl maleza, T12= 3 pl malezas, T11= 6 pl maleza, T10= 9 pl maleza; T9= 12 pl maleza.

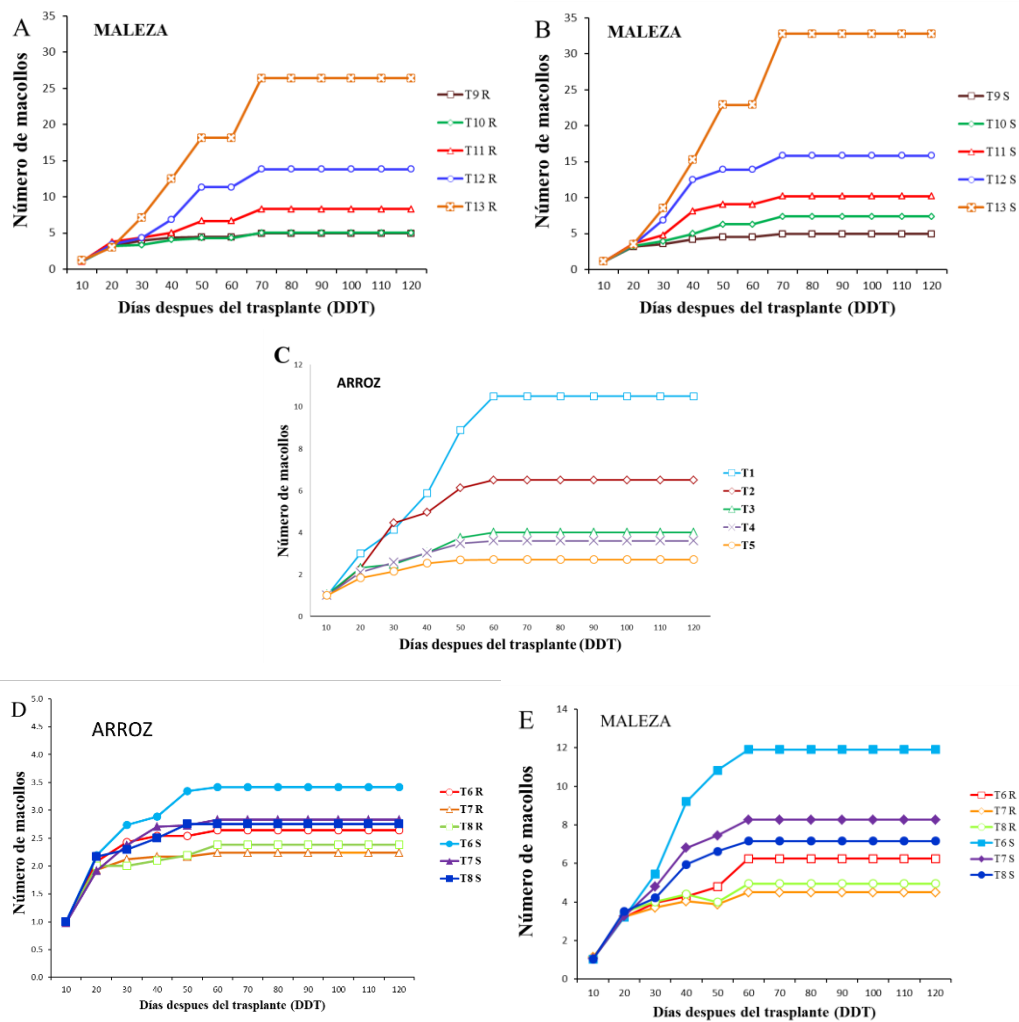


Figura 4. Evolución del número de macollos/planta de *I. rugosum*, accesión IR90G (resistente a herbicidas) (A), accesión IR143G (susceptible) (B) y arroz variedad SD20A (C), en monocultivos. Número de macollos/planta de arroz en mezcla con las ambas accesiones de maleza (D), macollos/planta de las accesiones de maleza en mezcla con el arroz (E), donde Pl: planta(s). T1= 1 pl arroz, T2= 3 pl arroz, T3= 6 pl arroz, T4= 9 pl arroz, T5=12 pl arroz, T6= 9 arroz: 3 maleza, T7= 6 arroz: 6 maleza, T8= 3 arroz: 9 maleza, T13= 1 pl maleza, T12= 3 pl malezas, T11= 6 pl maleza, T10= 9 pl maleza; T9= 12 pl maleza.

Numero de hojas por pote

La tendencia observada, tanto en la variedad de arroz (Figura 6A) como las accesiones R y S (Figura 5A) en **monocultivo**, fue un incremento del número de hojas, por pote, a medida que aumentaba la densidad de siembra ($P < 0.01$) (Cuadro 5). Se observó una respuesta diferencial entre las accesiones R y S, en el sentido de que en las densidades de 1 y 3 pl/pote la accesión R produjo 21 y 31% más hojas que la S, no obstante, cuando se aumentó la densidad de siembra a 6, 9 y 12 se invirtió la repuesta, teniendo entre 15 y 29% más hojas la accesión S (Figura 5A, Cuadro 5).

La producción de hojas por pote del cultivo fue 12 a 14% más cuando estuvo en mezcla con la accesión S en la mezcla 9arroz:3maleza y 6 arroz:6maleza, respectivamente, mientras que cuando hubo más maleza en la mezcla (3arroz:9maleza) la R tuvo 16% más hojas que S (Figura 7A). En todos los tratamientos en mezcla la accesión S tuvo más hojas/pote que R (10, 16 y 16 % para 9arroz:3maleza, 6arroz:6maleza y 3arroz:9maleza, respectivamente) (Figura 8A, Cuadro 5).

Cuando se comparó el tratamiento de monocultivo del cultivo contra las mezclas con malezas se observó que hubo un detrimento en la producción de hojas/planta de 39, 44 y 76% para las mezclas de 9arroz:3R, 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente. En la interferencia con S se halló una disminución de 33, 51 y 22% para las mezclas de 9arroz:3S, 6arroz:6S y 3arroz:9S comparada con los monocultivos de 3, 6 y 9 plantas S/pote, respectivamente (Figura 7A).

Numero de hojas por planta

La repuesta en la producción de hojas/planta en la variedad de arroz (Figura 6B) y accesiones R y S (Figura 5B), en **monocultivo**, mostró que en la medida que se incrementaron las densidades de siembra se redujo el número de hojas/planta ($P < 0.01$) (Cuadro 6), contrario al efecto observado en las hojas/pote (Figura 5A). Asimismo, se observó que la accesión R produjo más hojas/planta en las densidades

de 1 y 3 pl/pote y S produjo más hojas en los tratamientos con 6, 9 y 12 pl/pote (Cuadro 6).

El cultivo tuvo 10 y 17% más número de hojas/planta cuando estuvo en mezcla con la accesión S, en la mezcla de 9arroz:3maleza y 6arroz:6maleza, respectivamente, mientras que cuando hubo más maleza en la mezcla (3arroz:9maleza) la R tuvo 16% más hojas que S (Figura 7B). En todos los tratamientos en mezcla la accesión S tuvo más hojas/planta que R (9, 17 y 17 % para 9arroz:3maleza, 6arroz:6maleza y 3arroz:9maleza, respectivamente) (Figura 7B, Cuadro 5).

La accesión R tuvo 20% número de hojas/planta en la mezcla 9arroz:3R que en el monocultivo 3R, mientras que 6arroz:6R y 3arroz:9R redujeron este atributo en 17 y 60%, respectivamente. Por otro lado, la accesión S tuvo 13 % más de hojas/planta en la mezcla 9arroz:3R que en el monocultivo de 3 pl/pote, pero sufrió una disminución de 19 y 28 % en las mezclas 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente (Figura 8A).

Cuadro 5. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el número hojas por pote de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Número de hojas totales por pote			
	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.95 DN		0.95 DN	
CME	0.78		0.51	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	24.43		26.12	
T1	70 ef		-	-
T2	145 cd		-	-
T3	204 bc		-	-
T4	220 ab		-	-
T5	250 a		-	-
T6	167 c	190 bc	147 e	163 de
T7	90 def	105 de	208 bcde	249 abcde
T8	57 ef	48 f	226 bcde	268 abcde
T9	-	-	288 abcde	340 ab
T10	-	-	262 abcde	367 a
T11	-	-	314 abc	369 a
T12	-	-	254 abcde	175 de
T13	-	-	184 cde	151 e

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

Cuadro 6. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el número hojas por planta de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Número de hojas por planta				
Tratamiento	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.95 DN		0.95 DN	
CME	0.79		0.89	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	23.97		25.6	
T1	70 a		-	
T2	48 b		-	
T3	34 bc		-	
T4	24 cd		-	
T5	21 cd		-	
T6	19 cd	21 cd	49 defg	54 de
T7	15 d	18 d	35 defg	42 defg
T8	19 cd	16 d	25 fg	30 efg
T9	-	-	24 g	28 efg
T10	-	-	29 efg	41 defg
T11	-	-	52 def	61 cd
T12	-	-	85 c	58 cd
T13	-	-	184 a	151 b

** Altamente significativo, * Significativo; DN: Distribución Normal

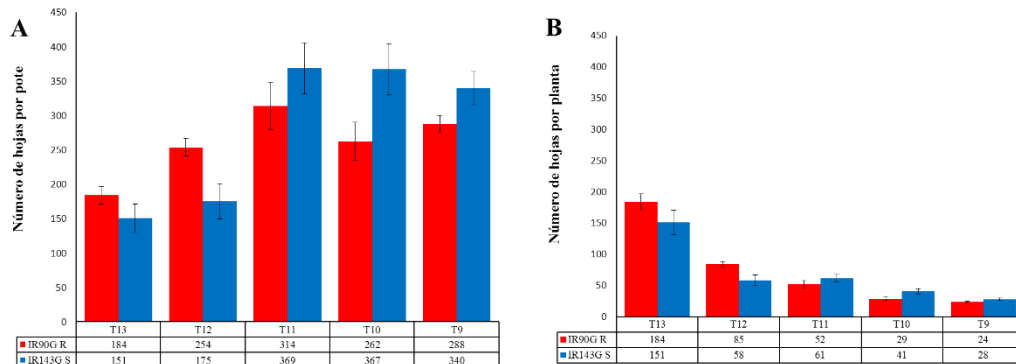


Figura 5. Número hojas por pote (A) y por planta (B), al final del ciclo, de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) sembrados en **monocultivo** donde T13, T12, T11, T10 y T9, representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote, respectivamente).

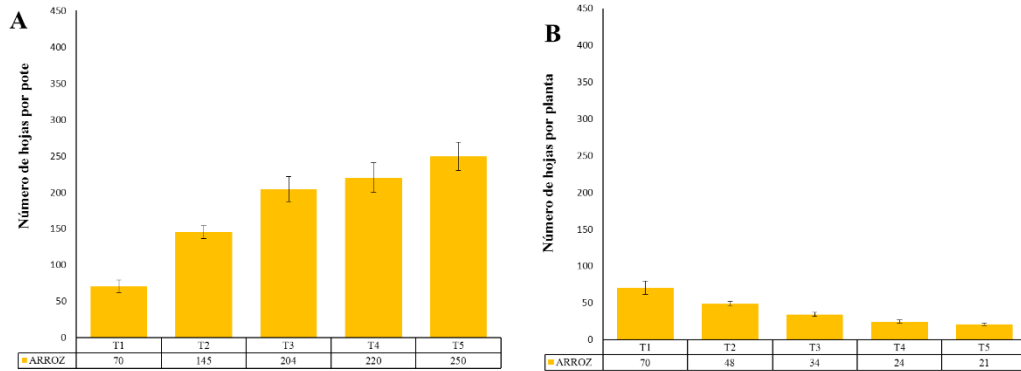


Figura 6. Número hojas totales por pote **A** y por planta **B** de la variedad de arroz SD20A sembrados en **monocultivo** donde T1 T2, T3, T4, y T5 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote) respectivamente.

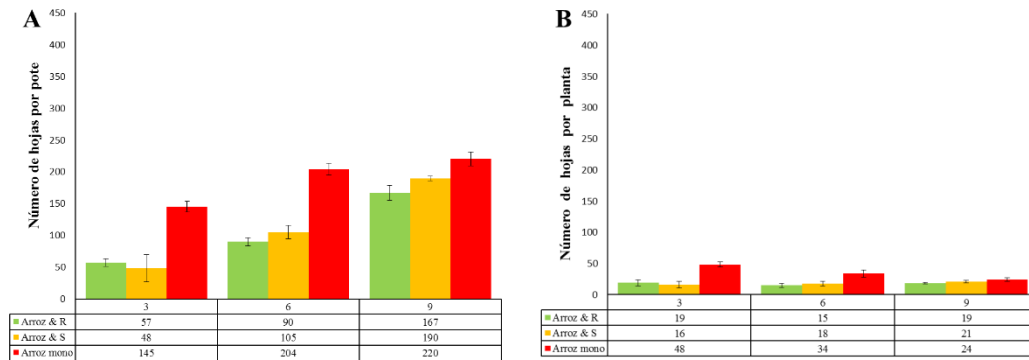


Figura 7. Número hojas por pote (**A**) y por planta (**B**) de la variedad de arroz SD20A, sembrados en **mezcla y monocultivo**. Donde **3** representa la mezcla **T8** (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo **T2** (3 plantas de arroz), **6** representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T3** (6 plantas) en monocultivo y **9** representa a **T6** (9:3) en mezcla y **T4** (9 plantas) en monocultivo.

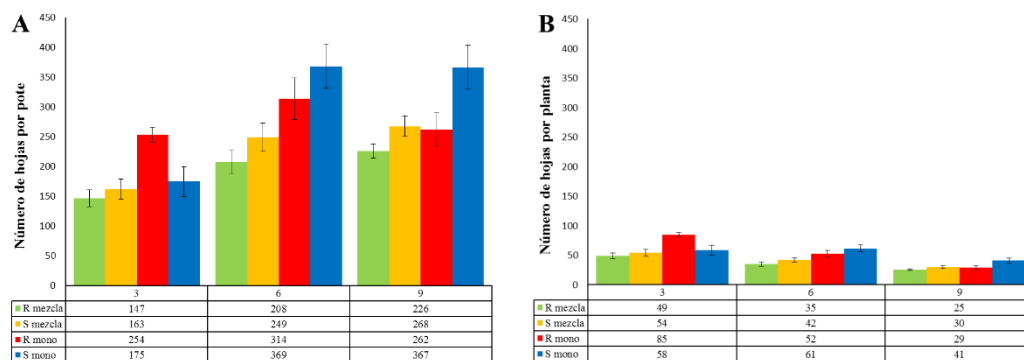


Figura 8. Número hojas por pote (A) y número de hojas por planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde **3** representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz T6 y T12 (3 plantas) en monocultivo, **6** representa a T7 (6:6) en mezcla y T11 (6 plantas) en monocultivo, **9** representa a T8 (9:3) en mezcla y T10 (9 plantas) en monocultivo.

Biomasa aérea seca por pote

En general, la variedad de arroz (Figura 10A) y las accesiones R y S (Figura 9A), en monocultivo, incrementaron la biomasa aérea seca por pote, al final del ciclo, a medida que aumentaba la densidad de siembra ($P < 0.01$) (Cuadro 7). La repuesta en biomasa de R y S y tuvieron una tendencia similar, con pequeñas diferencias, R tuvo 6, 7 y 15% más biomasa en los tratamientos con 12, 3 y 1 plantas/pote, respectivamente, mientras que S mostró mayores valores en 9 y 6 plantas/pote (Figura 9A). La biomasa aérea seca por pote del cultivo cuando estuvo en interferencia con S fue 16, 15 y 1 % más que en R, en las mezclas 9arroz:3malezas, 6 arroz:6malezas, 3 arroz:9malezas, respectivamente, indicando que R redujo más la biomasa aérea por pote del cultivo que S (Figura 11A).

Cuando se compara el tratamiento de monocultivo del cultivo contra las mezclas con malezas se observa que hubo un detrimento en la biomasa aérea por pote de 18, 59 y 82% para las mezclas de 9arroz:3R, 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente. En la interferencia con S se halló la disminución de 2, 51 y 82% para las mezclas de 9arroz:3S, 6arroz:6S y 3arroz:9S, lo que demuestra que a medida que haya más maleza en la mezcla cultivo-maleza, la biomasa del arroz disminuye dramáticamente

(Figura 11 A). La accesión R redujo la biomasa en 51, 25 y 3 % en las mezclas de 9arroz:3R, 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente. S mostró un detrimento de 54 y 25 % para 9arroz:3S y 6arroz:6S, mientras que en la mezcla de alta proporción de maleza el tratamiento con 3arroz:9S produjo más biomasa aérea por pote que el monocultivo (Figura 12).

Biomasa aérea seca por planta

La variedad de arroz (Figura 10B) y las accesiones R y S (Figura 9B, en monocultivo, disminuyeron la biomasa aérea por planta, al final del ciclo, a medida que aumentaba la densidad de siembra ($P < 0.01$). Las repuestas de R y S tuvieron la misma tendencia en la reducción de biomasa en la medida que aumenta la densidad de siembra (Cuadro 8).

La biomasa aérea del cultivo fue 16 a 15% más cuando estuvo en mezcla con la accesión S en la mezcla 9arroz:3maleza y 6 arroz:6maleza, respectivamente, mientras que cuando hubo más maleza en la mezcla (3arroz:9maleza) R y S se comportaron de manera similar, lo que puede interpretarse como que R interfiere más con el cultivo que S (Figura 10B).

Cuando se compara el tratamiento de monocultivo del cultivo contra las mezclas con malezas se observa que hubo un detrimento de la biomasa aérea seca de 73, 59 y 46% para las mezclas de 9arroz:3R, 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente, mientras que cuando en la mezcla se incluyó a S, se encontró una disminución de la biomasa del cultivo de 67, 52 y 45% para las mezclas de 9arroz:3S, 6arroz:6S y 3arroz:9S, respectivamente (Figura 11B).

La accesión R redujo el número de hojas/planta en 26, y 67 % en las mezclas de 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente, mientras que tuvo más biomasa en el tratamiento en mezcla de 9arroz:3R. S mostró un detrimento de 25 y 61 % para 6arroz:6S y 3arroz:9R, mientras que en la mezcla de alta proporción de maleza el tratamiento con 9arroz:3S produjo más biomasa/planta que el monocultivo (Figura 12B).

Cuadro 7. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el peso de la biomasa aérea seca por pote de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Biomasa seca por pote			
	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.96 DN		0.96 DN	
CME	0.79		0.49	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	21.22		21.21	
T1	26.46 de		-	-
T2	40.30 bc		-	-
T3	47.53 b		-	-
T4	50.56 ab		-	-
T5	54.21 a		-	-
T6	32.99 cd	39.38 bc	34.06 f	37.98 ef
T7	19.66 ef	23.06 de	54.85 bcdef	55.76 bcdef
T8	9.08 f	9.20 f	60.18 abcdef	68.15 abc
T9	-	-	75.01 abc	70.81 abc
T10	-	-	70.01 abc	81.80 a
T11	-	-	73.00 abc	74.66 ab
T12	-	-	62.13 abcd	57.94 bcde
T13	-	-	51.29 cdef	44.46 def

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

Cuadro 8. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el peso de la biomasa aérea seca por planta de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Biomasa seca por planta			
	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.95 DN		0.95 DN	
CME	0.87		0.89	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	33.79		30.85	
T1	26.46 a		-	-
T2	13.43 b		-	-
T3	7.92 c		-	-
T4	5.62 cd		-	-
T5	4.52 cd		-	-
T6	3.67 cd	4.38 cd	11.35 cd	12.66 bcd
T7	3.28 cd	3.84 cd	9.06 d	9.29 d
T8	3.03 d	3.07 d	6.89 d	7.57 d
T9	-	-	5.95 d	5.90 d
T10	-	-	7.78 d	9.09 d
T11	-	-	12.17 cd	12.44 bcd
T12	-	-	20.71 b	19.31 bc
T13	-	-	51.29 a	44.46 a

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

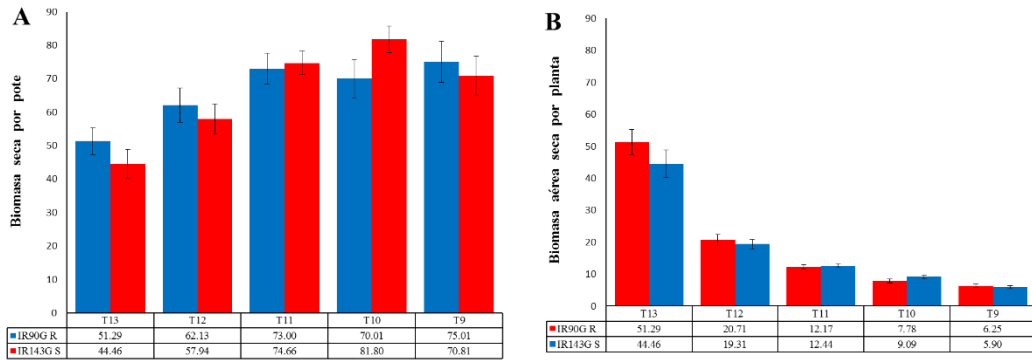


Figura 9. Biomasa aérea seca por pote (A) y planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) sembrados en monocultivo donde T13, T12, T11, T10 y T9 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente.

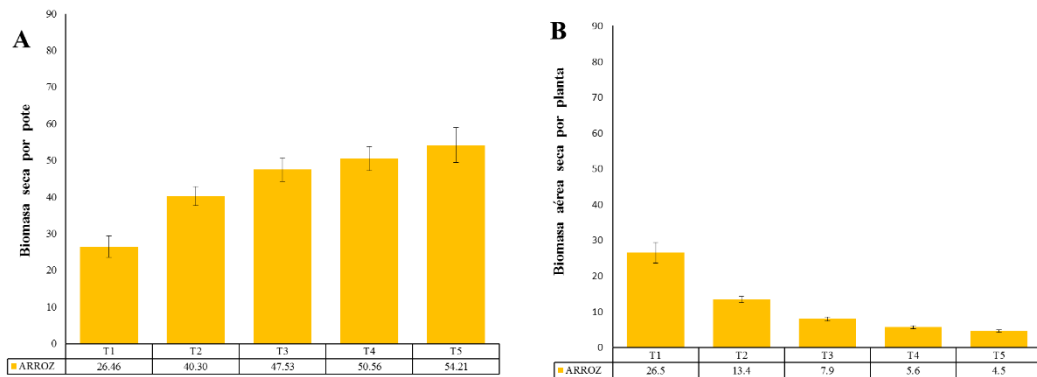


Figura 10. Biomasa aérea seca por pote (A) y planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrados en monocultivo donde T1 T2, T3, T4, y T5, representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente.

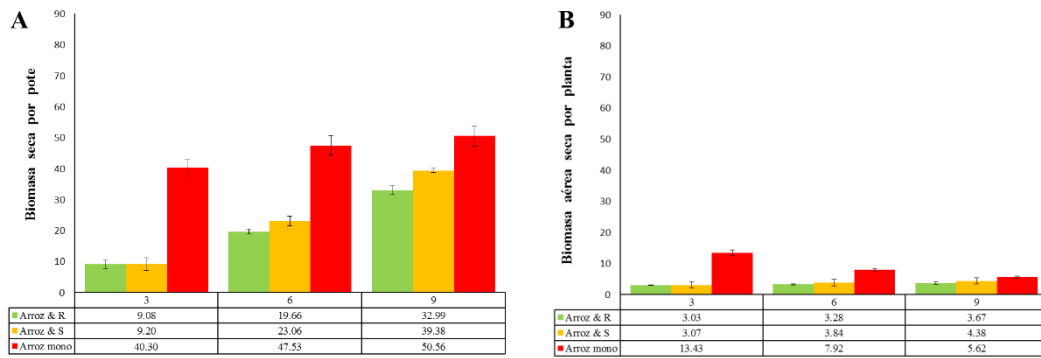


Figura 11. Biomasa aérea seca por pote (A) y planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrados en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa la mezcla T8 (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo T2 (3 plantas de arroz), 6 representa a T7 (6:6) en mezcla y T3 (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a T6 (9:3) en mezcla y T4 (9 plantas) en monocultivo.

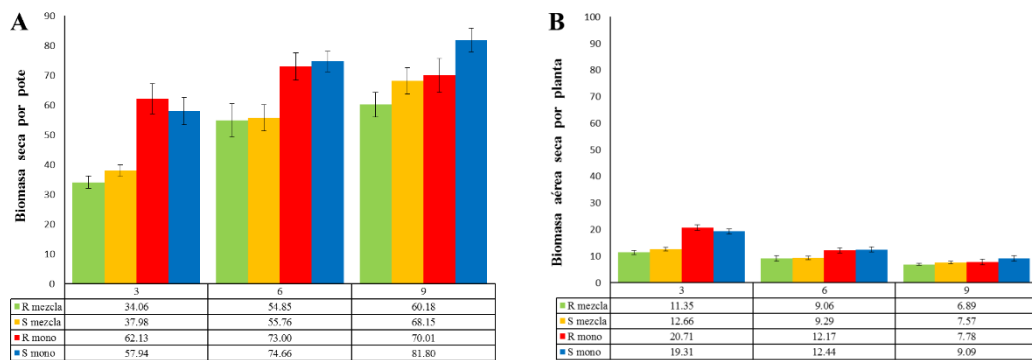


Figura 12. Biomasa aérea seca por pote (A) y planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz T6 y T12 (3 plantas) en monocultivo, 6 representa a T7 (6:6) en mezcla y T11 (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a T8 (9:3) en mezcla y T10 (9 plantas) en monocultivo.

Peso de la semilla por pote

Se observó que el peso de las semillas por pote en el cultivo (Figura 14A) y accesiones R y S (Figura 13 A) en monocultivo fue mayor a medida que aumentaba las densidades de siembra ($P < 0.01$). El peso de las semillas de S fue entre 10 a 21% más que lo producido por la accesión R en todos los tratamientos con monocultivos (Cuadro 9).

El cultivo mostró la misma tendencia de reducir el peso de las semillas por pote en la medida que aumentaba la densidad tanto de R como de S en la mezcla. La accesión S mostró un peso de semillas por pote ligeramente superior a R en la mezcla 3 arroz:3 maleza, mientras que en los otros tratamiento en mezcla se comportaron de manera similar (Cuadro 9).

Al comparar el peso de las semillas por pote del cultivo en monocultivo y mezcla con R y S, se observó que hubo una tendencia a reducir en 28, 64 y 86 % cuando el cultivo estuvo en interferencia con R y 23, 66 y 88%, con S para las mezclas de 9arroz:3R, 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente, indicando que a medida que aumenta las plantas de malezas en la mezcla se reduce el peso de semillas por pote (Figura 15A, Cuadro 9).

La accesión R cuando se comparó con su tratamiento en monocultivo redujo el peso de las semillas por pote en 48 y 22% en las mezclas de 9arroz:3R y 6arroz:6R, respectivamente, mientras que a la mayor densidad de R tuvo el mismo peso en monocultivo como en la mezcla (3arroz:9R). La accesión S mostró un detrimento de 50 y 12% para 9arroz:3S y 6arroz:6S, mientras que en la mezcla de alta proporción de maleza el tratamiento con 3arroz:9S produjo más peso de las semillas por pote que el monocultivo (Figura 16A).

Peso de la semilla por planta

El peso de las semillas por planta en el cultivo (Figura 14B) y las accesiones R y S (Figura 13B) en monocultivo fue menor a medida que aumentaba las densidades de siembra ($P < 0.01$). Las semillas de S pesaron más en todos los tratamientos en monocultivo que las de R (entre 10 a 21% más) $P < 0.01$ (Cuadro 10).

En los tratamientos en mezcla, el cultivo redujo el peso de las semillas por planta en la medida que aumentaba la densidad de la maleza (R y S). La accesión S mostró un peso de semillas por pote estadísticamente similar a R en todos los tratamientos en mezcla (Cuadro 10).

Al comparar el peso de las semillas por planta del cultivo en monocultivo y mezcla con R y S, se encontró que se redujo en 76, 65 y 59% en R y 74, 66 y 65 % en S, para las mezclas de 9arroz:3R, 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente, indicando que a medida que aumenta las plantas de malezas en la mezcla se reduce el peso de semillas por pote, aunque no fueron observadas diferencias estadísticas entre los tratamientos en mezclas (Figura 16B, Cuadro 10).

Las accesiones R y S cuando se comparó con su tratamiento en monocultivo, en la mezcla 9arroz:3R se encontró mayor peso que en el monocultivo, mientras que en los tratamientos se redujo el peso de las semillas por planta a mayor densidad de la maleza (Figura 17B).

Cuadro 9. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el **peso de los granos por pote** de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Peso de la semilla por pote			
	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.96 DN		0.97 DN	
CME	0.65		0.5	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	32.03		24.42	
T1	23.69 b		-	
T2	32.61 ab		-	
T3	36.55 ab		-	
T4	40.38 a		-	
T5	39.30 a		-	
T6	23.63 bcd	25.15 bc	12.38 d	15.21 cd
T7	12.98 cde	12.36 de	17.29 bcd	21.70 abc
T8	5.51 e	4.75 e	19.45 bcd	26.15 ab
T9	-	-	20.30 bcd	25.76 ab
T10	-	-	23.90 abc	30.28 a
T11	-	-	22.08 abc	24.53 ab
T12	-	-	19.44 bcd	24.44 ab
T13	-	-	17.61 bcd	20.73 bcd

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

Cuadro 10. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el **peso de los granos por planta** de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistentes y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Peso de la semilla por planta			
	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.95 DN		0.95 DN	
CME	0.84		0.92	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	46.25		27.57	
T1	23.69 a		-	
T2	10.87 b		-	
T3	6.09 c		-	
T4	4.49 c		-	
T5	3.28 c		-	
T6	2.63 c	2.79 c	4.13 de	5.07 de
T7	2.16 c	2.06 c	2.88 ef	3.62 ef
T8	1.84 c	1.58 c	2.16 f	2.91 ef
T9	-	-	1.93 f	2.15 f
T10	-	-	2.66 ef	3.36 ef
T11	-	-	3.68 ef	4.09 def
T12	-	-	6.48 cd	8.15 c
T13	-	-	17.61 b	20.73 a

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

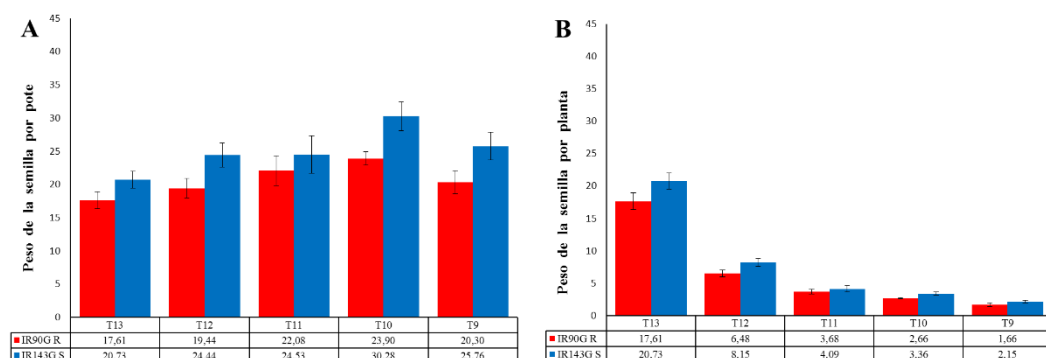


Figura 13. Peso de la semilla por pote (A) y por planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) sembrados en monocultivo donde, T13, T12, T11, T10, T9 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote) respectivamente.

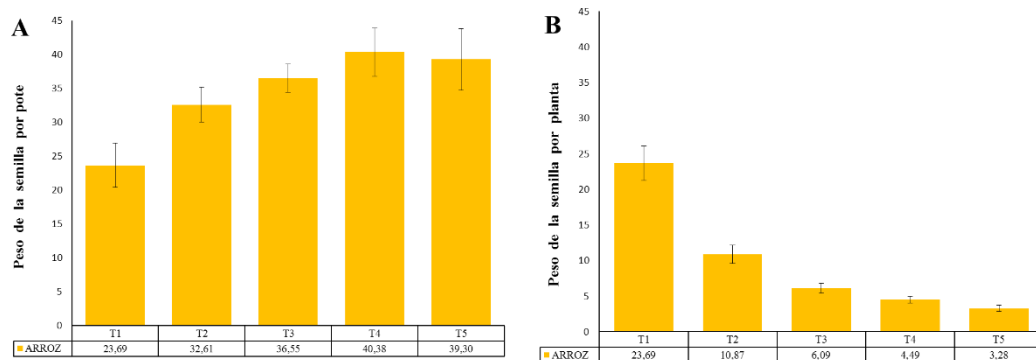


Figura 14. Peso de la semilla por pote (A) y por planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrados en monocultivo donde T1 T2, T3, T4, y T5 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote) respectivamente.

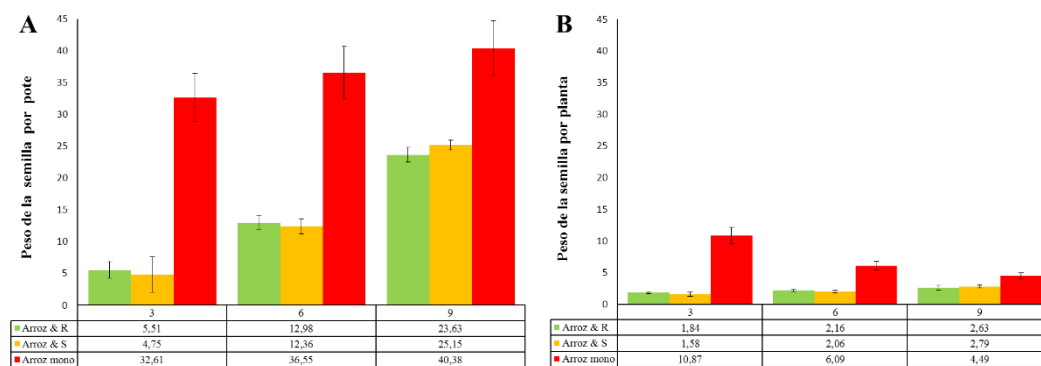


Figura 15. Peso de la **semilla por pote (A)** y **planta (B)** de la variedad de arroz SD20A sembrados en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa la mezcla **T8** (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo **T2** (3 plantas de arroz), 6 representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T3** (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a **T6** (9:3) en mezcla y **T4** (9 plantas) en monocultivo.

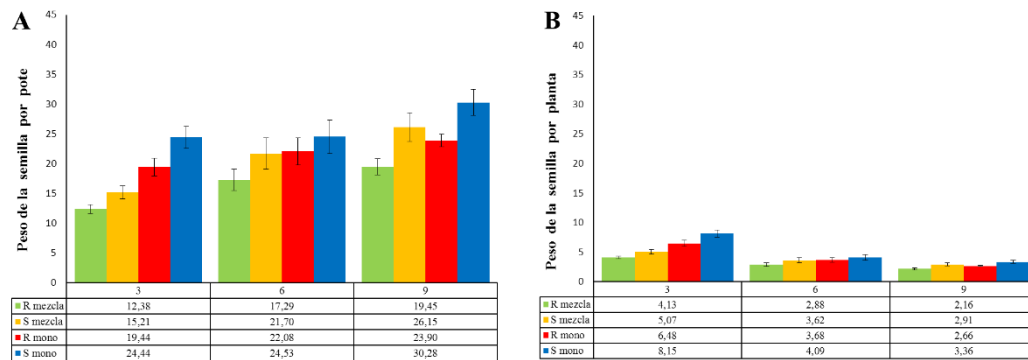


Figura 16. Peso de la **semilla por pote (A)** y **por planta (B)** de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz **T6** y **T12** (3 plantas) en monocultivo, 6 representa a **T7** (6:6) en mezcla y **T11** (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a **T8** (9:3) en mezcla y **T10** (9 plantas) en monocultivo.

Número de semilla por pote

Se observó que el número de semillas por pote en el cultivo (Figura 18A) y accesiones R y S (Figura 17A) en monocultivo fue mayor a medida que aumentaba las densidades de siembra ($P<0.01$). El peso de las semillas de S fue mayor entre 10 a 23% más que lo producido por la accesión R en todos los tratamientos con monocultivos (Cuadro 11).

El cultivo redujo el número de semillas por pote a medida que aumentaba la densidad tanto de R como de S en la mezcla. No obstante, El cultivo mostró más número de semillas por pote que cuando estuvo con S en la mezcla 3 arroz:3 maleza (4% más), mientras que con R en los otros tratamiento en mezcla, tuvo más número de semillas por pote que S en 8 y 19% en las 6arroz:6maleza y 3arroz:9maleza, respectivamente (Cuadro 11). En todos los tratamientos en mezclas S produjo más semillas que R (entre 19 a 26%).

Se observó que el peso de las semillas por pote del cultivo en monocultivo y mezcla, tuvo similar disminución tanto en R como S, a medida que aumentaba la proporción de maleza en el pote (Figura 18A).

La accesión R cuando se comparó con su tratamiento en monocultivo redujo el número de semillas por pote en 48 y 22 en las mezclas de 9arroz:3R y 6arroz:6R, , respectivamente, mientras que a mayor densidad de R tuvo casi el mismo número de semillas por pote en monocultivo como en la mezcla (3arroz:9R). S mostró un detrimento de 50 y 12% para 9arroz:3S y 6arroz:6S, mientras que en la mezcla de alta proporción de maleza el tratamiento con 3arroz:9S produjo 7% más semillas por pote que el monocultivo (Figura 19A).

Número de semilla por planta

El número de semillas por planta en el cultivo (Figura 18B) y de las accesiones R y S (Figura 17B) en monocultivo fue menor a medida que aumentaba las densidades de siembra ($P<0.01$). Las semillas por planta de S pesaron más en todos los tratamientos en monocultivo que las de R (entre 10 a 21% más) $P<0.01$ (Cuadro 12).

En los tratamientos en mezcla, el cultivo redujo el número de semillas por planta en la medida que se incrementaba la densidad de la maleza (R y S), aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre estos tratamientos. La accesión S mostró un peso de semillas por pote estadísticamente similar a R en todos los tratamientos en mezcla (Cuadro 12).

La adición de 9 plantas de maleza en la mezcla (serie de reemplazo) produjo más reducción del número de semillas por pote que con 6 y 3 plantas/pote tanto para el cultivo como para las accesiones de maleza (Cuadro 12).

Al comparar el peso de las semillas por planta del cultivo en monocultivo y mezcla con R y S, se encontró que se redujo en 74, 63 y 57% en R y 73, 65 y 64 % en S, para las mezclas de 9arroz:3R, 6arroz:6R y 3arroz:9R, respectivamente, indicando que a medida que aumenta las plantas de malezas en la mezcla se reduce el número de semillas por pote del arroz (Figura 19B, Cuadro 12).

Las accesiones R y S, cuando se compararon con su tratamiento en monocultivo, en la mezcla 9arroz:3R, se encontró mayor número de semillas por planta que en el monocultivo (51% más), mientras que en los otros tratamientos se redujo el número de semillas por planta a mayor densidad de la maleza, encontrándose una reducción de 22% en R y 12% en S para 6arroz:6 malezas y 67% en R y 64% en S en la mezcla 3arroz:9malezas (Figura 20B, Cuadro 12).

La reducción del número de semillas por planta del cultivo de arroz y la maleza *I. rugosum* (R y S) maleza en la medida que aumentó la densidad en el pote puede ser atribuido al hacinamiento y al aumento de la interferencia intraespecífica, que se verifica cuando se relaciona el rendimiento reproductivo (semilla) con un aumento progresivo de la densidad, cuya respuesta por lo general es una curva parabólica (Sivertown, 1987). En tomate se encontró que al aumentar de 4 a 5,3 (plantas/m²) no se reflejó en un incremento de la producción de frutos (Carrillo *et al*, 2003), en maíz para forraje al acrecentar el número de plantas por metro después de 8 no mostró ningún efecto en la producción de semilla (Sánchez *et al.*, 2000) y en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp) presentó resultados que reflejan claramente la respuesta parabólica descrita por Sivertown (Pérez y Reyes 1991).

Cuadro 11. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey para el número semillas por pote de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Número de semillas por pote			
	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.95 DN		0.95 DN	
CME	0.66		0.51	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	32.12		26.12	
T1	872 cde		-	-
T2	1250 bc		-	-
T3	1454 abc		-	-
T4	1615 ab		-	-
T5	1643 a		-	-
T6	988 cde	1028 cd	111375 d	136913 cd
T7	543 def	505 ef	155588 bcd	195300 abc
T8	231 f	194 f	175050 bcd	235350 ab
T9	-	-	179486 bcd	231863 ab
T10	-	-	215100 abc	272475 a
T11	-	-	198675 abc	220725 ab
T12	-	-	174938 bcd	219938 ab
T13	-	-	158513 bcd	186525 bcd

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

Cuadro 12. Prueba de normalidad, análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey por planta para el número semillas por planta de la variedad de arroz SD20A y las accesiones *I. rugosum* (IR90G R) resistente y (IR143G S) susceptible a herbicidas sembradas en monocultivo y en mezcla entre ellas.

Tratamiento	Número de semillas por planta			
	Arroz		Maleza	
	IR90G R	IR143G S	IR90G R	IR143G S
P wilk Shapiro (W)	0.95 DN		0.95 DN	
CME	0.79		0.92	
P	<0.0001 **		<0.0001 **	
CV	23.97		27.57	
T1	872 a		-	-
T2	417 b		-	-
T3	242 c		-	-
T4	179 c		-	-
T5	137 c		-	-
T6	110 c	114 c	37125 def	45638 de
T7	90 c	84 c	25931 ef	32550 ef
T8	77 c	65 c	19450 f	26150 ef
T9	-	-	17363 f	19322 f
T10	-	-	23900 ef	30275 ef
T11	-	-	33113 ef	36788 def
T12	-	-	58313 cd	73313 c
T13	-	-	158513 b	186525 a

** Altamente significativo, * Significativo; DN Distribución Normal

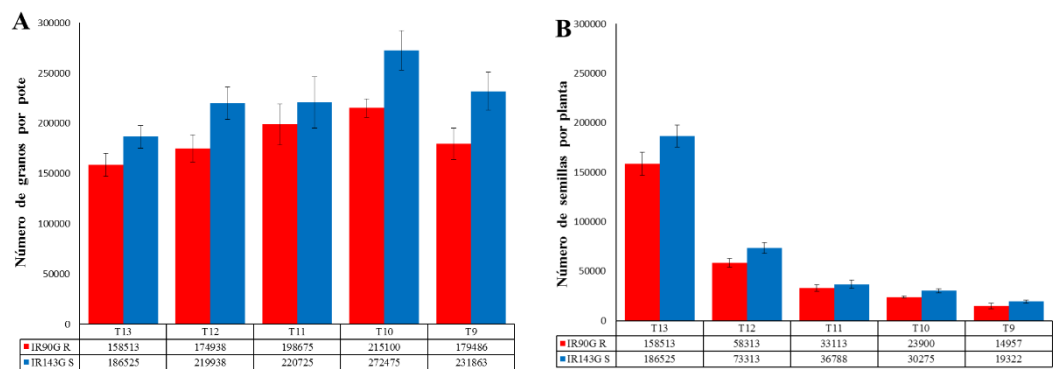


Figura 17. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible), sembrados en monocultivo donde T13, T12, T11, T10, T9 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente.

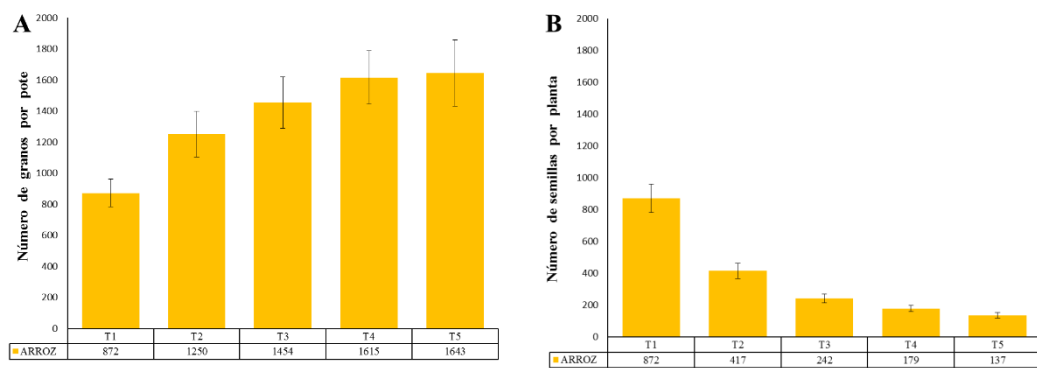


Figura 18. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrada en monocultivo donde T1 T2, T3, T4, y T5 representan las densidades (1, 3, 6, 9 y 12 plantas por pote), respectivamente.

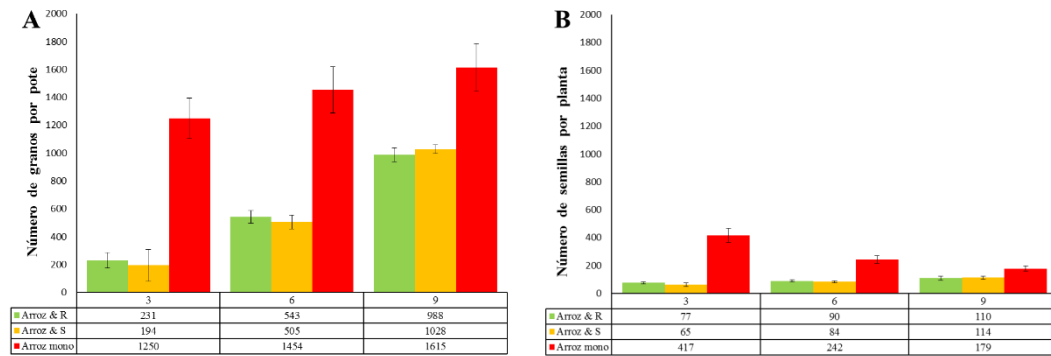


Figura 19. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de la variedad de arroz SD20A sembrada en mezcla con dos accesiones de *I. rugosum* (IR90G-S y IR143G-S) y en monocultivo. Donde 3 representa la mezcla T8 (3 arroz: 9maleza) con cada accesión y el monocultivo T2 (3 plantas de arroz), 6 representa a T7 (6:6) en mezcla y T3 (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a T6 (9:3) en mezcla y T4 (9 plantas) en monocultivo.

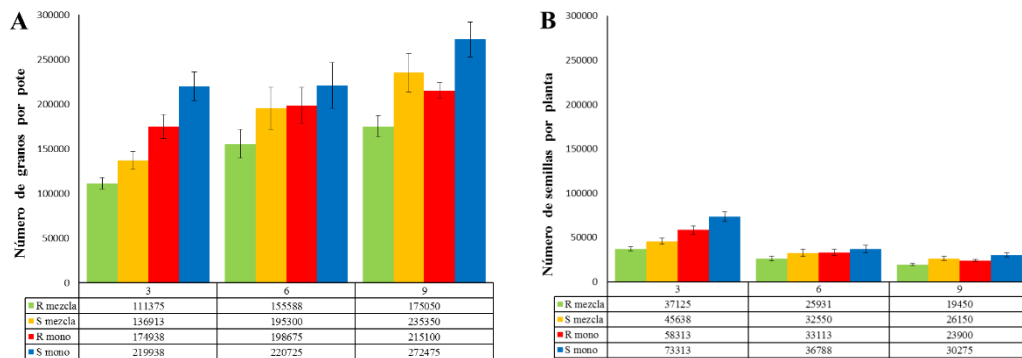


Figura 20. Número de semilla por pote (A) y por planta (B) de las accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) en mezcla y monocultivo. Donde 3 representa a cada accesión (9arroz: 3maleza) en mezcla con arroz T6 y T12 (3 plantas) en monocultivo, 6 representa a T7 (6:6) en mezcla y T11 (6 plantas) en monocultivo, 9 representa a T8 (9:3) en mezcla y T10 (9 plantas) en monocultivo.

Índice de cosecha, esfuerzo reproductivo y esfuerzo vegetativo

Bajo estas condiciones se pudo observar que existe una diferenciación en la producción de semilla generada partir de una cantidad de biomasa para cada especie. Mientras que el valor del índice de cosecha (IC) se acerque a uno, las proporciones semilla:biomasa se equiparán en peso, caso que se ve representado con T1, cuya planta de arroz creció sin ningún tipo de interferencia (Cuadro 13), los esfuerzos reproductivo y vegetativo (ER y EV) muestran que en condiciones sin interferencia, una planta de arroz, producirá en gramos de biomasa seca la misma cantidad de gramos en semilla.

En la paja rugosa estos índices se presentaron de forma diferente. La accesión R reflejó que la relación entre el peso de la biomasa y el peso de la semilla, sin interferencia (T13), derivó de forma que los recursos utilizados por la planta produjeron, tres veces más biomasa que semilla y la accesión S obtuvo una relación de dos a uno, resultados que infieren que la relación de peso entre la semilla y la biomasa es más equivalente en la accesión susceptible, S utiliza más recursos en la producción de semilla que R. Al analizar la respuesta el aumento de la densidad a través del índice de cosecha se evidencia como la interferencia influye en la distribución de los recursos de manera que al aumentar la densidad los recursos se redistribuyen favoreciendo la producción de biomasa

Cuadro 13. Índice de cosecha (IC), el esfuerzo reproductivo (ER) y esfuerzo vegetativo (EV) de la variedad SD20A en mezcla y monocultivo con dos accesiones de I. rugosum, IR90G(R) e IR143G(S)

	Arroz			IR90G			IR140G		
	IC	ER	EV	IC	ER	EV	IC	ER	EV
T1	0.99	0.49	0.51						
T2	0.27	0.21	0.79						
T3	0.13	0.11	0.89						
T4	0.09	0.08	0.92						
T5	0.06	0.06	0.94						
T6	0.08	0.07	0.93	0.13	0.11	0.89	0.14	0.12	0.88
T7	0.10	0.09	0.91	0.06	0.06	0.94	0.07	0.07	0.93
T8	0.19	0.16	0.84	0.04	0.04	0.96	0.04	0.04	0.96
T9				0.03	0.03	0.97	0.03	0.03	0.97
T10				0.04	0.04	0.96	0.04	0.04	0.96
T11				0.04	0.05	0.96	0.04	0.05	0.96
T12				0.11	0.10	0.90	0.15	0.13	0.87
T13				0.37	0.26	0.74	0.49	0.33	0.67

Relación Competitiva, Coeficiente de aglomeración e Índice de Agresividad

Biomasa área seca

Se observa que cuando los índices se calcularon con la biomasa seca de la mezcla de arroz con las accesiones R y S en la proporción 6arroz:6maleza (T7), se encontró que la relación competitiva (RC) de la accesión R y S fueron mayores que 1; el coeficiente relativo de aglomeración (CRA) de R y S fue mayor que de la variedad de arroz ($0,60R > 0,26$ y $0,60S > 0,39$) y el índice de agresividad (IA) de R y S fue mayores a cero ($0,17R > 0$ y $0,09 > 0$) (Cuadro 14), indicando que la accesión R es más agresiva que la variedad de arroz .

Al analizar los índices se evidencia que el RC e IA de R fueron mayores que los de S (Cuadro 14) por lo cual se infiere que R mostró mayor competencia con la variedad de arroz que S, considerándose más agresiva. Cuando se compara los pesos de

biomasa seca del arroz en mezcla con cada accesión; la mezcla con la accesión R presentó una mayor reducción (19,66g) que con S (23,06g) (Cuadro 7), por lo tanto se asume que la accesión S obtiene los recursos de manera diferente que el R cuando está en competencia con la variedad de arroz SD20-A.

Número de macollos por planta

Cuando se utilizó la variable número de macollos por planta, se encontró que los índices mostraron que la variedad de arroz fue más agresiva que R, mientras que S si demostró ser más competitiva que SD20A (Cuadro 14).

Echinochloa Crusgalli resistente y susceptible también presentaron índices equivalentes entre estas, donde las agresividades de las accesiones se equipararon (Bagavathiannan *et al*, 2011). Se puede observar que a esta densidad la producción de macollos de arroz estuvo reducida al mínimo, incluso el arroz en mezcla con S produjo más macollos que con R. La evaluación individual por planta (2-3macollos) y el número total por tratamiento (13-17macollos) (Cuadro 3), lo que llama poderosamente la atención debido a que ambas accesiones pareciera que ejercen el mismo efecto en el arroz incluso que R afecta más al arroz que S. Al hacer un análisis de la cantidad de macollos producidos por las accesiones R y S se observa que la accesión S produjo casi el doble de macollos que la accesión R (R 31macollos - S 50macollos) (Cuadro 3). Es evidente que existe una diferenciación en la capacidad de producción de macollos por parte de estas accesiones y esta diferencia se refleja a través de los índices (Cuadro 14). Mostrando que S posee una mayor capacidad de macollamiento respecto a R en un mismo espacio dado; sin que esto afecte de forma diferenciada la interferencia interespecífica con el arroz. En la Figura 21 (A y B) sobre rendimientos relativos de las accesiones R y S, se observa que la relación que establece S con el arroz se diferencia de la relación con R en la proporción (1:3 arroz:maleza). Es evidente que la interpretación de esa diferencia se refiere a que la interferencia intraespecífica en S es menos intensa que en R y que el aumento del número de macollos se debe a la capacidad de S de posicionarlos de modo que se aproveche el espacio más eficientemente, también es posible que estos macollos

fuesen más pequeños que los de R y por esta razón caben más, básicamente estas graficas están diseñadas para determinar si existe una diferenciación en los nichos donde las especies toman los recursos y como esto sucede a través de un gradiente espacio-temporal (Figura 21).

Es fácil corroborar como R y S producen la misma cantidad de macollos en los primeros 20 ddt, R detiene su producción y S se mantiene incorporando macollos al área por 20 ddt más, hasta los 40 ddt, diferencia que permite a S ser más eficiente que R. ¿Porque es capaz de macollar más días respecto a R?. Sería importante complementar este estudio con información que demuestre si existe diferencia en el tamaño y posicionamiento de los macollos, hojas y raíces, en este periodo de tiempo que le estuviesen permitiendo tener ventaja sobre R. *E. phyllopogon* es más eficiente que el arroz debido a que coloca sus raíces a una mayor profundidad (Boddy *et al*, 2012). Se hace evidente concluir que la accesión R comparte más nichos con el arroz que S, debido a la forma como se interfieren una con la otra y el hecho que su agresividad sea equivalente lo demuestra.

Número de hojas por planta

En la evaluación de los índices para la variable número de hojas por planta, se observó que R y S fueron más agresivas que el arroz (Cuadro 14), por otro lado R es más agresivo con la variedad de arroz que S, corroborándose al comparar el número de hojas de arroz producto de la interferencia con la accesión R (90hojas) respecto a la mezcla con S (105hojas) (Cuadro 5).

De manera general, los índices mostraron la existencia de una diferenciación en la interferencia interespecífica que ejercieron las accesiones respecto a la variedad de arroz SD20A, es evidente que la accesión R estableció interacciones de interferencia negativas mas acentuadas con el arroz que S, también se puede decir que S es una población que utiliza tiempos y espacios para obtener los recursos de una manera diferente que R.

Cuadro 14. Coeficiente relativo de aglomeración (CRA), relación competitiva (RC) e índice de agresividad (IA) de la variedad SD20A en mezcla con dos accesiones de *I. rugosum*, IR90G(R) e IR143G(S) para la variable peso de biomasa seca, número de macollo y número de hojas en la proporción 1:1.

Índices	Biomasa seca				Número de macollos				Número de hojas			
	Arroz-IR90G R		Arroz-IR143G S		Arroz-IR90G R		Arroz-IR143G S		Arroz-IR90G R		Arroz-IR143G S	
	Arroz	R	Arroz	S	Arroz	R	Arroz	S	Arroz	R	Arroz	S
(CRA)	0.26	0.60	0.39	0.60	0.39	0.39	0.59	0.78	0.28	0.50	0.43	0.51
(RC)	2.20	7.26	3.01	5.32	4.02	3.98	3.38	4.73	2.66	6.01	3.54	4.52
(IA)	-0.17	0.17	-0.09	0.09	0.00	0.00	-0.07	0.07	-0.11	0.11	-0.04	0.04

Serie de Reemplazo

Los rendimientos relativos (RR) y los rendimientos relativos totales (RRT) considerando a las variables biomasa seca, número de macollos y número de hojas (Figura 21), evidencian una respuesta en la interacción entre el cultivo y el *I. rugosum* que coincide en forma general con modelo III de serie de reemplazo, establecido por Harper, 1977 (Figura 1); indicativo de que el crecimiento de ambas especies fue deprimido por la competencia interespecífica. De esta manera, ninguna especie ganó a expensas de la otra, ambas presentaron reducciones significativas en la producción de estas variables. Sin embargo, es posible inferir, una diferenciación del efecto de interferencia interespecífica que ejerce cada especie sobre la otra, en el cual el efecto de la maleza sobre el arroz fue más acentuado que a la inversa y la relación de interferencia con la accesión R fue más intensa que con S.

Aseveración que se demuestra al observar las gráficas cuyas curvas de RR del arroz se presentan con una concavidad mucho más profunda respecto a la curva de RR de la maleza en ambas accesiones y para todas las variables analizadas.

En la proporción (3arroz:9maleza) los RR del *I. rugosum* presentan un efecto de reducción de la interferencia del arroz sobre maleza, que se muestra como una variación en el modelo donde los rendimiento teóricos representados por la línea

punteada, coinciden con los RR, dando a entender el arroz no ejerció ningún efecto de interferencia sobre la rugosa (Figuras 21A y C) accesión R. y un efecto donde la accesión S creció a expensas del arroz, haciendo ver que la interferencia interespecífica que ejerció la maleza sobre el arroz se presentó conforme a que esta ganó un componente de la mezcla a medida que el arroz lo perdió (Figuras 21B, D y F). Estas graficas intermedias o de transición entre los modelos IIa y III de Harper y la diferencia entre las curvas de RR del arroz con cada accesión dan a entender que S diversifica la obtención de recursos de una manera más versátil que R, por lo tanto S es más productivo que R y el arroz es menos interferido en combinación con S respecto a R.

Es evidente el hecho que una población o grupo de individuos que evolucionen hacia la resistencia implica un cambio en el genoma de estos, lo que no siempre es una realidad es que podamos determinar el alcance de este cambio genético y sus implicación en el ecosistema, sin embargo estudios como este, pueden ser muy reveladores y mostrar de cierta forma la dinámica en las poblaciones, como las especies en cuestión se van asemejando o diferenciando en el transcurso de los años debido a la presión de selección dentro de un agrosistema dado. Los resultados de ejercer presión en una población siempre van a generar cambios que se traducirán en una diferenciación del comportamiento de los biotipo expuestos, sin embargo como esta selección no tiene ninguna finalidad antrópica y es a discreción de la supervivencia del más apto, es de esperar que esta evolución, se diversifique hacia la generación de resistencia a herbicidas o derive a otras formas de supervivencia, siempre buscando escapar a los manejos del agrosistema establecido para la especie cultivada.

Esto también implica que en el transcurrir de los años la competencia sea cada vez más intensa, debido a que los recursos son suministrados a través de un paquete tecnológico poco variante, al cual las malezas se van mejorando indirectamente. Las barreras físicas y los manejos particulares de cada región permiten aumentar las posibilidades de que estas poblaciones se diferencien entre sí, y mientras más alejadas estén, existen mayores posibilidades que expresen un comportamiento de forma

diferenciada, más sin embargo esto no es garantía de un cambio en la respuesta fenotípica, por ejemplo: la evaluación del peso seco de dos biotipos de *E. crus-galli* resistentes a herbicidas (clomazone y propanil) a través de una serie de reemplazo mostró un comportamiento donde los biotipos resistentes se presentaron con una competitividad equivalente al biotipo susceptible (Bagavathiannan, *et al*, 2011), esto se puede interpretar de manera que cada biotipo resistente derivó de una susceptible común y la única diferencia entre estos es el gen de resistencia, posiblemente no estaban tan alejadas en su genoma, también se pudiese inferir que la presión de selección hacia un determinado paquete tecnológico asemeja poblaciones alejadas genéticamente o la expresión del peso de la biomasa seca no sea suficiente o el mejor indicador para determinar si existe una diferencia entre poblaciones supuestamente diferenciadas. Corroborando la idea, biotipos de *E. phylopogon* resistente y susceptible a herbicidas (tiobencarbo) en una serie de reemplazo contra una variedad de arroz mostraron a través del peso seco una competitividad equivalente (Boddy *et al*, 2012), de la misma manera que *E. crusgalli*. Sin embargo, la evaluación de peso seco de la raíz de *E. phylopogon* evidenció un efecto donde S superó a R y además promedió siete veces más peso seco producido en raíz que el arroz, colocando más profundo su raíz en comparación con el arroz, explicando cierta diferenciación de nicho entre las dos especies con énfasis en el biotipo susceptible

Es indiscutible entonces que una sola variable sea suficiente para hacer comparaciones contundentes, *I. rugosum* contra la variedad SD20A mostró un comportamiento para peso seco de la biomasa aérea donde ambas especies mostraron una interferencia marcada entre sí, no siendo ninguno de los casos expuestos anteriormente, sin embargo *E. phylopogon* evaluada por Boddy *et al.*, 2012, muestra que variables alternas complementan el estudio, en el caso de la paja rugosa al evaluar el número de macollos, se puede tener una mejor idea de las transformaciones y diferencias que se presentaron en las accesiones estudiadas. Ambos casos presentan diferencias marcadas respecto al efecto de la interferencia que se producen entre las especies, del mismo modo haciendo énfasis en que la accesión S supera en producción a R explicando la existencia de una diferenciación de nichos.

Evidenciando además que en los estudios analizados se repite el patrón donde el biotipo susceptible interfiere menos al arroz y posee mecanismos que le permiten obtener recursos de manera más eficiente que el resistente.

El caso de *E. crusgalli* es más complejo, se compararon poblaciones de la misma especie con resistencia diferenciada a herbicidas, en un análisis superficial del caso, era de esperarse que presentasen un comportamiento que equipara la interferencia al competir contra su par susceptible, tal vez se pudiesen encontrar diferencias ecológicas o diferenciación de nicho entre especies diferentes de *Echinochloa*. Para este estudio se hace evidente que la accesión (IR140G) evaluada no es un biotipo que pudiésemos llamar salvaje, es un biotipo cuyo mejoramiento indirecto seleccionó individuos con otros mecanismos de supervivencia que le permiten ser más eficiente que R en la obtención de los recursos, donde el proceso de presión de selección ha intensificado la diferenciación de nichos alejándolo sin lugar a dudas de su genética original. Por esta razón es obvio que el siguiente paso sería ver competir las accesiones de *I. rugosum* resistente y susceptible de este trabajo sin embargo en necesario evaluar la mayor cantidad de variables posible y así poder sumar en qué otras formas se han diferenciado.

En otro sentido se han establecido experimentos donde se ha evaluado la interferencia de dos cultivares de arroz y un cruce en F3 de la variedad de arroz Lemont y una línea que "suprime" a la maleza contra *E. cruz-galli*, la respuesta en peso seco de la biomasa aérea y el número de macollos de la progenie de este cruce no fue más competitivo que el cultivar "supresor" pero si más competitivo que Lemont (Gealy *et al*, 2005). La paja rugosa se ha transformado en uno de los problemas más importantes que se presentan en el país, es imperante que se incorporen este tipo de estudios a los planes de mejoramiento genético debido a la importancia de la información que generan, en este caso se evaluó la variedad comercial SD20A, quien no presentó una respuesta favorable al momento de competir con esta maleza, sin embargo, existen un gran número de variedades a ser evaluadas en busca de genes que permitan al arroz ser más competitivo en su desempeño en el campo.

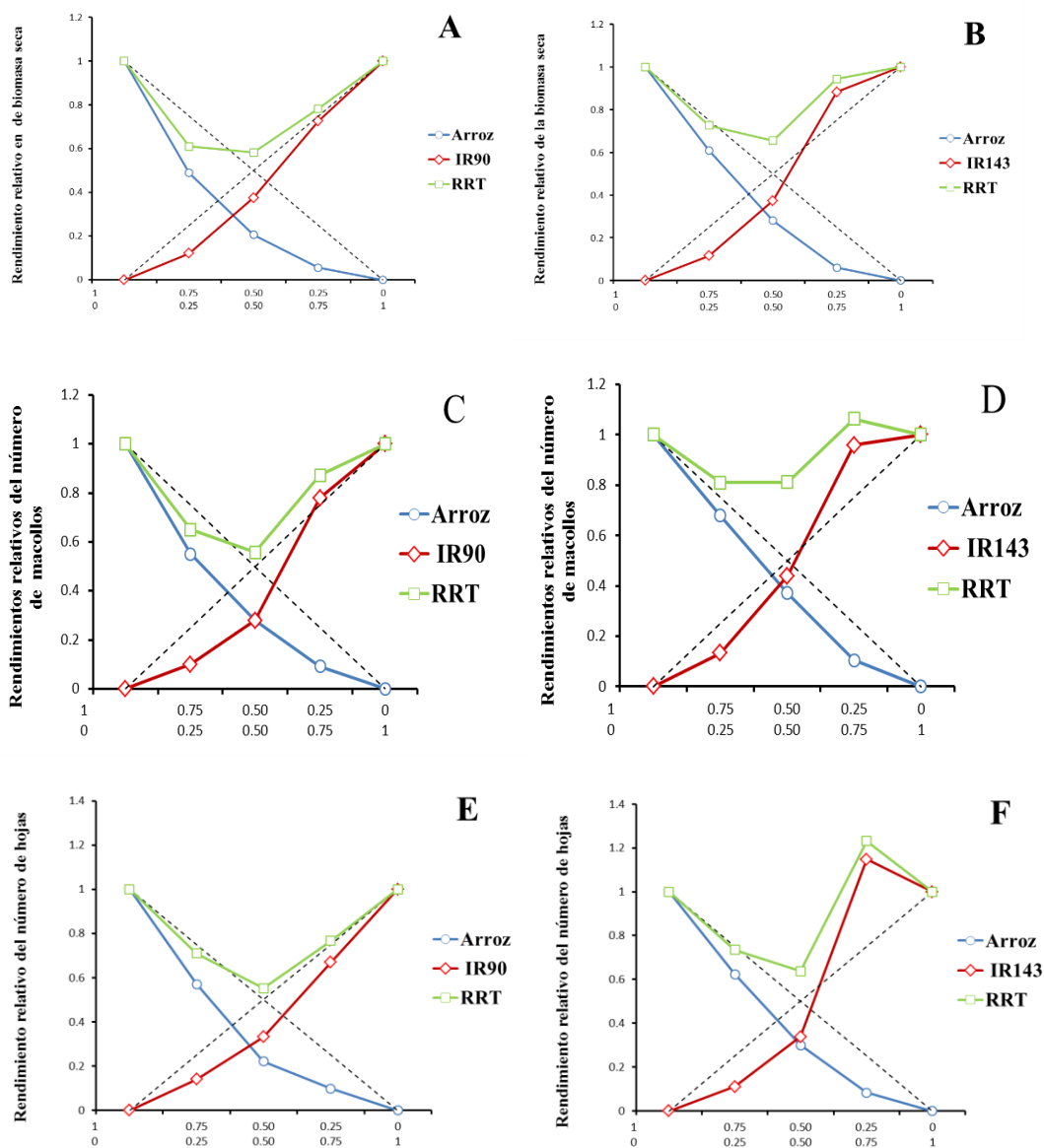


Figura 21. Diagramas de serie de reemplazo de los rendimientos relativos (RR) de la variedad de arroz SD20A y dos accesiones de *I. rugosum*, IR90G (resistente a herbicidas) e IR143G (susceptible) y el rendimiento total (RRT) para las variables (A) Biomasa seca arroz-IR90G(R); (B) Biomasa seca arroz-IR143G(S); (C) Número de macollos arroz-IR90G(R); (D) Número de macollos arroz-IR143G(S); (E) Número de hojas arroz-IR90G(R) y (F) Número de hojas arroz-IR143G(S). Los cálculos se realizaron con los datos de los tratamientos en mezcla por pote, uno (1) representa la proporción de arroz y maleza en monocultivo correspondiente a los tratamientos: T5 (12 pl arroz) y T9 (12 pl maleza); 0,75 de T6 (9 arroz); 0,25 de T6 (3 maleza); 0,50 de T7 (6 arroz: 6 maleza); 0,25 de T8 (3 arroz) y 0,75 de T8 (9 maleza).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de esta investigación se puede concluir que.

1. El reflejo de las interacciones intraespecíficas en los componentes biomasa seca, número de hojas y número de macollos, en el cultivo de arroz y maleza, se mostró conforme a lo esperado, determinado por un aumento progresivo de la productividad en el pote, hasta alcanzar un tope constante, y la producción individual por planta, disminuyó conforme se aumentó la densidad, premisa establecida por la ley de rendimientos finales constantes.
2. R y S siendo accesiones de la misma especie (*I. rugosum*), mostraron diferencias en la respuesta individual de cada accesión al aumento de la densidad en monocultivo, S en todas las variables estudiadas, tuvo mayor capacidad de soportar altas densidades que R, fue menos afectada por la interferencia intraespecífica, quizás por ser una planta más pequeña que ocupa menos espacio. También presentó una relación de biomasa semilla diferente, donde produjo $1/6$ menos de semilla por biomasa seca que R, estos resultados corroboran que R está diferenciada ecológicamente de S, por lo que son biotipos diferentes.
3. Las interacciones interespecíficas afectaron tanto al arroz como a la maleza en las proporciones de la mezcla (3:1) y (1:1), respectivamente. El arroz disminuyó la producción en la maleza, de la misma forma y en la misma proporción, que la maleza lo hizo en el arroz. accesiones, se puede ver que en la proporción (1:3) la interferencia mostró una respuesta diferenciada para cada accesión. R mostro una relación de interferencia mutua y equivalente, mientras que S creció a expensas del arroz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andersen, Alfredo. 2015 Evaluación y caracterización de malezas recolectadas en una zona nueva de producción de arroz en secano favorecido en el estado Barinas, Venezuela. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo Universidad Central de Venezuela, Maracay Aragua, 65.

Anzalone, A. y J. Cruz. 2004. Evaluación de la interferencia de *Amaranthus dubius* en un cultivo de maíz (*Zea mays*). Anales de Botánica Agrícola, 5-12.

Anzalone, A., Meléndez y A. Gámez. 2006. Evaluación de la interferencia de *Rottboellia cochinchinensis* sobre el maíz (*Zea mays* L.) a través de un método aditivo. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, 23:373-383.

Arana, G. 2010. Evaluación de la resistencia de accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb provenientes del estado Guárico al herbicida bispiribac-sodio en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L). Trabajo de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Maracay Aragua, 35.

Bagavathiannan, M., J. Norsworthy, P. Jha y K. Smith. 2011. Does resistance to propanil or clomazone alter the growth and competitive abilities of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Weeds Science, 3:353-358.

Baki, B., S. Suhaimi y A. Munir. 1995. Path analysis of two sympatric graminods (*Echinochloa crus-galli* ssp. *Crusgalli* (L.) Beauv. and *Ischaemum rugosum* Salisb.) in competition with rice (*Oryza sativa* L. var MR84). Asian Pacific Weed Science Society Conference. 546-556.

Begum, M., A. S. Juraimi, R. Amartalingum, S. R. Omar y A. Man. 2009. Effect of *Fimbristylis miliacea* competition with MR220 Rice in relation to different nitrogen levels and weed density. International Journal of Agriculture y Biology, 183-187.

Blanco, S. 2010. Evaluación de la resistencia de algunas accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb al herbicida bispiribac-sodio recolectadas en arrozales del estado Portuguesa. Trabajo de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Maracay Aragua, 57.

Bleasdale, J. A. 1967. Systematic designs for spacing experiments. Expl. Agrics., 3:73-85.

Carrillo, J. C., Jiménez, F., Ruiz, J., Díaz, G., Sánchez, P., Perales, C., & Arellanes, A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Agronomía Mesoamericana, 14(1), 85-88.

Christoffoleti, P. J. y P. Westra. 1994. Competition effects with mixes stands of wheat and kochia (*Kochia scoparia*) biotypes resistant and suseptible to acetolatasase synthase inhibitor herbicides.

Colinvaux, Paul A. 1980. Un modelo de competencia entre especies, que conduce al principio de exclusión o principio de Gause. Introducción a la Ecología. Mexico: Editorial Limusa. 23:375-387

Cousens, R. y M. O'Neill. 1993. Density dependence of replacement series experiments. *Oikos*, 66:347-352.

De Wit, CT. 1960. On competition. *Veslag Landouwkundige Orderzoek*, 66:1-82.

Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advan. Agron.*, 15:1-118.

Espinosa, Zambrano. C. y H. 2004. Evaluación de la resistencia de accesiones de *Echinochloa colona* Link al fenoxaprop-petilo en arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de diferentes localidades del estado Portuguesa. Memorias del XI Congreso de Malezas UNET . San Cristóbal Táchira, 131.

FEDEAGRO. 2016 Estadísticas Agropecuarias. Disponible en línea: www.fedeagro/produccion/rubros.asp. (Consultado Junio 2017).

Ferguson, J. E., Cardozo, C. I., & Sánchez, M. S. (1992). Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. *Pasturas tropicales*, 14(2), 14-22.

Fischer, A. J., C.G. Messersmith, D. J. Nalewaja, and M.E. Duysen. 2000. Interference between spring cereals an *Kochia scoparia* related to environment and photosntetic pathways. *Agron. J.*, 92:173-181.

Fischer, A. 2009. La interferencia malezas-cultivo: algunas técnicas para su investigación. En: Curso de actualización en metodologías para la investigación y el desarrollo tecnológico en la ciencia de las malezas. En *El Malezólogo*, de A. Ortiz, A. Anzalone, 11-38. Barquisimeto Lara: Edición especial Sociedad Venezolana para el combate de las malezas (SOVECOM).

Fischer, R. A., R. E. Miles. 1973. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Math. Biosci*, 18:335-350.

Garzón, J., C. Oyuela, A. Salive, y H. Castro. 2000. Efectos de la competencia natural de *Leptochloa virgata* (L.) Beauv en un cultivo comercial de arroz. *Revista COMALFI*, 15-19.

Gealy, D., L. Estorninos, E. Gbur y R. Chavéz. 2005. Interference interactions of two rice cultivars and their F3 cross with bardsgrass (*Echinochloa crus-galli*) in a replacement series study. *Weed Science*, 323-330.

Ghaffar, Z. y A.K. Watson. 1983. Effect of corn population on the growth of yellow nutsedge. *Weeds Sci*, 31:588-592.

Gil, F., V. Lazo y E. Medina. 2004. Evaluación de la interferencia entre *Cyperus rotundus* y *Zea mays* L. mediante el uso de series de reemplazo. *Anales de Botánica Agrícola*, 13:37-47.

Gómez, K. A. y A. A. Gómez. 1984. *Statistical procedure for agricultural research*. London: Jhon Wiley and Son,

Harper, J. 1977. *Population biology of plants*. London: Academic Press.

Jolliffe, P. A. Minjas, V. Runeckles. 1984. A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. *J. Appl. Ecol*, 21:227-243.

Juraimi, A. S., M. Y. Mohamad Najib, M. Begum, A. R. Anuar, M. Azmi and A. Puteh. 2009. Critical period of weed competition in direct seeded rice under saturated and flooded conditions. *Pertanica J Trop. Agric.*, 305-316.

Margalef, R. 1977. *Ecología demográfica Ecología*. Barcelona: Ediciones Omega. 5:655-676.

Matheus, R. 2010. Evaluación de la resistencia de poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida profoxidim, provenientes de del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L) del sistema de riego Río Guárico (SRRG) y sus adyacencias. Trabajo de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Maracay Aragua, 40.

Medina, B. 2012. Evaluación de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida propanil utilizado en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. Tesis de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Maracay Aragua, 56.

Meed, R.W., B.A. Auld, D.R. Kemp, R.D. Murrison. 1985. The influence of wheat density and spatial arrangement on manual ryegrass, *Lolium rigidum* Gaudin competition. *Aust. J. Agric. Res*, 36:361-367.

Miles, Fisher R. A. and R. E. 1973. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. *A teoretical analysis Math Biosci*, 18:335-350.

Moreno, J. 2010. Evaluación del índice de resistencia de poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida profoxidim recolectadas en el estado Portuguesa. Trabajo de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Maracay Aragua, 44.

Munene, J., J. Kinyamario, N. Holst. and J. Mworio. 2008. Competition between cultivated rice (*Oryza sativa*) and wild rice (*Oryza punctata*) in Kenya. African Journal of Agriculture research, 605-616.

Nelder, J. A. 1962. New kinds of systematic designs for spacing experiments. Biometrics, 18:283-307.

Ortiz, A. 2005. Efecto de períodos de interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes en las variedades de arroz ZETA 15 y FONAIAP 2000. Agronomía Tropical, 7-34.

Ortiz, A., D. Torrealba, S. Fazio. 2004. El tiempo de interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento de las variedades Cimarrón y FONAIAP. Agronomía Tropical, 293-308.

Ortiz, A., J.P. Moreno, R. Matheus, L. López-Mendez, S. Torres, C. Zambrano, Y. Quintana, P. Pérez y A. Fischer. 2015. Estado actual de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida profoxidim en Venezuela. Revista de la Facultad de agronomía de la Universidad del Zulia, 32:21-44.

Ortiz, A., S. Blanco, G. Arana, L. López, S. Torres, Y. Quintana, P. Pérez, C., Zambrano, y A. Fischer. 2013. Estado actual de la resistencia del *Ischaemum rugosum* Salisb. al herbicida bispiribac-sodio en Venezuela. Bioagro, 79-89.

Páez, O. 2004. Zonas y sistemas de producción en Venezuela. En: El Cultivo de arroz en Venezuela. Ed. O. Páez y A. Romero. Serie Manuales de Cultivo. Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA). 23-26.

Palencia, D. 2012. Evaluación de la resistencia de accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida clomazone (480g/l) recolectadas en arrozales de Venezuela. Tesis de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Maracay Aragua, 31.

Patterson, D.T. y M.T. Highsmith. 1989. Competition of spurred amoda (*Anoda cristata*) and velvetleaf (*Avutylon theopasti*) with cotton (*Cossypium hirsutum*) during simulated drought and recovery. Weeds Science 37:658-664.

Pérez, A., & Reyes, M. I. 1989. Influencia de la densidad de siembra sobre la producción de semillas de *Lablab purpureus* cv. Rongai. Pastos y Forrajes, 12(2).

- Pérez, A., y Reyes, M. I. 1991. Influencia de la densidad de siembra sobre la producción de semillas de *Vigna unguiculata*. Pastos y forrajes, 14(3).
- Radosevich, S. R. 1987. Methods to study interactions among crop and weeds. Weeds Technology 1:190-198.
- Radosevich, S. R., y J.S. Holt. 1984. Weed Ecology . New York: Wiley, J and Sons,
- Radosevich, S., J.S. Holt, C.M. Ghersa. 2007. Ecology of invasive plants relationships to agriculture and natural resource management. NJ: Wiley Hoboken,
- Rico, G. 2008. Adecuación de suelos para la siembra de arroz. *Taller sobre manejo integrado del cultivo de arroz en Venezuela*. Calabozo Guárico, 80p.
- Rivera, J., R. Cabrales, R. Montoya. 2007. Efecto de la densidad poblacional de caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* L. SW Clayton). Temas Agrarios, 201-209.
- Rodríguez, J. 2013. Evaluación del control con el herbicida fenoxaprop-p-etil de algunas accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., provenientes de arrozales de Venezuela. Tesis de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Maracay Aragua, 45.
- Sánchez, D. G. R., Mascorro, A. G., & Amaya, J. S. C. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana, 23(1), 37-47.
- Sevilla, G. H., Pasinato, A. M., & García, J. M. 2002. Producción de forraje y densidad de plantas de alfalfa irrigada comparando distintas densidades de siembra. Arch Latinoam Prod Anim, 10(3), 164-170.
- Schweitzer, E., Bridge. 1982. Sunflower (*Helianthus annuus*) and velvetleaf (*Abutilon theopasti*) interference in sugarbeets (*Beta vulgaris*). Weeds Science, 30:514-519.
- Silvertown, J.W. 1987. Introduction to plant population ecology. Ed. Longman Harlow Essex,
- Sinfuentes, R. 2012. Evaluación de la resistencia al herbicida pyribenzoxim en accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb provenientes de arrozales venezolanos. Tesis de grado Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Maracay Aragua, 32.
- Taccarelli, A. 2011. Evaluación de la resistencia de algunas poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb al herbicida imazapir+imazetapir recolectadas en arrozales de Venezuela. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo Universidad Central de Venezuela, Maracay Aragua, 41.

Valverde, B. Heap, I. 2010. Seminario Internacional Diagnostico y Manejo de La Resistencia a Herbicidas. Disponible en linea: www.resistenciaaherbicidas.cl/seminario/PDF. (Consultado 30 de 06 de 2016).

Van Esso, M.C., Ghersa A. Soriano. 1986. Cultivation effects on the dynamics of a johnson grass seed population in the soil profile. *Soild and Tillage Research*, 325-335.

Wall, D. A. 1993. Comparison of green foxtail (*Setaria viridis*) and wild oat (*Avena fatua*) growth, development and competitive ness under trhee temperature regimes. *Weeds Science*, 41:369-378.

Walter, R.H. y Buchanan, G. A,. 1982. Crop manipulation in integrated management systems. *Weeds Science*, 30:17-24.

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de media t para los índices de la competencia relativa de la biomasa seca de la mezcla en la proporción 2:2

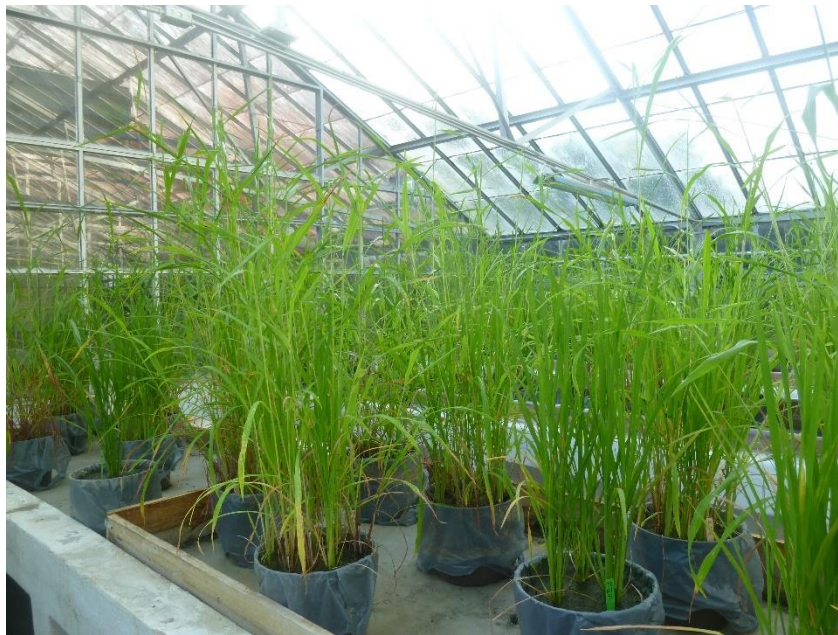
	Arroz vs IR90		Arroz vs IR143		IR90 vs Arroz		IR143 vs Arroz	
	t	Prob.	t	Prob.	t	Prob.	t	Prob.
Rendimiento relativo (RR)	12.46	<0.0001	12.82	<0.0001	8.42	0.0001	12.09	<0.0001
Relación competitiva (RC)	7.90	0.0001	11.73	<0.0001	10.19	<0.0001	11.26	<0.0001
Índice de agresividad (IA)	-3.67	0.0105	-2.84	0.0252	4.35	0.0034	2.84	0.0252
Coficiente relativo de aglomeración (CRA)	-3.30	0.0131	3.34	0.0124	-2.47	0.0428	2.47	0.0428

Anexo 2. Prueba de media t para los índices de la competencia relativa del número de macollos de la mezcla en la proporción 2:2

	Arroz vs IR90		Arroz vs IR143		IR90 vs Arroz		IR143 vs Arroz	
	t	Prob.	t	Prob.	t	Prob.	t	Prob.
Rendimiento relativo (RR)	15.38	<0.0001	16.49	<0.0001	8.54	0.0001	13.78	<0.0001
Relación competitiva (RC)	14.47	<0.0001	9.48	<0.0001	12.18	<0.0001	10.27	<0.0001
Índice de agresividad (IA)	0.57	0.5924	-1.67	0.1468	-0.57	0.5924	1.67	0.1468
Coficiente relativo de aglomeración (CRA)	0.09	0.9338	-0.18	0.8603	-1.6	0.1607	1.6	0.1607

Anexo 3. Prueba de media t para los índices de la competencia relativa del número de hojas de la mezcla en la proporción 2:2

	Arroz vs IR90		Arroz vs IR143		IR90 vs Arroz		IR143 vs Arroz	
	t	Prob.	t	Prob.	t	Prob.	t	Prob.
Rendimiento relativo (RR)	9.23	0.0001	7.92	0.0001	18.63	0.0001	13.27	0.0001
Relación competitiva (RC)	14.16	0.0001	7.12	0.0002	14.56	0.0001	10.27	0.0001
Índice de agresividad (IA)	-6.55	0.0006	-0.86	0.4176	6.55	0.0006	0.86	0.4176
Coefficiente relativo de aglomeración (CRA)	-3.33	0.0159	-0.46	0.6627	6.87	0.0005	0.46	0.6627



Anexo 4. Invernadero de vidrio donde se condujo el experimento



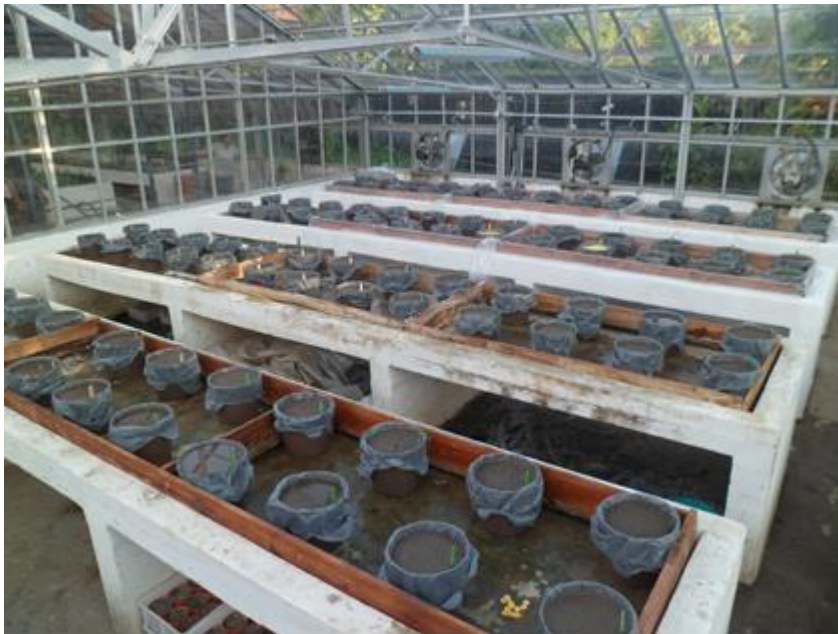
Anexo 5. Detalle de tratamiento en mezcla



Anexo 6. Forma como se recolecto la semilla de *I. rugosum* y momento de cosecha



Anexo 7. Detalle del proceso de recolección de datos



Anexo 8. Arreglo en cuadrícula completamente aleatorizado dentro del invernadero