

Competencia inter-específica entre el pasto invasor *Paspalum fusciculatum* y cuatro especies de gramínea comúnmente utilizadas en sistemas de pastoreo en Puerto Rico

Por:

Jesús Josué Seguí Cruz

Tesis sometida en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Biología

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2018

Aprobado por:

Wilfredo Robles, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Jaime Acosta Martínez, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Jeanine Vélez Gavilán, M.S.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Raul Macchiavelli, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Rocío Zapata, M.S.
Representante, Estudios Graduados

Fecha

Ana Vélez, Ph.D.
Directora Interina, Departamento de Biología

Fecha

ABSTRACT

Grasses play an important role in the proper functioning of terrestrial ecosystems, as well as worldwide economic systems. Within these systems, the production of high quality forages for the nourishment and support of livestock is of great importance. It is because of this that the species of grass chosen for foraging is of the best available quality possible. *Paspalum fasciculatum*, better known as Venezuela grass or Mexican crowngrass is a perennial grass considered an invasive, undesirable grass species for forage production. In contrast, perennial grasses of good foraging quality, such as those found within the genera *Urochloa* and *Chloris*, are commonly used to produce high quality forages and hay. These latter species possess adaptations that could help them compete against Venezuela grass. The purpose of this study is to evaluate interspecific competition between Venezuela grass and four species of grasses commonly used for hay production and foraging in Puerto Rico. To assess this, we established two experiments in the Experimental Agricultural Station of Isabela, in Puerto Rico. For the first experiment, we evaluated which of four grasses, *Urochloa brizantha* cv Piatã, *Urochloa decumbens*, *Urochloa* hybrid “Cayman” and *Chloris gayana*, would compete better against Venezuela grass. We evaluated nine treatments, of which five of the treatments were monocultures of Venezuela grass, *U. brizantha* cv Piatã, *U. decumbens*, *Urochloa* hybrid “Cayman” and *C. gayana*, while the other four treatments were a mixed crop composed of one of the four forage grasses and Venezuela grass. For the second experiment, we selected the best competing grass from the results of the first experiment and planted it with Venezuela grass in five different treatments of varying proportions of plants. Of the four grasses we evaluated, *C. gayana* demonstrated greater competitive inhibition and physical displacement when planted together with Venezuela grass. This effect was observed for both experiments. Factors such as rapid growth rate, abundant production of stolons and biomass were

beneficial for its competitive inhibition of Venezuela grass. We recommend that for areas invaded by Venezuela grass, a treatment considering both the removal of the plant and its replacement with a species of grass with potential benefits, such as high biomass production or erosion control, be used to reduce the chances of future colonization of Venezuela grass on previously invaded plots.

RESUMEN

Las gramíneas ejercen un rol muy importante, tanto en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, como en los sistemas económicos mundiales. Dentro de estos sistemas, la producción de forraje de alta calidad para la alimentación y la buena subsistencia del ganado herbívoro es de suma importancia. Es por esto que es de gran interés que las especies de gramíneas seleccionadas para este propósito sean de la mejor calidad posible. *Paspalum fasciculatum*, mejor conocida como la yerba venezolana o “Mexican crowngrass”, es considerada una gramínea no deseable en cultivos de forraje. Por el contrario, gramíneas forrajeras de buena calidad, como aquellas dentro del género *Urochloa* y *Chloris*, son comúnmente utilizadas para la producción de heno de alta calidad. Estas últimas especies poseen adaptaciones que podrían ayudarles a competir contra la gramínea invasora *P. fasciculatum*. Esta investigación busca documentar si existe competencia interespecífica entre la yerba venezolana y cuatro gramíneas forrajeras de uso común en sistemas de pastoreo en Puerto Rico. Para esto, se establecieron dos experimentos agrícolas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela. En el primer experimento se evaluó cuál gramínea forrajera, de entre la selección de gramíneas comúnmente utilizadas en sistemas de pastoreo, competía mejor con la yerba venezolana. Se evaluaron nueve tratamientos, de los cuales cuatro tratamientos fueron una siembra mixta entre una de las especies cultivadas *Urochloa brizantha* cv Piatã, *Urochloa decumbens*, *Urochloa* híbrida “Cayman” o *Chloris gayana* y la yerba venezolana. El segundo experimento tomó en consideración la gramínea forrajera mejor competidora a diferentes densidades de siembra. De las cuatro gramíneas forrajeras evaluadas, *C. gayana* demostró una mayor inhibición competitiva y desplazamiento físico de la yerba venezolana. Este efecto se observó en ambos experimentos. Factores como crecimiento rápido, abundante producción de estolones y alta producción de biomasa fueron beneficiosas a su inhibición

competitiva de la yerba venezolana. Es por esto que se recomienda que, para áreas invadidas de la yerba venezolana, se considere un tratamiento en el que se remueva la yerba venezolana y se reemplace con una especie de gramínea de potenciales beneficios, tales como alta producción de biomasa o control de erosión, de tal manera que se reduzcan las posibilidades de recolonización de la yerba venezolana en predios previamente invadidos.

© Jesús Josué Seguí Cruz, 2015

Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

Durante el tiempo por el que me he permitido caminar el camino del estudiante graduado, admito que me he encontrado frente a muchas dificultades y varias verdades difíciles. La que tal vez me fue más difícil de aceptar, al menos en el momento en el que ocurrió, fue aquella que me llegó de sorpresa cuando, a menos de un año de admitido al programa recibí, por sorpresa, una carta de mi (en ese entonces) consejero, el Dr. Jarrod Thaxton. En la carta, él me explicaba en un tono algo triste que iba en busca de nuevas oportunidades y retos, y que eso, en pocas palabras, significaba que me iba a quedar solo. El trabajo de un año, de pronto valía nada.

Fueron tiempos inciertos. No fue hasta más tarde, y con el apoyo de varias personas, quienes estoy seguro que al leer estas palabras se reconocen entre sus memorias, que encontré a quien sería mi actual consejero, el Dr. Wilfredo Robles. Nuestra primera reunión, recuerdo, fue interesante. Me acuerdo que me dijo que tenía varios proyectos en mente, todos relacionados a la agricultura, pero que tenía un proyecto del que creía que me podría gustar participar. Cuando me explicó su proyecto, no tuve más que buscar. De nuevo tenía un camino. Lo demás, es historia, y una que está en gran parte escrita entre estas páginas, con tinta hecha de sudor y café.

En resumidas cuentas, me parece que el agradecimiento más grande de mi tesis, su dedicatoria, la merecen dos personas que han impactado grandemente mi vida. Estas dos personas, directa o indirectamente, han sido las dos personas más importantes para mi desarrollo como graduado, y lo son el Dr. Jarrod Thaxton y el Dr. Wilfredo Robles. Al Dr. Thaxton, le estaré siempre agradecido por enseñarme casi todo lo que sé de ecología. Además de lo que me enseñó en su salón de clase, igual le agradezco el que me haya dejado con una gran lección de vida: y es que no existe cosa segura dentro de este mundo tan versátil. Sobre nosotros, y únicamente sobre

nosotros, cae la responsabilidad de hacer lo que tengamos que hacer para disfrutar del poco tiempo que tenemos. Después de todo, nadie garantiza que algo perdure.

Por último, pero para nada menos importante, quisiera agradecerle al Dr. Robles. Le agradezco porque, sabiéndolo o no, abrió en mi mente todo este nuevo mundo. Me permitió acercarme al arte de la agricultura, a ayudar a resolver sus problemas usando mis conocimientos de Biología y, puede que más importante aún, encendió en mí una pasión por la siembra. Siempre estaré de acuerdo con una cosa que me mencionó durante nuestra primera reunión. Dudo que se acuerde, pero me dijo una verdad, y es que debería haber más colaboración entre la biología y la agricultura porque, después de todo, la agricultura es biología aplicada. Más importante aún, le agradeceré eternamente el que, aún sin conocerme bien, me diera la oportunidad de ser su estudiante. Por estas razones, siempre le estaré agradecido.

...y a mi esposa, por todo lo demás. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a las personas y entidades gracias a las cuales este trabajo pudo materializarse. Primero, quisiera agradecer al Departamento de Agricultura de Puerto Rico quienes, bajo el proyecto FIDA 21, proveyeron los fondos utilizados para llevar a cabo esta investigación. Igualmente, quisiera agradecer al agrónomo Efraín Cancel por su ayuda en el montaje y mantenimiento del área experimental, además de por su gran ayuda en el trabajo de campo. Asimismo, agradezco a todos los empleados de la Estación Experimental Agrícola de Isabela y Corozal, quienes siempre felizmente me ofrecieron su ayuda durante la realización de las distintas etapas de este proyecto. A los bibliotecarios de la Estación Experimental Agrícola en Río Piedras, les quiero agradecer por su tiempo y ayuda para encontrar literatura “escondida” acerca de la yerba venezolana. Por último, pero para nada menos importante, me gustaría agradecer a las personas que me ayudaron a coleccionar datos en el campo, a Elizabeth Cruz, Juan Seguí, Cecillanne Tirado y Keishla Plaza, quienes aun conociendo la dificultad del trabajo de campo, incondicionalmente me ofrecieron su ayuda en los muestreos, fuese bajo sol candente o lluvia. En especial, quisiera agradecerle a mi esposa, Cecillanne Tirado, por haberme ayudado a buscar la yerba venezolana por casi todo Puerto Rico. A todos ustedes, les estoy agradecido.

TABLA DE CONTENIDO

Abstract.....	ii - iii
Resumen	iv - v
Dedicatoria	vii - viii
Agradecimientos	ix
Tabla de Contenido.....	x - xi
Listado de Figuras	xii - xiii
Listado de Cuadros.....	xiv - xvi
Introducción	1 - 2
Revisión de Literatura	3 - 18
Objetivos	19
Metodología	20 - 35
Descripción de la localidad experimental.....	20
Propagación de las plántulas en el invernadero utilizadas en cada experimento....	21 - 23
Experimento #1	23 - 31
Experimento #2	31 - 35
Resultados	36 - 44
Experimento #1	36 - 41
Experimento #2	42 - 44
Discusión	45 - 62
Experimento #1	45 - 56
Experimento #2	57 - 62
Conclusiones.....	63 - 66
Literatura Citada	67 - 71

Apéndice	72 - 79
Experimento #1	72 - 76
Experimento #2	77 - 79
Tablas de ANAVA Experimento #1	80 - 91
Tablas de ANAVA Experimento #2	92 - 106

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de la yerba venezolana en varias localidades en Puerto Rico. Mapa obtenido de OpenStreetMap© y procesado utilizando QGIS.

Figura 2. Localización de la Estación Experimental Agrícola de Isabela en Puerto Rico.

Figura 3. Plántulas de la yerba venezolana (A) y la gramínea forrajera “Cayman” (B) creciendo en tiestos de 10 cm en un vivero dentro de la Estación Experimental Agrícola en Isabela.

Figura 4. Tanque comercial de 50 galones marca Rubbermaid® utilizado como unidad experimental para evaluar los tratamientos.

Figura 5. Arreglo de tanques dentro del área experimental en la Estación Experimental Agrícola de Isabela.

Figura 6. Siembra tipo monocultivo de *Urochloa* híbrida Cv. “Cayman” (A) y cultivo mixto de pasto rhodes y la yerba venezolana (B).

Figura 7. Arreglo de tratamientos en los bloques establecidos dentro el área experimental de la Estación Experimental Agrícola de Isabela.

Figura 8. Localización del área experimental utilizada dentro de la Estación Experimental Agrícola de Isabela en Puerto Rico.

Figura 9. Tanques experimentales luego de la remoción de follaje de cada planta.

Figura 10. Localización de cada tratamiento dentro de los bloques establecidos en el área experimental de la Estación Experimental Agrícola de Isabela.

Figura 11. Productividad relativa de la yerba venezolana en tratamientos mixtos para la primera y segunda cosecha de biomasa por encima del suelo.

Figura 12. Productividad relativa de la yerba venezolana en tratamientos mixtos con pasto rhodes para la primera y segunda cosecha de biomasa por encima del suelo.

Figura 13. Cultivo mixto de la yerba venezolana y pasto rhodes (tratamiento 2R:1V).

Figura 14. Acumulación de hojarasca muerta en la base del macollo de pasto rhodes en monocultivo.

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos experimentales para el primer experimento.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos experimentales para el segundo experimento.

Cuadro 3. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la primera cosecha, a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 4. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la segunda cosecha, a los 105 días después de la siembra.

Cuadro 5. Resultados muestras de calidad del forraje para monocultivos en la primera cosecha.

Cuadro 6. Resultados muestras de calidad del forraje para pasto rhodes en cultivos mixtos en la primera y segunda cosecha.

Cuadro 7. Resultados muestras de calidad del forraje para la yerba venezolana en cultivos mixtos en la primera cosecha.

Cuadro 8. Resultados muestras de calidad del forraje para monocultivos en la segunda cosecha.

Cuadro 9. Resultados muestras de calidad del forraje para la yerba venezolana en cultivos mixtos en la segunda cosecha.

Cuadro 10. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la primera cosecha, a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 11. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la segunda cosecha, a los 105 días después de la siembra.

Cuadro 12. Medidas de resumen para monocultivo de Cayman.

Cuadro 13. Medidas de resumen para monocultivo de Decumbens.

Cuadro 14. Medidas de resumen para monocultivo de Piatã.

Cuadro 15. Medidas de resumen para monocultivo de pasto rhodes.

Cuadro 16. Medidas de resumen para monocultivo de la yerba venezolana.

Cuadro 17. Medidas de resumen para cultivo mixto de Cayman creciendo junto a la yerba venezolana.

Cuadro 18. Medidas de resumen para cultivo mixto de Decumbens creciendo junto a la yerba venezolana.

Cuadro 19. Medidas de resumen para cultivo mixto de Piatã creciendo junto a la yerba venezolana.

Cuadro 20. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana.

Cuadro 21. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la primera cosecha.

Cuadro 22. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la segunda cosecha.

Cuadro 23. Medidas de resumen para monocultivo de pasto rhodes.

Cuadro 24. Medidas de resumen para monocultivo de la yerba venezolana.

Cuadro 25. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana en proporción 1:1.

Cuadro 26. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana en proporción 1:2.

Cuadro 27. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana en proporción 2:1.

Cuadro 28. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la primera cosecha.

Cuadro 29. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la segunda cosecha.

Cuadro 30. Resultados Análisis del Suelo de la Estación Experimental Agrícola de Isabela.

INTRODUCCIÓN

Las gramíneas constituyen una de las familias de plantas más importantes y cosmopolitas del mundo, pues estas ejercen un rol muy importante, tanto en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, como en los sistemas económicos mundiales (Giraldo-Cañas, 2010). Las gramíneas ocupan un primer lugar en importancia desde el punto de vista económico, pues de algunas de estas especies provienen productos tan imprescindibles como los cereales, el azúcar, la celulosa para fabricación de papel, materiales de construcción y el forraje para el ganado herbívoro (Giraldo-Cañas, 2010). Este último producto es de particular interés en los sistemas de producción ganadera, pues la producción de forraje de alta calidad mejora la eficiencia de la alimentación y promueve la buena conservación del ganado herbívoro. Es por esto que es de gran interés que las especies de gramíneas cultivadas con este propósito sean de la mejor calidad posible. Esto incluye el reemplazo de especies de inferior palatabilidad o calidad nutricional con especies de calidad superior.

Pocos trabajos se han publicado acerca del efecto obtenido al utilizar el concepto de competencia entre especies de gramíneas forrajeras deseables y no deseables como una herramienta en el manejo de estas malezas en fincas agrícolas. *Paspalum fasciculatum* Willdenow ex Flügge mejor conocida como la yerba venezolana en Puerto Rico, es considerada una gramínea no deseable por poseer cualidades tales como: crecimiento rápido y robusto, poca palatabilidad y un bajo contenido de proteína cruda y energía, por lo que se ha convertido en una planta no deseable en cultivos de forraje en Puerto Rico (Rodríguez-Domínguez, 2006). En contraste, especies forrajeras de buena calidad, como aquellas dentro de los géneros *Urochloa* y *Chloris* son comúnmente utilizadas en la producción de heno y ensilaje (Peters et al., 2010). Algunas de estas especies son preferibles a la yerba venezolana, por lo que su posible uso para mitigar el desarrollo

de la yerba venezolana en lugares invadidos por esta gramínea pudiera ser de mucha utilidad. Esta idea constituye entonces un posible primer paso en el control de la yerba venezolana, incluyendo igualmente una posible disminución de su abundancia en terrenos invadidos.

En este trabajo se busca comprender si existe competencia interespecífica entre la yerba venezolana y las cuatro gramíneas forrajeras: *Urochloa brizantha* cv Piatã, *Urochloa decumbens*, *Urochloa* híbrida “Cayman” y *Chloris gayana*, especies de uso común en sistemas de pastoreo en Puerto Rico. Esto se realizó con el propósito de encontrar si existe un efecto negativo de la competencia entre estas gramíneas sobre el crecimiento y desarrollo de la yerba venezolana, tal cual que pueda inhibir su crecimiento y ayudar en la restauración de terrenos invadidos por esta gramínea. Esto como parte de un método de manejo generalizado a ser utilizado en fincas invadidas por esta gramínea no deseada. Con este trabajo se espera mejorar los pastizales degradados por la yerba venezolana, utilizando la mejor especie forrajera competidora en estos terrenos invadidos.

REVISIÓN DE LITERATURA

El género *Paspalum* pertenece a la familia Poaceae y la mayoría de las especies dentro de este género son consideradas gramíneas del Nuevo Mundo, pues la gran mayoría de sus especies se encuentran distribuidas en Norte, Centro y Suramérica (Rua et al., 2010). Este género se compone de aproximadamente 350 especies, organizadas en 4 subgéneros (Denham, 2005), haciéndolo uno de los géneros con mayor número de especies dentro de la familia Poaceae (Urbani, 1996). Sus especies son, en su mayoría, responsables por la gran biodiversidad de las praderas de América del Sur, lo que en parte posiciona a este género entre los más importantes dentro de las Poaceae (Rua et al., 2010). Igualmente, sus especies comúnmente presentan una marcada variabilidad morfológica y gran adaptabilidad a las distintas condiciones ambientales (Aliscioni, 2000).

Paspalum fasciculatum Willd. ex Flüggé, comúnmente conocida como “yerba venezolana”, “gramalote”, o “gamalote”, y en inglés como “Mexican crowngrass”, es una gramínea perene (Más y García-Molinari, 2006), considerada nativa de América Central y América del Sur, las Antillas Mayores y Menores, Trinidad y Méjico (Axelrod, 2013), aunque Más (1994) la considera como una gramínea introducida. Rivera-Brenes et al. (1959) presenta que la yerba venezolana fue introducida a Puerto Rico en la década de 1940 desde Venezuela a la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico con propósitos de investigación. Sin embargo, esta es considerada una plaga en los humedales bajos por su agresividad y baja palatabilidad, ya que el ganado tiende a comerla solamente mientras esta es joven y tierna, pero tiende a rechazarla tan pronto madura (Rivera-Brenes et al., 1959).

La yerba venezolana posee un bajo contenido de proteína cruda y energía, y una gran capacidad de dispersión, por lo que se ha convertido en una planta no deseable en fincas y cultivos de forraje, inclusive considerándose dañina, debido a que se dispersa rápidamente y desplaza cultivos de mayor calidad (Más y García-Molinari, 2006; Rodríguez-Domínguez, 2006). La yerba venezolana puede crecer en suelos de aluvión, ácidos y neutrales, y se reproduce por semillas y estolones (Más y García-Molinari, 2006; Rodríguez-Domínguez, 2006). Estos últimos normalmente se extienden rápidamente y contribuyen a su propagación a distancia. Estos factores potencialmente contribuyen a la rápida proliferación y el establecimiento de este pasto.

Se estima que en Puerto Rico existen algunas 4,000 ha (10,000 cuerdas) de terreno que han sido invadidas por la yerba venezolana (Rodríguez-Domínguez, 2006). Esta gramínea puede ser encontrada en la mayoría de los llanos costeros húmedos y del interior, principalmente a suelos con alta capacidad de retención de agua (Más y García-Molinari, 2006; Rodríguez-Domínguez, 2006). Muestreos de campo realizados durante 2015 - 2017 reafirman dicha distribución (Figura 1).

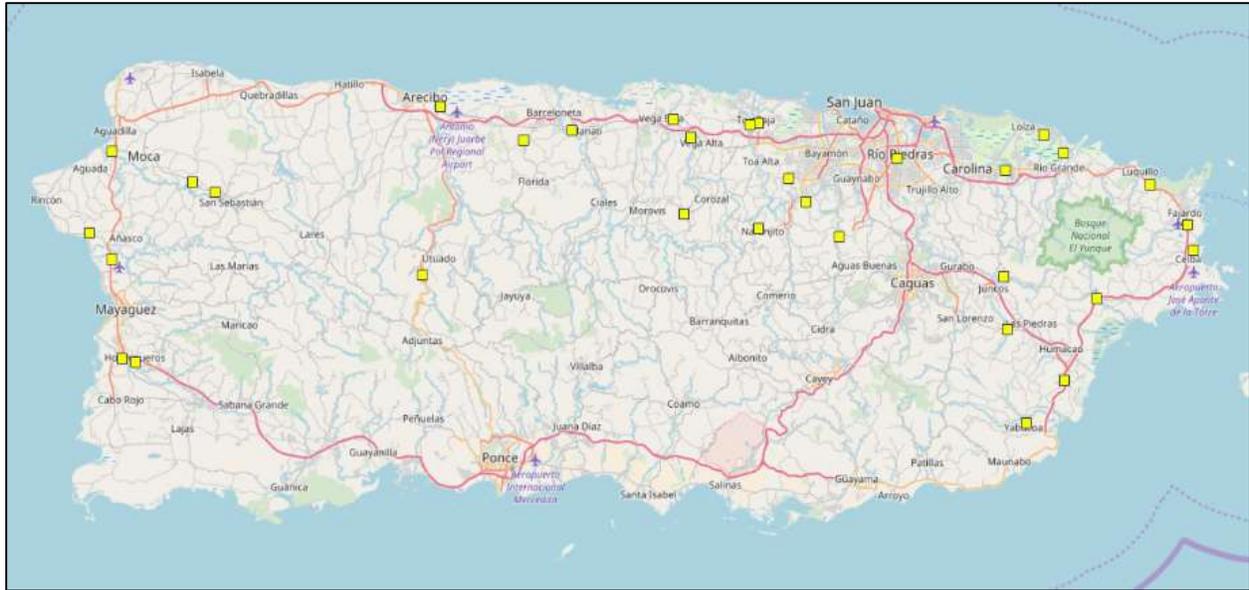


Figura 1. Distribución geográfica de la yerba venezolana en varias localidades en Puerto Rico. Mapa obtenido de OpenStreetMap© y procesado utilizando QGIS.

Rivera-Brenes et al. (1959) encontraron que las vacas que fueron alimentadas con una dieta basada en la yerba venezolana perdieron más peso en promedio que las vacas alimentadas por pseudo-tallos de plátano. Los investigadores también encontraron que cuando la yerba venezolana se corta, el material vegetativo de la yerba venezolana se tornaba rojizo, un posible indicador de su oxidación, y olía a aceite de linaza, lo cual puede ser causante de su sabor repelente. Al realizar un análisis químico encontraron que esta gramínea contiene 0.02% de aceites esenciales desconocidos, dato que apoya la posibilidad de en sus tejidos pueda encontrarse aceite de linaza.

Arroyo y Rivera-Brenes (1960) llevaron a cabo estudios sobre la digestibilidad y palatabilidad de la yerba venezolana. En este encontraron que la misma no fue bien aceptada por el ganado vacuno. No obstante, encontraron que los pseudo-tallos de plátano fueron mucho mejor aceptados por el ganado, aunque encontraron que estos tenían menor contenido de materia seca y proteína cruda que la yerba venezolana. La proteína en la yerba venezolana pareció ser más

digerible que en los pseudo-tallos de plátano. Sin embargo, la energía digerible fue mayor en los pseudo-tallos de plátano y menor en la yerba venezolana.

Gramíneas perennes del género *Urochloa* (también conocido como *Brachiaria*) poseen gran importancia a nivel mundial, y se consideran de buena calidad nutricional. Este género está compuesto por aproximadamente 100 especies, las cuales están distribuidas a través de los trópicos (Arroyave et al., 2013). Generalmente, estas gramíneas se destacan por tener la capacidad de ocupar suelos acídicos y poco fértiles (Lapointe et al. 1992; Mendes-Bonato et al., 2002), deficientes en fósforo y calcio (Rao et al., 1995; Rao et al., 1996), altos en aluminio (Arroyave et al., 2013) y por ser altamente resistentes al estrés y el pastoreo intenso y producir una gran cantidad de semillas (Arroyave et al., 2013). Debido a estas cualidades, las gramíneas del género *Urochloa* se cultivan extensamente en los trópicos como un componente principal de pasturas para forraje, y son consideradas el género de gramíneas tropicales más cultivadas en el mundo (Nanamori et al., 2004).

Dentro de las especies del género *Urochloa* se encuentran *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) R.D.Webster cv. Piatã, *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster y *Urochloa* híbrida cv. CIAT BR02/1752 "Cayman". Estas se distinguen por su buena calidad de forraje y resistencia a diferentes condiciones bióticas y abióticas (Peters et al., 2010). *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) R.D.Webster cv. Piatã es una variedad cultivada que se distingue por su crecimiento cespitoso, aunque levemente decumbente y produce rizomas que enraízan en los entrenudos, que crece en una amplia gama de suelos de mediana a alta fertilidad (Peters et al., 2010). Esta tolera suelos con un rango relativamente amplio de pH (4 - 8) y de texturas variadas (Peters et al., 2010). Esta variedad se utiliza en los trópicos principalmente para el pastoreo de animales, producción de

heno y control de erosión (Peters et al., 2010). Sin embargo, solo crece en suelos adecuadamente drenados, pues tolera periodos cortos de encharcamiento (Peters et al., 2010).

Urochloa decumbens (Stapf) R.D.Webster es una especie que se distingue por su crecimiento variado y de tamaño bajo, pues posee crecimiento tanto erecto como decumbente, y produce estolones con raíces (Peters et al., 2010). Esta gramínea crece en una gama amplia de suelos, tolerando un rango relativamente amplio de pH (3.8 – 7.5) y bajos niveles de fertilidad, (Peters et al., 2010). Esta especie se utiliza en los trópicos pues esta es tolerante al pisoteo de animales y el pastoreo intenso y rinde una alta producción de heno (Peters et al., 2010). Por último, la *Urochloa* híbrida cv. CIAT BR02/1752 "Cayman" es un híbrido producto del cruce de *Urochloa ruziziensis*, *U. brizantha* y *U. decumbens* (Pizarro, 2013). Este híbrido posee una mayor tolerancia a las inundaciones y mayor grado de persistencia y de producción de forraje, sin sacrificar su calidad, en comparación con *U. brizantha* y *U. decumbens* (Pizarro, 2013). Su crecimiento es semi-erecto con formaciones estoloníferas, y su uso es principalmente para la producción de heno y el pastoreo, principalmente en lugares donde existen problemas con inundaciones y otras especies de *Urochloa* no pueden establecerse apropiadamente (Pizarro, 2013). Esta gramínea tiene preferencia por suelos de mediana a alta fertilidad, con buen drenaje y un rango de pH de 4.5 – 8 (Peters et al., 2010).

La especie de gramínea *Chloris gayana* Kunth, conocida comúnmente como “pasto rhodes” o “grama de Rhodas”, es una especie erecta, formadora de macollos y estolonífero que se utiliza en sistemas de pastoreo por producir heno de buena calidad (Peters et al., 2010). Esta especie crece en suelos de baja a mediana fertilidad, es tolerante a altas concentraciones de sodio en el suelo y diversos pH (5.5 – 7.5), al igual que sequías (Peters et al., 2010). Sus raíces tienden

a penetrar profundamente en el suelo, le es posible sobrevivir entre 4 a 6 meses de sequía, y es tolerante al frío y a la quema (Peters et al., 2010).

Pocos estudios se han llevado a cabo sobre el control de la yerba venezolana, y muy pocos sobre el tema de competencia interespecífica utilizando gramíneas forrajeras. Sin embargo, en estudios realizados por Fernández y Ortiz (1995) en Costa Rica, documentan que la yerba venezolana es considerada la principal maleza gramínea de las plantaciones de *Elaeis guineensis* Jacq. (palma aceitera), en donde la yerba venezolana invade principalmente las plantaciones de palmas aceiteras jóvenes, y reducen el rendimiento y crecimiento de su fruta. En este mismo estudio encontraron que el herbicida más costo-efectivo para el control de la yerba venezolana fue el haloxyfop-metilo en una dosis de 100 g ia ha⁻¹, el cual reduce su peso fresco. Sin embargo, recomiendan hacer una segunda aplicación del herbicida entre 45-60 días después de la primera aplicación para poder controlar la gramínea en su totalidad. Sus resultados también sugieren que, en plantaciones de palma aceitera colonizadas por la yerba venezolana, que habían sido previamente sembradas junto a la leguminosa *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. (kudzú) y donde aún sobrevivían ejemplares de esta planta, hubo recuperación en la cobertura de esta especie, luego de lograr el control de la yerba venezolana en las parcelas.

En Norteamérica, Dauer et al. (2012) estudiaron maneras de controlar la planta invasora *Jacobaea vulgaris* Gaertn. en el noroeste pacífico, al trastornar parte de su ciclo de vida mediante la competencia directa con otras especies. Entre otros hallazgos, encontraron que maximizando la competencia entre *J. vulgaris* y otras plantas como *Holcus lanatus* L., *Dactylis glomerata* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Schedonorus phoenix* (Scop.) Holub y *Festuca arundinacea* (Schreb) era la manera más rápida de controlar esta planta invasora.

Kiær et al. (2013) llevaron a cabo un meta-análisis acerca de la competencia de vástagos y raíces bajo distintas condiciones y ambientes. Entre sus resultados más importantes, descubrieron que existe una relación marcada entre la cantidad de nutrientes en el suelo y el tipo de competencia que se da a lugar, siendo la competencia entre las raíces de las distintas especies de plantas más marcada bajo condiciones donde los nutrientes disponibles en el sustrato son bajos o escasos, mientras que en condiciones de alta fertilidad del sustrato, la competencia en vástagos suele ser significativa. Sus conclusiones principales fueron que los efectos de la competencia entre raíces generalmente son más fuertes que aquellos de la competencia entre vástagos, y que los efectos de la competencia entre raíces y vástagos parecen ser aditivos bajo diversas condiciones. Este efecto fue particularmente significativo para los competidores de menor tamaño, en niveles de fertilidad de suelo más bajos, cuando la especie competidora fue una gramínea en vez de una planta herbácea, cuando la competidora es silvestre, en vez de una especie domesticada, y como resultado de experimentos aditivos. Mientras la competencia entre raíces puede ser la limitación primaria en el desempeño promedio de las plantas, la competencia entre vástagos es influyente en las variaciones de este desempeño promedio, y es posible que esta determine los individuos y especies que resulten dominantes. También encontraron que los efectos de la competencia de ambos, raíces y vástagos fueron más potentes en experimentos de campo que en aquellos en los que se utilizaron contenedores o tiestos, mientras que la competencia entre vástagos no fue significativa, en general, para los experimentos llevados a cabo en tiestos. Sin embargo, los efectos de la competencia entre raíces fueron comparables en ambos, altos y bajos volúmenes de suelo.

Tworowski y Glenn (2001) evaluaron el efecto competitivo de distintas especies de gramíneas sobre el crecimiento, productividad, nitrógeno foliar y potencial hídrico de las hojas en dos cultivares de *Prunus persica* (L.) Batsch (melocotón) y sobre la abundancia de malezas. Entre

sus resultados más importantes, encontraron que todas las gramíneas evaluadas no todas fueron igualmente competitivas. Sus resultados también indican que los cultivares de melocotón evaluados responden de manera distinta a la competencia con gramíneas, pero la competitividad relativa con cada una de las especies fue similar para ambos cultivares de melocotón. El potencial hídrico de las hojas en árboles de *P. persica* no fue afectado por las gramíneas o las malezas. La competencia con las gramíneas redujo el crecimiento, productividad, y el peso de poda de los árboles de melocotón, pero sus reducciones vegetativas no alteraron el tiempo de poda para los árboles, por lo que se recomienda el uso de gramíneas que posean un menor grado de inhibición para el manejo de malezas en huertos de melocotón.

De acuerdo con un meta-análisis hecho por Harris (1977) la fenología de las raíces juega un rol significativo en la competencia entre las plantas. Estudió las morfologías de distintas especies comunes de plantas encontradas en los pastizales del sureste de Washington, Estados Unidos. Encontró que, en muchas situaciones, no es posible poder entender las relaciones competitivas entre plantas sin estudiar sus raíces. El estudio de las respuestas fenológicas de las plantas puede resultar en el reconocimiento de debilidades en las mismas, lo cual puede aportar al control en las plantas anuales.

En el sur de Idaho, Estados Unidos, Parkinson et al. (2013) encontraron que las grandes variaciones en la tasa de crecimiento relativa y en la morfología de las raíces en las plantas herbáceas amerita que cada especie se considere independientemente en cuanto a sus efectos competitivos, basándose principalmente en estas dos características. Estos sembraron semillas de las gramíneas y arbustos *Lomatium macrocarpum* (Nutt. ex Torr. & A. Gray) J.M. Coult. & Rose, *Eriogonum umbellatum* Torr., *Machaeranthera canescens* (Pursh) Gray, *Penstemon speciosus* Douglas ex Lindl., *Sphaeralcea munroana* (Douglas ex Lindl.) Spach ex Gray, *Elymus elymoides*

(Raf.) Swezey, *Poa secunda* J. Presl y *Bromus tectorum* L. en contenedores con una mezcla compuesta de la capa superior del suelo. Como resultado, menciona que las herbáceas con sistema de raíz fibroso, tal como el de las gramíneas, se encontraron un mayor nivel de competencia interespecífica por parte de las especies de gramíneas nativas. Este efecto posiblemente se dio lugar debido al aumento en la superposición de sus raíces dentro del perfil del suelo. Los autores encontraron que el separar las gramíneas nativas de las gramíneas que estaban produciendo semillas puede aumentar su supervivencia. En contraste, las herbáceas que poseían una raíz principal orientada principalmente de manera vertical puede que experimentaran un menor grado de restricción al sembrarse junto a gramíneas nativas. Concluyeron que reconocer diferencias en la morfología de las raíces, sus tasas de crecimiento y tamaño permitirían el diseño de mezclas de especies que pudieran reducir la competencia interespecífica, en comparación con las mezclas de distintas especies, que competirían más fácilmente entre sí.

Según Tedder et al. (2012) la composición y estructura de la vegetación en una sabana es influenciada por la disponibilidad de recursos tales como la luz, el agua, los nutrientes del suelo para las plantas y los disturbios. Entre las especies de sabana, las gramíneas son muy abundantes y componen gran parte de las mismas, poseyendo una gran influencia sobre el balance entre árboles - gramíneas al competir con los árboles por recursos tales como la luz, el agua y los nutrientes. Para investigar el efecto de la reducción en el vigor y cobertura de distintas especies de gramíneas sobre los retoños de *Acacia karoo* Hayne y *Acacia nilotica* (L.) Delile, los investigadores evaluaron el efecto de seis especies de gramíneas, *Aristida junciformis* (Trin & Rupr.), *Eragrostis capensis* (Thunb.) Trin., *Hyparrhenia hirta* Stapf., *Panicum maximum* Jacq., *Sporobolus africanus* (Poir.) Robyns & Tournay and *Themeda triandra* Forssk., bajo condiciones de fertilidad del suelo altas y bajas. El estudio se llevó a cabo en KwaZulu-Natal, Sudáfrica. Los mayores efectos competitivos

que experimentaron los retoños de *Acacia* dependieron mayormente del nivel de nutrientes en el suelo y la identidad de la gramínea competidora. *A. karoo* fue la especie más afectada en condiciones de alta disponibilidad de nutrientes, siendo afectada tanto en vástagos como raíces, mientras que para *A. nilotica*, el aumento en el nivel de nutrientes tuvo solo un efecto leve en la competencia, mostrando una tendencia inversa a la encontrada para *A. karoo*. En conclusión, los investigadores encontraron que el aumento en la disponibilidad de nutrientes hizo que la competencia entre *A. karoo* y las gramíneas competidoras fuese más intensa, mientras que para *A. nilotica*, este efecto no se observó, demostrando que cambios en la estructura y composición de la sabana probablemente son influenciados por la composición de las especies de gramíneas y el nivel de nutrientes disponibles en el suelo.

De acuerdo a Riginos (2009) las gramíneas pueden reprimir fuertemente el crecimiento de árboles en sabanas. Se removió las gramíneas que se encontraban creciendo alrededor de los árboles de *Acacia drepanolobium* Sjostedt en la sabana de Laikipia, Kenya, para probar si las gramíneas limitaban el crecimiento de estos árboles. Se encontró que aun para los árboles de mayor tamaño, la remoción de las gramíneas circundantes resultó en el doble de crecimiento del árbol y en una doble probabilidad de estos llevar a cabo la transición a su próxima clase de tamaño en los dos años luego de que la remoción se llevara a cabo. Sus resultados sugieren que la competencia de gramíneas en sabanas con suelos altos en nutrientes es posible que limite el crecimiento de árboles tanto como lo hacen la herbivoría y los fuegos, dos factores principales que se entiende limitan las poblaciones de plantas en la región.

En Inglaterra, Silvertown et al. (1994) llevaron a cabo un estudio con cuatro gramíneas, en el que utilizaron el conteo de número de rebrotes por macollo como medida de competencia para establecer la invasibilidad e invasividad de las distintas permutaciones de estas cuatro especies.

Estos encontraron una baja tasa de invasión por parte de las gramíneas nativas vecinas que estuviesen sólidamente establecidas en las parcelas adyacentes a sus parcelas establecidas. Igualmente, encontraron que el pastoreo tuvo un efecto sobre la agresividad de la invasión de las gramíneas, el cual varió según la época.

Cramer y Bond (2012) encontraron que la biomasa de las gramíneas no cambió luego de fertilizarlas con nitrógeno. En este estudio encontraron que la falta de capacidad para responder a la acumulación de biomasa en ambos tipos de planta, las leñosas y las gramíneas, y a la fertilización con nitrógeno, pese a la evidencia de que las plantas utilizaron el fertilizante, denota que existió una limitación en la disponibilidad de otros nutrientes en el suelo. Los investigadores concluyeron que la capacidad de fijación de nitrógeno provista por la leguminosa *Acacia karoo* no proveyó una ventaja en el crecimiento de gramíneas versus las plantas no leguminosas.

Belsky (1994) estudió la interacción entre árboles de *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne y distintas especies herbáceas en Kenya, bajo condiciones de alta y baja precipitación. Encontró que los árboles de sabana compitieron con mayor intensidad con las plantas del sotobosque en los lugares más húmedos, en aquellos en los cuales sus raíces terminaban cerca o dentro de la zona del dosel, que en los lugares más secos, donde las raíces se extendían más allá del dosel, en dirección a la sabana abierta. También encontró que los nutrientes que fueron añadidos al terreno por los árboles en la forma de hojarasca, y las heces fecales de animales, tales como los pájaros percheros, aumentaron la productividad del sistema al fertilizar los suelos limitados en nutrientes.

Jacobo et al. (2009) estudiaron el efecto de la fecha de siembra y la cantidad de nitrógeno sobre la competencia entre *Paspalum dilatatum* Poir. y *Festuca arundinacea* Schreb. en Argentina. Estos hicieron un conteo del número de hojas verdes y número de rebrotes por macollo en cada

grupo de plantas, estudiaron la tasa de elongación de las hojas, su concentración de nitrógeno y evaluaron la cantidad de biomasa seca producida. Los investigadores reportaron un crecimiento marcado para ambas especies en las temporadas más cálidas, concluyendo que la fecha de siembra es un factor crucial que determina el éxito en el establecimiento de gramíneas C₄ en pasturas mixtas, versus la adición de nitrógeno, cuyos efectos fueron dependientes de la temporada de siembra.

Corbin y D'antonio (2004) estudiaron el efecto de la adición de carbono en forma de aserrín en la competencia de gramíneas nativas en California, Estados Unidos. Encontraron que la adición de carbono en forma de aserrín logró reducir en el primer año el grado en el que las gramíneas exóticas afectaban las plántulas de las especies nativas, pero no influyó las interacciones entre especies nativas y no nativas luego del segundo año.

Según Fowler (1990) los efectos de competencia y heterogeneidad ambiental en tres gramíneas perennes en Estados Unidos, *Aristida longiseta* (Steud.), *Bouletoua rigidiseta* (Steud.) y *Stipa leucotricha* (Trin. & Rupr.). Para lograr esto, midió el número de rebrotes por macollo, inflorescencias y semillas totales por cada tratamiento, encontrando que los nichos fundamentales de los juveniles y adultos de *A. longiseta* y *B. rigidiseta* son más amplios que los de sus plántulas. Además, encontró que la competencia total entre todas fue mayor en lugares rocosos que en lugares comúnmente cubiertos por otras gramíneas, y que las respuestas a la competencia fueron altamente específicas. Halló que *A. longiseta* y *B. rigidiseta* pueden establecerse y reproducirse debajo del dosel de los árboles, sugiriendo que la única razón que excluye a estas especies de su microambiente es su capacidad de establecerse allí en sus etapas juveniles. También encontró que el efecto de un competidor en particular es solo una función de su tamaño y del tipo de organismo, y que la heterogeneidad espacial no afecta el desenlace de la competencia entre estas especies

directamente, pero si tiene un efecto, pues estas especies responden diferentemente a distintos microambientes.

Tessema et al. (1996) encontraron que los componentes de *Triticum aestivum* L. (trigo) más afectados por la competencia entre las cuatro malezas evaluadas, *Avena abyssinica* Hochst, *Lolium temulentum* L., *Snowdenia polystachya* Fresen (Pilg), y *Phalaris paradoxa* L., fueron la cantidad de inflorescencias con semillas fértiles y el número de semillas por espiga. La cantidad de características vegetativas y reproductivas, tales como el número de rebrotes del macollo, número de panículas, altura del vástago e Índice de Área Foliar (LAI) variaron marcadamente entre las especies y en proporción directa a la densidad de las plántulas de las especies de maleza. La altura de las plantas y LAI aparentaron ser los factores más asociables con la habilidad competitiva de las malezas contra el trigo.

Corcket y Liancourt (2003) examinaron cómo la sombra, sequía y disturbios influenciaban la intensidad y la importancia relativa de la competencia entre *Bromus erectus* Huds. y *Brachypodium pinnatum* (L.) P.Beauv., dos especies dominantes en una pradera calcárea en Saint-Nizier d'Uriage. Los investigadores encontraron que la competencia fue intensa en todos sus tratamientos, pero encontraron diferencias entre la manera en la que las especies competían. *B. pinnatum* no sufrió efectos competitivos cuando el estrés hídrico fue severo, aunque la sombra tuvo un efecto positivo al limitar el estrés hídrico. En contraste, *B. erectus* fue aún más tolerante a la sequía, pero fue más fácilmente inhibida por los efectos de la competencia. Entre sus conclusiones más importantes, los investigadores encontraron que las diferencias entre las importancias relativas de la competencia y las variaciones en los efectos de su ambiente pueden ser explicativas de la dominancia de *B. erectus* en condiciones de estrés y con alta cantidad de disturbios, y en su exclusión de las praderas de la montaña. De igual manera, los investigadores

sugieren que el debate sobre cómo la competencia varía a través de los gradientes de productividad puede deberse a la intensidad competitiva, la cual a su vez es altamente dependiente de los sistemas estudiados y las especies particulares que allí se encuentran, no en la importancia relativa de la competencia.

Según Williams y McCarthy (2001) revisaron nueve índices de competencia interespecífica bajo escenarios hipotéticos y encontraron que el índice “Relative Yield of Mixture”, propuesto por Wilson (1988), fue el que más claramente describió la interacción entre dos o más especies. Este índice toma en consideración los valores relativos de las especies dentro de las mezclas y provee un valor relativo basado en la producción de biomasa en estas mezclas. Este mismo estudio encontró que, para una sola especie de plantas, los índices “Relative Yield” (RY) y “Relative Competition Intensity” (RCI) describen la competencia entre especies de manera acertada, con respecto a los otros nueve índices evaluados. Los índices “Agresividad” y “Proporción Competitiva” no son frecuentemente utilizados por consideración al sesgo encontrado en el caso de plantas grandes, o aquellas plantas con mayor masa inicial (Xu et al., Weigelt y Jolliffe, 2003).

De acuerdo a Semere y Froud-Williams (2001), las mejoras a los rendimientos en los cultivos mixtos pueden lograrse a través de un entendimiento de las ventajas entre las interacciones competitivas, ambos por encima y por debajo del suelo. Los investigadores estudiaron los mecanismos de competencia entre las raíces y los vástagos de *Zea mays* L. (maíz) y los cultivares de *Pisum sativum* L. (guisante) Bohatyr y Grafila sembrados solos y en mezclas de densidades aditivas, bajo dos niveles de humedad del suelo. Se encontró que la habilidad competitiva del cultivar de guisante Bohatyr fue similar a la del maíz, mientras que el cultivar de guisante Grafila fue menos competitivo. La habilidad competitiva de la variedad de guisante Bohatyr se puede

deber a que la misma posee una mayor tasa de crecimiento, lo que puede ser asociada con su mayor área foliar. Igualmente, la habilidad competitiva del maíz se redujo debido al estrés hídrico, mientras que la habilidad competitiva de los guisantes aumentó bajo estas condiciones, mostrando una mayor capacidad de competencia al exponerse a niveles bajos de agua. Los valores del índice “Relative Yield Total” (RYT) fueron significativamente más altos cuando ambas plantas fueron únicamente sometidas a competencia de vástagos, pero menores cuando estuvieron sujetas a competencia entre raíces o a la competencia mixta entre vástagos y raíces, por lo que se concluyó que los efectos de la competencia entre raíces fueron más notables que aquellos de la competencia entre vástagos. La competencia entre raíces redujo los pesos secos de los vástagos, la altura y el área foliar de las plantas, mientras que la competencia entre los vástagos no tuvo un efecto significativo sobre estas características. A partir de esta información, los investigadores concluyeron que los recursos del suelo, tales como los nutrientes y el agua, fueron los más limitantes.

Xu et al. (2011) descubrieron que el éxito de ambas especies, *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng y *Lespedeza davurica* (Laxm.) Schindl., pareció estar regulada por la competencia interespecífica y la disponibilidad del agua, siendo la respuesta positiva de *B. ischaemum* al agua la característica principal conducente a un aumento en la biomasa y posiblemente en el número de individuos de esta especie, particularmente durante las temporadas, años o regiones húmedas, en comparación con *L. davurica*. En un experimento llevado a cabo en la provincia Shaanxi, en China, los investigadores midieron los índices de “Agresividad” (A), “Competitive Ratio” (CR) y “Relative Yield Total” (RYT) para las especies bajo distintas las condiciones experimentales. Descubrieron que aunque existió competencia agresiva entre *B. ischaemum* y *L. davurica* mientras crecían juntas, existió igualmente complementariedad cuando estas se cultivaron juntas en

proporciones apropiadas (8:4, *B. ischaemum* : *L. davurica*), dato que se obtuvo utilizando los resultados del índice RYT. Es por esto que llegaron a la conclusión de que existe un posible beneficio en el uso de especies nativas y silvestres dominantes de la pradera, específicamente en proporciones apropiadas para su establecimiento, las cuales deben ser estudiadas antes de su implementación.

Fargione y Tilman (2006) correlacionaron la concentración de nitrato en el suelo de 13 especies que habían crecido durante un periodo de cinco años con la productividad relativa “Relative Yield” (RY) y abundancia en la competencia en Minnesota, Estados Unidos. Encontraron que la característica que obtuvo una mayor correlación con la productividad relativa de una especie fue la densidad del largo de la raíz “Root Length Density” (RLD) y la característica que mejor correlacionó con la abundancia en la competencia fue la proporción de Biomasa: Nitrógeno. Los investigadores también encontraron que las características que mejor predecían el nitrato R^* fueron la proporción biomasa : N, y su distribución en las raíces más finas, donde las especies con una proporción mayor de biomasa : N y su distribución hacia las raíces más finas tuvieron un R^* más bajo. La dominancia de especies con un nivel de nitrato R^* más bajo y un RLD y proporción de biomasa : N más alta fue consistente con la teoría de que las especies que tuvieron una mayor eficiencia al adquirir, retener y utilizar el recurso más limitante fueron las mejores competidoras.

OBJETIVOS

1. Determinar la productividad relativa y calidad de la yerba venezolana en presencia de cuatro gramíneas forrajeras seleccionadas.
2. Determinar la densidad de siembra óptima de la gramínea forrajera seleccionada en presencia de la yerba venezolana.

METODOLOGÍA

1. Descripción de la localidad experimental

Se establecieron dos experimentos de campo en la Estación Experimental Agrícola de Isabela del Recinto Universitario de Mayagüez para determinar la competencia interespecífica y densidad óptima de siembra entre la yerba venezolana y las cuatro gramíneas forrajeras seleccionadas. La Estación Experimental de Isabela (EEA, Isabela), localizada en el municipio de Isabela, que a su vez está localizado en la parte noroeste de la isla de Puerto Rico (Figura 2: 18°27'46.06"N, 67°3'5.77"W) tiene una temperatura promedio anual de 25.3°C y un promedio de precipitación anual de 1585 mm (62.4 pulgadas) de lluvia (AccuWeather, 2015). La EEA, Isabela se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (Ewel y Whitmore, 1973).



Figura 2. Localización de la Estación Experimental Agrícola de Isabela en Puerto Rico. Mapa obtenido de Google Earth© 2015.

2. Propagación de las plántulas en el invernadero utilizadas en cada experimento

Se pusieron a germinar semillas de cada una de las siguientes gramíneas forrajeras: *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) R.D.Webster cv. Piatã, *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster y *Urochloa* híbrida cv. CIAT BR02/1752 "Cayman". *Chloris gayana* Kunth. Las semillas de cada gramínea se sembraron directamente dentro de tiestos de 10 cm, los cuales contenían un sustrato para germinación comercial con composición de 80% de turba de esfagno, vermiculita y un agente humectante.

Por otro lado, las plántulas de la yerba venezolana se produjeron mediante la propagación vegetativa de estolones obtenidos de la Estación Experimental Agrícola de Corozal de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. Se utilizaron estolones de la yerba venezolana, con el propósito de modelar predios invadidos naturalmente por esta gramínea. Los estolones de la yerba venezolana fueron cortados hasta dejar entre tres y cuatro nodos por fragmento. Cada uno de estos fragmentos de estolón fue plantado en un tiesto con el mismo sustrato utilizado para germinar las gramíneas forrajeras (Figura 3).



Figura 3. Plántulas de la yerba venezolana (A) y la gramínea forrajera “Cayman” (B) creciendo en tientos de 10 cm en un vivero dentro de la Estación Experimental Agrícola en Isabela.

Todas las plantas germinadas se mantuvieron en el mismo vivero, donde se les suplió agua una vez al día utilizando un sistema de riego por aspersores. Cada tiento fue rotulado con el nombre

común de la planta, para evitar confusión al trasplantarles. Aquellas plántulas que no presentaban un crecimiento vigoroso y uniforme en comparación a las demás plántulas fueron descartadas.

3. Experimento #1.

El experimento comenzó el mes de febrero del 2014, y se extendió hasta junio del 2014. Los tanques se dispusieron con un diseño experimental en bloques completos al azar. Para evaluar el nivel de competencia intraespecífica, cada gramínea fue sembrada en monocultivo y en cultivo mixto, junto a la yerba venezolana. Los distintos tratamientos se describen en el cuadro 1.

Tratamiento	Especie o Variedad
C	<i>Urochloa</i> híbrida “Cayman” en monocultivo
D	<i>Urochloa decumbens</i> en monocultivo
P	<i>Urochloa brizantha</i> Cv. Piatã en monocultivo
R	<i>Chloris gayana</i> (pasto rhodes) en monocultivo
V	<i>Paspalum fasciculatum</i> (la yerba venezolana) en monocultivo
C/V	<i>Urochloa</i> híbrida “Cayman” en cultivo mixto con la yerba venezolana
D/V	<i>Urochloa decumbens</i> en cultivo mixto con la yerba venezolana
P/V	<i>Urochloa brizantha</i> Cv. Piatã en cultivo mixto con la yerba venezolana
R/V	<i>Chloris gayana</i> en cultivo mixto con la yerba venezolana

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos experimentales para el primer experimento.

Luego de que las plántulas del vivero alcanzaron los 10 cm de altura, fueron trasplantadas a tanques de 190 L marca Rubbermaid®, según el tratamiento asignado (Figura 4). Cada tanque tenía unas dimensiones: 1.32 m largo, 0.79 m ancho y 0.3 m alto, con un área superficial total de 0.84 m²). El fondo de cada tanque fue perforado para evitar la acumulación excesiva de agua. Los tanques se instalaron y mantuvieron en el área designada dentro del área experimental, y estos

fueron organizados, y mantenidos bajo las mismas condiciones controladas, incluyendo irrigación diaria y remoción periódica de todas las malezas creciendo en los tanques (Figura 5).



Figura 4. Tanque comercial de 50 galones marca Rubbermaid® utilizado como unidad experimental para evaluar los tratamientos. Foto provista por el Agro. Efraín Cancel.



Figura 5. Arreglo de tanques dentro del área experimental en la Estación Experimental Agrícola de Isabela. Los tanques fueron ubicados cerca de las tomas de riego ya disponibles, y los tratamientos arreglados en cuatro bloques paralelos dentro del área experimental.

El suelo utilizado en los tanques fue obtenido de distintas áreas de la Estación Experimental Agrícola de Isabela. Este suelo es clasificado como un oxisol Cotto, y su composición fue analizada en el Laboratorio Central Analítico, CCA, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras (ver Cuadro 30 en el apéndice para caracterización del suelo). Un sistema de riego por aspersores fue instalado en cada tanque para suplir agua una vez al día.



Figura 6. Siembra tipo monocultivo de *Urochloa* híbrida Cv. “Cayman” (A) y cultivo mixto de pasto rhodes y la yerba venezolana (B). En el cultivo mixto, ambas variedades fueron sembradas en lados opuestos del tanque, con el propósito de facilitar la toma de datos y la cosecha de los ejemplares.

Los tratamientos mixtos, los tanques fueron divididos en dos lados, uno izquierdo y derecho, a lo largo del tanque (Figura 6). Esto se hizo ya que el espacio limitado de los tanques se prestaba para que el crecimiento de las gramíneas fuese demasiado denso, tanto que no permitiría realizar los muestreos una vez las gramíneas se establecieran. Todos los tratamientos fueron entonces organizados en cuatro bloques (Figura 7), los cuales incluían una repetición de cada uno de los nueve tratamientos. Esto se hizo para tener en consideración posibles efectos del sistema de riego y de la localización desigual de los tratamientos dentro del área experimental.

Lote Vacío	R/V	V	Lote Vacío	Lote Vacío	V	Lote Vacío	R
D	P	D	C/V	C	R	R/V	V
R	C/V	R/V	D/V	P/V	P	P/V	C
D/V	P/V	C	P/V	R/V	D	P	C/V
V	C	P	R	C/V	D/V	D	D/V
Bloque 4		Bloque 3		Bloque 2		Bloque 1	

Figura 7. Arreglo de tratamientos en los bloques establecidos dentro el área experimental de la Estación Experimental Agrícola de Isabela. Los espacios marcados en gris representan los tanques con sus respectivos tratamientos, mientras que los espacios en blanco representan los espacios vacíos entre las parcelas y los bloques. Tratamientos representados únicamente por letras mayúsculas representan las variedades Cayman (C), Decumbens (D), Piatã (P), rhodes (R) y Venezolana (V). Tratamientos C/V, D/V, P/V y R/V representan cultivos mixtos de La yerba venezolana creciendo junto a las variedades Cayman, Decumbens, Piatã y rhodes, respectivamente.

Se sembraron cinco plantas de la yerba venezolana y cinco de la gramínea forrajera en cada tanque de cultivo mixto. Los lados en los que se sembraba cada variedad eran escogidos de manera aleatoria, y este procedimiento se repitió con cada una de las cuatro gramíneas competidoras. En los tanques de monocultivo se sembraron 10 plantas para cada una de las cinco variedades estudiadas. Una vez sembradas, las plantas luego fueron fertilizadas con abono genérico de

liberación lenta de nitrógeno, fósforo y potasio a una proporción de 15-5-10, según recomendado por Sotomayor-Ríos et al. (1974).

Todos los tanques se mantuvieron bajo condiciones idénticas, siendo regados una vez al día a la misma hora, y el área donde alrededor de los tanques (Figura 8) se mantuvo limpia de malezas. Luego de plantadas, se realizaron muestreos a intervalos de cada 14 días. En cada muestreo se midió la altura de los vástagos (cm), la distancia entre nudos (cm), el número de rebrotes del macollo. En cada muestreo se midieron dos plantas de cada variedad por tanque en los cultivos mixtos, y cuatro de las diez plantas por tanque en los monocultivos. La altura se midió como la distancia desde el suelo hasta la región meristemática del ápice de la planta. De haber más de un individuo en un macollo, como usualmente ocurría con las gramíneas forrajeras, siempre se escogió el individuo que fuese más alto. El número de rebrotes se midió como la cantidad de nuevos vástagos que emergían a partir de los tallos en las plantas. La distancia entre nudos se midió como la distancia entre un nudo y el próximo, los cuales se encontraron presentes solo cuando ocurría crecimiento de estolones. Luego, se anotó el número de inflorescencias de cada variedad, y se registró cualquier cambio visible en el aspecto físico de las plantas (Ej. clorosis, herbívora, necrosis) que se considerase estuviese relacionado con el efecto de la competencia entre las variedades.

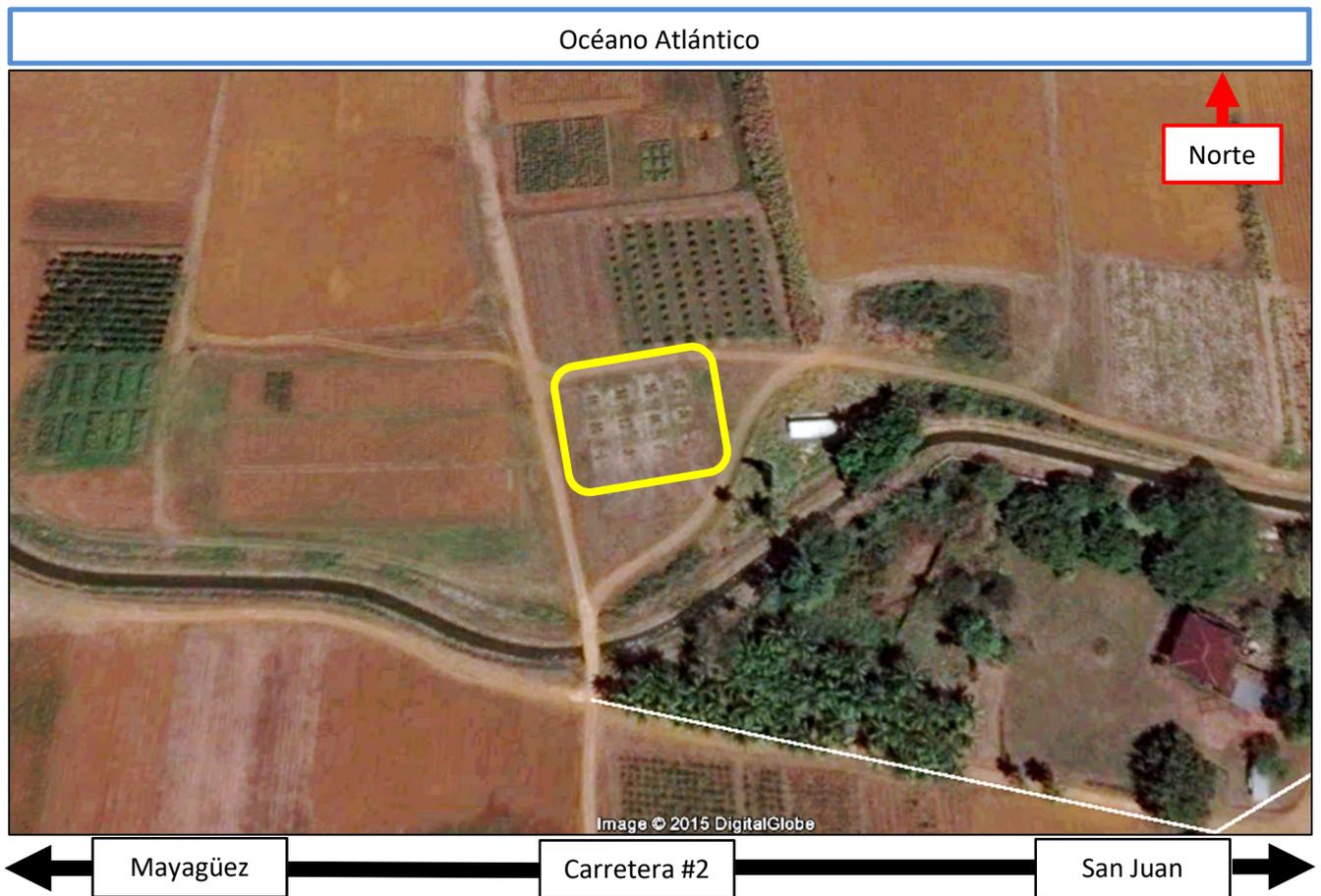


Figura 8. Localización del área experimental utilizada dentro de la Estación Experimental Agrícola de Isabela en Puerto Rico. Foto obtenida de Google Earth©, 2015.

A 60 días después de la siembra (DDS), todas las plantas en todos los tratamientos fueron cosechadas a 15 cm sobre el suelo (Figura 9). Esto corresponde a la altura promedio alcanzada por el corte de maquinaria agrícola de recolección de heno. Justo antes de la cosecha, se colectó aproximadamente el 25% del número total de inflorescencias producido por cada especie en cada tratamiento. Estas inflorescencias entonces fueron pesadas, con el propósito de estimar la producción de semillas de cada especie dentro de cada tratamiento.



Figura 9. Tanques experimentales luego de la remoción de follaje de cada planta.

El follaje cosechado en cada parcela fue transferido a bolsas de papel según la especie, tratamiento y bloque. Se tomaron los pesos húmedos de cada variedad de gramínea dentro de cada tratamiento y bloque. Cada muestra se pesó inmediatamente después de la cosecha, y se anotó su peso fresco. Las muestras fueron enviadas a la Estación Experimental Agrícola de Corozal, en donde fueron secadas en hornos a una temperatura constante de 77°C por un periodo de 72 horas. Luego, cada muestra fue pesada para determinar su peso seco, con el cual se hizo el cálculo de biomasa. Una vez pesadas, las muestras fueron molidas y enviadas a un laboratorio (Dairy One, INC en Ithaca, New York) para determinar su valor nutricional.

Este procedimiento se repitió de manera idéntica por una segunda vez, a los 105 DDS, pero utilizando esta vez los individuos previamente cosechados, los cuales habían permanecido sembrados dentro de los tanques luego de la primera cosecha.

Con los datos obtenidos durante los muestreos y en ambas cosechas, se calcularon diferencias significativas entre los distintos parámetros para establecer la gramínea que mejor compitió con la yerba venezolana. Para los tratamientos mixtos (Cuadro 1), se calculó el índice de productividad relativa o “Relative Yield” ($RY = Y_{mezcla}/Y_{monocultivo}$) con los datos resultantes de biomasa (Cuadro 1; Radosevich et al., 2007; Weigelt y Jolliffe, 2003) de cada especie en cada uno de los tratamientos. Para cada tratamiento, la yerba venezolana fue cosechada y su índice de productividad relativa fue obtenido dividiendo la biomasa de la yerba venezolana de cada tratamiento mixto entre la biomasa de su monocultivo. Todos los demás parámetros: biomasa, altura, distancia entre nudos, cantidad de rebrotes y número y peso de inflorescencias fueron luego evaluados estadísticamente mediante un ANOVA de un factor utilizando Infostat® (versión 2018I), con el propósito de detectar si existían diferencias significativas entre los tratamientos. La selección de la gramínea forrajera competidora a utilizarse en el experimento #2 fue basada en su valor de RY, resultados del perfil nutricional (proteína cruda ajustada y materia seca) y patrones de crecimiento, tales como la formación de estolones y la densidad de crecimiento de las forrajeras.

4. Experimento #2.

Acorde con los resultados del experimento #1, se procedió a evaluar el nivel de competencia interespecífica existente entre la yerba venezolana y pasto rhodes, con el propósito de determinar si existía un beneficio en utilizar mayores o menores proporciones de pasto rhodes para una mayor efectividad en el control de la yerba venezolana. Se utilizó un diseño de serie

aditiva, en el cual se cultivaron plantas de la yerba venezolana y pasto rhodes, manteniendo la cobertura de la yerba venezolana constante y variando proporcionalmente la cantidad de plántulas de pasto rhodes creciendo al otro lado del tanque. De la misma forma se estableció manteniendo la cobertura de pasto rhodes constante, y variando proporcionalmente la cantidad de plántulas de la yerba venezolana creciendo al otro lado del tanque. Además, se mantuvo como testigo, un cultivo puro de la yerba venezolana y pasto rhodes, con el propósito de luego comparar estos tratamientos con los tratamientos mixtos. El experimento comenzó el mes de julio del 2014, y se extendió hasta noviembre del 2014. Igual que en el primer experimento, se utilizaron plántulas del vivero, una vez estas alcanzaron los 10 cm de altura, y estolones rebrotados para la yerba venezolana. Cada gramínea fue sembrada en monocultivo y el cultivo mixto con la yerba venezolana. La combinación de tratamientos se describe con detalle en el cuadro 2.

Tratamiento	Especie
R	<i>Chloris gayana</i> (pasto rhodes) en monocultivo
V	<i>Paspalum fasciculatum</i> (la yerba venezolana) en monocultivo
V:R	Pasto rhodes en cultivo mixto con la yerba venezolana en proporción 1:1
2V:1R	Pasto rhodes en cultivo mixto con la yerba venezolana en proporción 1:2 a favor de la yerba venezolana
2R:1V	Pasto rhodes en cultivo mixto con la yerba venezolana en proporción 2:1 (pasto rhodes: la yerba venezolana)

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos experimentales para el segundo experimento.

Los tratamientos fueron evaluados en un diseño en bloques completos al azar. Se utilizaron cuatro bloques donde todos los tratamientos estaban representados. Para los monocultivos de la yerba venezolana y pasto rhodes se sembraron 10 tiestos en total por cada tanque, mientras que para el cultivo mixto (V:R), se sembraron cinco tiestos de la yerba venezolana y cinco tiestos de pasto rhodes por tanque (proporción 1:1 de plántulas de la yerba venezolana y pasto rhodes). Para

tratamientos de proporción desigual, cinco tiestos de la yerba venezolana junto a diez tiestos de pasto rhodes para el tratamiento 2R:1V (2:1, doble cantidad de tiestos de pasto rhodes respecto a la yerba venezolana) mientras que para el tratamiento 2V:1R, se sembraron diez tiestos de la yerba venezolana junto a cinco tiestos de pasto rhodes (2:1; doble cantidad de tiestos de la yerba venezolana respecto a pasto rhodes). Para cada tratamiento, se realizaron cuatro repeticiones, las cuales se establecieron en bloques separados para tener en consideración posibles efectos del sistema de riego y de la localización de los tanques (Figura 10). Todos los tanques se mantuvieron bajo condiciones idénticas, siendo regados una vez al día, y el área donde estaban los tanques fue mantenida mediante la remoción mecánica de la materia vegetativa.

Lote Vacío	V:R	Lote Vacío	R	V	Lote Vacío	Lote Vacío	2V:1R
2V:1R	V	2R:1V	2V:1R	V:R	2R:1V	V	V:R
R	2R:1V	V	V:R	2V:1R	R	2R:1V	R
Bloque 4		Bloque 3		Bloque 2		Bloque 1	

Figura 10. Localización de cada tratamiento dentro de los bloques establecidos en el área experimental de la Estación Experimental Agrícola de Isabela. Los espacios marcados en gris representan los tanques con sus respectivos tratamientos, mientras que los espacios en blanco representan los espacios existentes entre las parcelas y los bloques. Tratamientos representados únicamente por letras mayúsculas representan las especies rhodes (R) y Venezolana (V), mientras que tratamientos 2V, 2R y V:R representan una doble cantidad de tiestos de la yerba venezolana, doble cantidad de tiestos de pasto rhodes e igual proporción de la yerba venezolana y pasto rhodes, respectivamente.

Al igual que para el primer experimento, luego de sembrar las plantas, los muestreos se llevaron a cabo a intervalos de 14 días, en los cuales se midió la altura de los vástagos (cm), la distancia entre nudos (cm), el número de rebrotes del macollo, a manera de dos tiestos de cada variedad por tanque en los cultivos mixtos, y cuatro de los diez tiestos por tanque en los monocultivos. La altura se midió como la distancia desde el suelo hasta la región meristemática del ápice de la planta. De haber más de un individuo sembrado en alguno de los espacios

correspondientes al de una planta individual, como usualmente ocurría con las gramíneas forrajeras, siempre se escogió el individuo que fuese más alto. El número de rebrotes se midió como la cantidad de nuevos vástagos que emergían a partir de los tallos en las plantas. La distancia entre nudos se midió como la distancia entre un nudo y el próximo, los cuales se encontraron presentes solo cuando ocurría crecimiento de estolones. Luego, se anotó el número de inflorescencias de cada variedad, y se registró cualquier cambio visible en el aspecto físico de las plantas (Ej. clorosis, herbivoría, necrosis y demás) que se considerase estuviese relacionado con el efecto de la competencia entre las variedades.

Luego de 60 DDS, todas las plantas en todos los tratamientos fueron cosechadas a 15 cm sobre el suelo. Esto corresponde a la altura alcanzada por el corte de maquinaria agrícola. Justo antes de la cosecha, se colectó aproximadamente el 25% del número total de inflorescencias producido por cada especie en cada tratamiento. Estas inflorescencias entonces fueron pesadas, con el propósito de estimar la producción de semillas de cada especie dentro de cada tratamiento. El follaje cosechado en cada parcela fue transferido a bolsas de papel según la especie. Se tomaron los pesos húmedos de cada variedad de gramínea dentro de cada tratamiento. Cada muestra se pesó inmediatamente después de la cosecha, y se anotó su peso fresco. Las muestras fueron enviadas a la Estación Experimental Agrícola de Corozal de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, en donde fueron secadas en hornos a una temperatura constante de 77°C por un periodo de 72 horas. Luego, cada muestra fue pesada para determinar su peso seco, con el cual se hizo el cálculo de biomasa.

La cosecha se repitió de manera idéntica por una segunda vez. Se utilizaron los individuos previamente cosechados, los cuales habían permanecido sembrados en los tanques luego de la primera cosecha. Se registró bisemanalmente el número de inflorescencias, en adición a las

medidas de crecimiento promedio longitudinal de los vástagos, número de rebrotes por macollo y distancia entre nudos. Luego de 45 días adicionales, los individuos fueron cosechados una segunda vez, debido a que su crecimiento abundante sobresalía ampliamente de los tanques experimentales. Este material cosechado se colectó en bolsas de papel, y luego se tomaron los pesos húmedos de cada gramínea en cada tratamiento, lo más pronto posible luego de la cosecha. De igual manera, se colectó aproximadamente el 25% del número de inflorescencias producidas por cada especie en cada tratamiento.

Con los datos obtenidos en los muestreos y ambas cosechas, se calcularon diferencias en distintos parámetros de competencia, para establecer la gramínea que mejor compitió con la yerba venezolana. Para los tratamientos mixtos (Cuadro 2), se calculó el índice de productividad relativa o “Relative Yield” ($RY = Y_{mezcla}/Y_{monocultivo}$) con los datos resultantes de biomasa (Cuadro 2; Radosevich et al, 2007; Weigelt y Jolliffe, 2003) de cada especie en cada uno de los tratamientos. Todos los demás parámetros: biomasa, altura, distancia entre nudos, cantidad de rebrotes y número y peso de inflorescencias fueron luego evaluados estadísticamente mediante un ANOVA de un factor (LSD Fisher), con el propósito de detectar si existían diferencias significativas entre los tratamientos. Basado en el resultado de los análisis de RY.

Los parámetros de las muestras de calidad de forraje evaluados para las gramíneas durante la primera y segunda cosecha del experimento, y estos fueron la fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina e in vitro true digestibility (IVTD) y proteína cruda ajustada. Estos parámetros fueron tomados en consideración con base en el análisis llevado a cabo por Coward-Lord et al. (1974), en el cual estudiaron la digestibilidad de 10 gramíneas forrajeras tropicales basándose en estos parámetros.

RESULTADOS

Experimento #1:

Para el parámetro de productividad relativa (RY), la yerba venezolana obtuvo los siguientes valores por tratamiento. La figura 11 muestra la productividad relativa de la yerba venezolana creciendo en los tratamientos mixtos para la primera y segunda cosecha, a los 60 y 105 DDS, respectivamente. En cultivo mixto con el cultivar Cayman, obtuvo un valor de $RY=0.99$ para la primera cosecha, mientras que obtuvo un valor de $RY=0.70$ para la segunda cosecha. La yerba venezolana en cultivo mixto con *U. Decumbens* fue de $RY=0.83$ para la primera cosecha, mientras que en la segunda cosecha obtuvo un valor de $RY=0.47$. El valor para el tratamiento con el cultivar Piatã fue de $RY=1.62$ para la primera cosecha, mientras que obtuvo un valor de $RY=0.47$ para la segunda cosecha. Por último, se obtuvieron valores de $RY=0.65$ para la primera cosecha, mientras que obtuvo un valor de $RY=0.56$ para la segunda cosecha, siendo la diferencia en el RY de este tratamiento para ambas cosechas numéricamente menor. El RY de la yerba venezolana (Figura 11) fue significativamente más alto ($RY = 1.62$) en la primera cosecha dentro del tratamiento mixto con el cultivar Piatã, versus los demás tratamientos, mientras que no hubo una diferencia significativa entre tratamientos para la segunda cosecha.

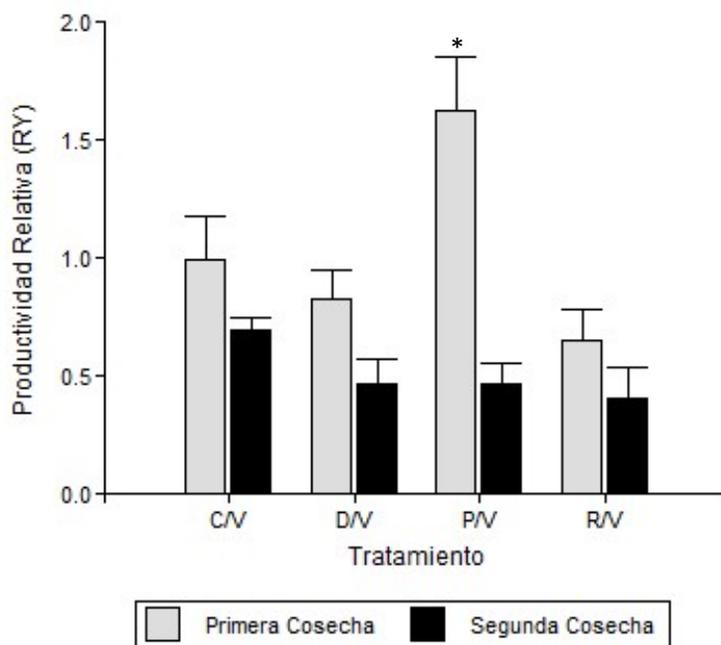


Figura 11. Productividad relativa de la yerba venezolana en tratamientos mixtos para la primera y segunda cosecha de biomasa por encima del suelo. Cada tratamiento mixto fue identificado según la primera letra del nombre de la variedad o especie creciendo junto a la yerba venezolana, siendo Cayman (C/V), Decumbens (D/V), Piatã (P/V) y rhodes (R/V). La productividad relativa de la yerba venezolana solo fue significativamente distinta en la primera cosecha, en el tratamiento mixto con la variedad Piatã (P/V). Asteriscos muestran diferencias significativas. Barras representan el error estándar.

En general, existieron diferencias significativas en la cantidad de biomasa producida por la yerba venezolana bajo distintos tratamientos, en ambos primera y segunda cosecha (Cuadros 3 y 4). Para la primera cosecha, existió una diferencia estadísticamente significativa (p -valor = 0.0324) entre la yerba venezolana creciendo en el tratamiento P/V (1025.60 gm^{-2}) versus en su monocultivo (614.29 gm^{-2}). En la segunda cosecha existieron diferencias significativas (p -valor = 0.0138) entre la yerba venezolana creciendo en los tratamientos C/V (458.60 gm^{-2}), D/V (297.02 gm^{-2}), P/V (1025.60 gm^{-2}) y R/V (367.34 gm^{-2}) versus en su monocultivo (674.22 gm^{-2}). No obstante, no existieron diferencias significativas en la producción de biomasa de las gramíneas

forrajeras *Urochloa* (*U. decumbens* y cultivares Cayman y Piatã) y *C. gayana* en los tratamientos mixtos, respecto a sus monocultivos.

Cuadro 3. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la primera cosecha, a los 60 días después de la siembra. El asterisco muestra la relación estadísticamente significativa en el parámetro de biomasa.

Tratamiento	Biomasa (gm ⁻²)	Altura (cm)	Número de Rebrotos	Distancia entre nudos (cm)
C/V	554.76	38.29	22.50	8.98
D/V	477.98	46.94	26.25	6.85
P/V	1025.60*	35.42	18.63	8.36
R/V	357.14	45.38	17.13	7.57
V	614.29	44.75	30.56	7.67

Cuadro 4. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la segunda cosecha, a los 105 días después de la siembra. Asteriscos muestran la relación estadísticamente significativa para el parámetro de biomasa.

Tratamiento	Biomasa (gm ⁻²)	Altura (cm)	Número de Rebrotos	Distancia entre nudos (cm)
C/V	458.60*	46.94	26.25	6.85
D/V	297.02*	36.80	16.63	5.10
P/V	325.13*	38.00	24.50	6.70
R/V	367.34*	55.06	18.25	6.17
V	674.22	46.10	56.88	7.01

Para el parámetro cantidad de rebrotos, no existieron diferencias significativas entre la cantidad de rebrotos de la yerba venezolana por tratamiento a los 15 DDS. Sin embargo, a los 30 DDS, la yerba venezolana en el tratamiento C/V tuvo diferencias significativas (p-valor = 0.0297; Cuadros 12 al 20 en el apéndice) en la cantidad de rebrotos de la yerba venezolana (16.75 rebrotos), versus su monocultivo (13.25 rebrotos). A los 45 DDS, los tratamientos C/V (22.50 rebrotos), D/V (20.50 rebrotos), P/V (18.63 rebrotos) y R/V (17.13 rebrotos) tuvieron una reducción estadísticamente significativa (p-valor = 0.0112) en comparación con el monocultivo de la yerba venezolana (30.56 rebrotos). Para los 60 DDS, se registró un crecimiento promedio significativamente menor de rebrotos (p-valor = 0.0119) en los tratamientos C/V (19.75 rebrotos), D/V (18.50 rebrotos), P/V (13.13 rebrotos) y R/V (19.50 rebrotos) en comparación con el

monocultivo de la yerba venezolana (26.56 rebrotes). Justo luego de realizado el muestreo, se cosecharon las plantas.

No obstante, a los 75 DDS, consistentemente se encontró un crecimiento promedio significativamente menor de rebrotes (p -valor = 0.0009) en los tratamientos C/V (35.00 rebrotes), D/V (19.63 rebrotes), P/V (24.25 rebrotes) y R/V (18.88 rebrotes) en comparación con el monocultivo de la yerba venezolana (50.63 rebrotes). A los 90 DDS, se registró un crecimiento promedio significativamente menor de rebrotes (p -valor = 0.0044) de la yerba venezolana en los tratamientos C/V (26.25 rebrotes), D/V (16.63 rebrotes), R/V (18.25 rebrotes) y P/V (24.50 rebrotes), versus su monocultivo (56.88 rebrotes). Por último, a los 105 DDS, no se registró un crecimiento promedio significativamente distinto en la cantidad de rebrotes.

Para los parámetros de altura y distancia entre nudos, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos durante todos los muestreos. La yerba venezolana alcanzó una altura similar en todos los tratamientos desde los 15 hasta los 105 DDS. De la misma manera, la distancia entre los nudos de la yerba venezolana fue similar en todos los tratamientos desde los 15 hasta los 105 DDS, por lo que esta relación tampoco fue significativa.

Respecto a la cantidad de inflorescencias, pasto rhodes consistente y significativamente produjo la mayor cantidad de inflorescencias, y por consecuencia, semillas, durante la duración de este experimento. Las demás gramíneas competidoras, pese a tener la capacidad de producir inflorescencias y semillas viables, lo hicieron en muy baja cantidad y, debido a que la yerba venezolana no produjo inflorescencias durante la duración de este experimento, no se incluyó información sobre la misma. Por último, los parámetros de las muestras de calidad de forraje evaluados para las gramíneas durante la primera y segunda cosecha del experimento fueron la fibra

detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina, “in vitro true digestibility” (IVTD) y proteína cruda ajustada, y sus respectivos resultados se presentan en detalle en los cuadros 5 al 9. Los valores de porcentaje de fibra detergente neutra, porcentaje de fibra detergente ácida, porcentaje de lignina, porcentaje de proteína cruda ajustada, y el “in vitro true digestibility” (IVTD) fueron numéricamente similares para todas las gramíneas los nueve tratamientos y en ambas cosechas.

Cuadro 5. Resultados muestras de calidad del forraje para monocultivos en la primera cosecha.

Especies	% Proteína Cruda Ajustada	% Fibra Detergente Ácida	% Fibra Detergente Neutra	% Lignina	IVTD
<i>Urochloa</i> híbrida ‘Cayman’	12.8	33.9	58.5	7.7	72
<i>Urochloa decumbens</i>	11.0	36.2	63.0	6.1	72
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	10.1	36.3	64.0	7.0	70
<i>Chloris gayana</i>	8.2	43.9	70.4	8.3	64
<i>Paspalum fasciculatum</i>	9.6	41.0	59.8	7.0	75

Cuadro 6. Resultados muestras de calidad del forraje para pasto rhodes en cultivos mixtos en la primera y segunda cosecha.

Especies	Número de Cosecha	% Proteína Cruda Ajustada	% Fibra Detergente Ácida	% Fibra Detergente Neutra	% Lignina	IVTD
<i>C. gayana</i>	1	8.3	43.1	68.0	7.0	67
<i>C. gayana</i>	2	9.4	1.5	41.9	68.4	1.37
<i>P. fasciculatum</i>	1	9.6	41.0	59.8	7.0	75
<i>P. fasciculatum</i>	2	12.0	3.3	41.6	66.2	1.14

Cuadro 7. Resultados muestras de calidad del forraje para la yerba venezolana en cultivos mixtos en la primera cosecha.

Especies	% Proteína Cruda Ajustada	% Fibra Detergente Ácida	% Fibra Detergente Neutra	% Lignina	IVTD
<i>Urochloa</i> híbrida ‘Cayman’	10.8	38.3	59.7	6.7	72
<i>Urochloa decumbens</i>	12.8	35.9	58.6	7.1	69
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	10.8	38.3	62.9	7.2	71
<i>Chloris gayana</i>	13.3	36.8	59.2	6.9	74
<i>Paspalum fasciculatum</i>	9.6	41.0	59.8	7.0	75

Cuadro 8. Resultados muestras de calidad del forraje para monocultivos en la segunda cosecha.

Especies	% Proteína Cruda Ajustada	% Fibra Detergente Ácida	% Fibra Detergente Neutra	% Lignina	IVTD
<i>Urochloa</i> híbrida ‘Cayman’	10.6	39.0	62.4	5.6	73
<i>Urochloa decumbens</i>	9.2	38.1	63.0	4.7	74
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	9.2	38.5	65.2	4.1	75
<i>Chloris gayana</i>	7.9	44.8	72	4.9	72
<i>Paspalum fasciculatum</i>	12.0	41.6	66.2	5.5	74

Cuadro 9. Resultados muestras de calidad del forraje para la yerba venezolana en cultivos mixtos en la segunda cosecha.

Especies	% Proteína Cruda Ajustada	% Fibra Detergente Ácida	% Fibra Detergente Neutra	% Lignina	IVTD
<i>Urochloa</i> híbrida ‘Cayman’	10.4	43.8	68.0	5.9	71
<i>Urochloa decumbens</i>	11.8	41.6	68.3	6.2	70
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	11.7	41.2	69.4	5.8	73
<i>Chloris gayana</i>	12.2	40.9	68.3	5.9	70
<i>Paspalum fasciculatum</i>	12.0	41.6	66.2	5.5	74

Experimento #2.

En la figura 12 se puede apreciar una comparación gráfica de la productividad relativa (RY) en la yerba venezolana durante la primera y segunda cosecha. Diferente al primer experimento, en este caso no existieron diferencias significativas entre los tratamientos en la primera o segunda cosecha.

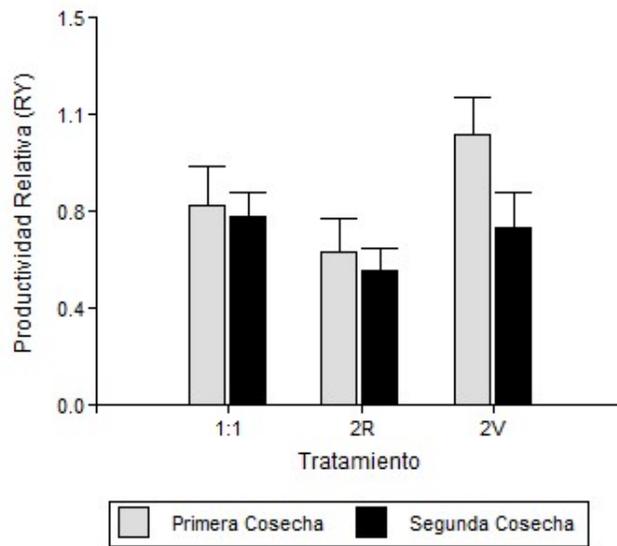


Figura 12. Productividad relativa de la yerba venezolana en tratamientos mixtos con pasto rhodes para la primera y segunda cosecha de biomasa por encima del suelo. Cada tratamiento mixto fue identificado según la proporción en la que cada gramínea se encontraba, siendo una proporción idéntica de la yerba venezolana y pasto rhodes el tratamiento (1:1), el tratamiento con el doble de individuos de pasto rhodes (2R:1V) y el tratamiento con el doble de individuos de la yerba venezolana (2V:1R). Barras representan el error estándar.

Sin embargo, existieron diferencias significativas en la producción de biomasa para dos de los tres tratamientos de la segunda cosecha, versus los monocultivos de la yerba venezolana (Cuadros 10 y 11). En la segunda cosecha, para el tratamiento 2V:1R, la yerba venezolana que creció en el tratamiento mixto produjo significativamente (p -valor = 0.0405) menos biomasa (415.12 gm^{-2}) que en el monocultivo (611.70 gm^{-2}). Asimismo, en el tratamiento 2R:1V, la yerba venezolana creciendo en el tratamiento mixto produjo significativamente (p -valor = 0.0405) menos

biomasa (315.54 gm⁻²) que en el monocultivo (611.70 gm⁻²). En general, no existieron diferencias significativas en la cantidad de biomasa producida por pasto rhodes para la primera y la segunda cosecha.

Cuadro 10. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la primera cosecha, a los 60 días después de la siembra.

Tratamiento	Biomasa (gm ⁻²)	Altura (cm)	Número de Rebotes	Distancia entre nudos (cm)
V	485.86	50.69	8.56	9.01
V:R	348.33	44.00	10.00	8.97
2V:1R	286.90	36.13	5.00	7.55
2R:1V	502.92	40.88	5.63	7.54

Cuadro 11. Valores de cada variable descriptiva de la yerba venezolana para la segunda cosecha, a los 105 días después de la siembra. Asteriscos representan diferencias significativas entre los tratamientos y el monocultivo.

Tratamiento	Biomasa (gm ⁻²)	Altura (cm)	Número de Rebotes	Distancia entre nudos (cm)
V	611.70	50.00	20.06	6.17
V:R	443.81	45.50	17.63	6.04
2V:1R	315.54*	44.50	16.38	6.78
2R:1V	415.12*	48.25	13.13	6.01

Para los parámetros de altura, rebotes y distancia entre nudos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos durante la mayor parte de los muestreos. La yerba venezolana alcanzó una altura similar en todos los tratamientos desde los 15 hasta los 75 DDS. Sin embargo, a los 90 DDS, la yerba venezolana en los tratamientos 2V:1R (37.75 cm) y 2R:1V (40.00 cm) tuvieron una reducción estadísticamente significativa en altura (p-valor = 0.0074; Cuadros 23 al 27 en el apéndice) con respecto al monocultivo (46.63 cm). Esta relación no volvió a aparecer a los 105 DDS. En cuanto a la cantidad de rebotes del macollo, esta fue similar desde los 15 hasta los 105 DDS. De la misma manera, la distancia entre los nudos de la yerba venezolana fue similar

para todos los tratamientos desde los 15 hasta los 105 DDS, por lo que esta relación tampoco fue significativa.

Respecto a la cantidad de inflorescencias, el pasto rhodes consistentemente produjo la mayor cantidad de inflorescencias, y por consecuencia, semillas, durante la duración de este experimento. La yerba venezolana no produjo inflorescencias durante la duración de este experimento, por lo que no se incluyó información al respecto.

DISCUSIÓN

Experimento #1.

De las cuatro gramíneas seleccionadas, pasto rhodes consistentemente obtuvo un mayor impacto sobre la inhibición competitiva y el desplazamiento físico de la yerba venezolana que las demás gramíneas competidoras. Para el tratamiento R/Y se obtuvieron valores de $RY=0.65$ para la primera cosecha, mientras que obtuvo un valor de $RY=0.56$ en la segunda cosecha, siendo esta diferencia entre ambas cosechas numéricamente menor que para los demás tratamientos. Esta baja diferencia en RY se percibe como un efecto deseable, pues representa una inhibición más marcada en la productividad de la yerba venezolana, con relación a su monocultivo y en comparación a los demás tratamientos estudiados.

En contraste, el RY de la yerba venezolana fue significativamente más alto ($RY = 1.62$) en la primera cosecha dentro del tratamiento mixto con el cultivar Piatã, versus los demás tratamientos, mientras que no hubo una diferencia significativa entre tratamientos para la segunda cosecha. La yerba venezolana creciendo en tratamiento mixto con el cultivar Piatã obtuvo ambos: una productividad relativa más alta con respecto a los demás tratamientos en la primera cosecha, y la mayor reducción en la productividad relativa de la yerba venezolana observada, por lo cual la diferencia del RY entre la primera y la segunda cosecha en este tratamiento fue numéricamente mayor que para los demás tratamientos.

Esta alta productividad relativa de la yerba venezolana en el tratamiento P/V durante la primera cosecha indica que es probable que haya ocurrido una sobreproducción de biomasa por parte de la yerba venezolana en el tratamiento mixto versus el monocultivo, lo cual puede considerarse como un efecto de la competencia entre las raíces de ambas especies (Wilson, 1988).

Este efecto tiende a ocurrir en ocasiones en las cuales la profundidad del suelo o su estratificación le provee a las distintas especies la oportunidad de crecer sus raíces a distintas profundidades dentro del suelo (Wilson, 1988), sugiriendo que diferencias en la profundidad del crecimiento de las raíces puede potencialmente deberse a diferencias en los nichos de ambas especies. Wilson (1988) también encontró que las interacciones de sobreproducción ocurrían principalmente en ocasiones en las cuales los experimentadores utilizaban tanques de crecimiento de profundidades entre 200 – 300 mm (Wilson y Newman, 1987; Remison y Snaydon, 1980b; Martin y Snaydon, 1982; Snaydon 1982, según citado en Wilson, 1988), mientras que este efecto no se observó en el experimento de Martin y Field (1984), en el cual utilizaron tanques de crecimiento relativamente superficiales (Wilson, 1988). En comparación, para este experimento se utilizaron tanques con una profundidad de 300 mm, por lo que es posible que este efecto de sobreproducción fuera ocasionado por los bajos niveles de competencia entre las raíces de estas dos variedades. Debido a esto, puede concluirse que para este tratamiento no existió solamente inhibición competitiva a nivel del vástago. Este efecto apoya los resultados encontrados y sugiere que ambas especies crecieron sus raíces a diferentes profundidades durante las etapas iniciales de crecimiento.

Por su parte, Kiær et al. (2013) encontraron que los efectos de la competencia de ambos, raíces y vástagos fueron más potentes en experimentos de campo que en aquellos en los que se utilizaron contenedores o tiestos, mientras que la competencia entre vástagos comúnmente no fue significativa para los experimentos llevados a cabo en tiestos, aunque los efectos de la competencia entre raíces fueron comparables en ambos, altos y bajos volúmenes de suelo. En este caso, no es posible establecer este efecto con seguridad, pues durante este estudio no fue posible evaluar las distintas interacciones entre las raíces de las gramíneas. No obstante, los autores recalcan que los efectos de la competencia entre raíces generalmente tienden a ser más fuertes que aquellos de la

competencia entre vástagos, en especial cuando la especie competidora era una gramínea, como resultado de experimentos aditivos, y cuando la especie competidora es silvestre. De acuerdo a Parkinson et al. (2013) las grandes variaciones en la tasa de crecimiento relativa y en la morfología de las raíces en las plantas herbáceas amerita que cada especie se considere independientemente en cuanto a sus efectos competitivos, basándose principalmente en aquellas dos características.

Semere y Froud-Williams (2001) encontraron que la competencia entre raíces redujo los pesos secos de los vástagos, la altura y el área foliar de las plantas, mientras que la competencia entre los vástagos no tuvo un efecto significativo sobre estas características. Sin embargo, en el caso de la yerba venezolana, Berríos (2017) observó que la yerba venezolana generalmente posee raíces fibrosas y superficiales, sugiriendo una baja producción de tejido por debajo del nivel del suelo. Es probable que existieron diferencias morfológicas y competitivas, lo cual refuerza el efecto de que la competencia entre vástagos puede ser un mejor indicador de competencia en el caso de esta especie. Por otro lado, Kiær et al. (2013) vieron una relación marcada entre la competencia entre las raíces de las distintas especies de plantas bajo condiciones donde los nutrientes disponibles en el sustrato fueron bajos o escasos, mientras que en condiciones de alta fertilidad del sustrato, la competencia en vástagos fue significativa, por lo que determinaron que la competencia entre vástagos fue influyente en las variaciones de desempeño promedio, y es posible que sea importante al determinar los individuos y especies que dominarán.

No obstante, el efecto de sobreproducción encontrado para el tratamiento P/V debe considerarse como un efecto negativo en la competencia, pues apoya, entre otras cosas, que debido a posibles diferencias entre los nichos de la variedad Piatã y la yerba venezolana durante las etapas tempranas de su crecimiento, Piatã no logró suprimir eficientemente el crecimiento de la yerba venezolana tanto como las demás tres especies lo hicieron. Este fenómeno pudo igualmente ser

ocasionado por la tasa de crecimiento de la yerba venezolana versus la del cultivar Piatã, siendo este último de crecimiento más lento que la yerba venezolana, según visto durante su desarrollo temprano en el experimento (observación personal).

La relación de inhibición competitiva parece hacerse mucho más clara al observar los datos de producción de biomasa para ambas cosechas. El crecimiento de la yerba venezolana junto a las demás variedades vio un efecto de inhibición significativo durante la segunda cosecha. Según los datos obtenidos, las plantas de la yerba venezolana creciendo dentro de los tratamientos mixtos encontraron una reducción significativa en su producción de biomasa, versus el monocultivo de la yerba venezolana. Esto sugiere que a los 105 DDS, cuando se cosecharon las gramíneas, existía un efecto competitivo significativo que redujo la biomasa de la yerba venezolana.

Berrios (2017) encontró valores de biomasa promedio para predios naturalmente invadidos por la yerba venezolana de 1316 g MS/m² y 960 g MS/m² en dos municipios de Puerto Rico, Gurabo y Corozal, respectivamente. En comparación, para este estudio, la biomasa promedio fue de unos 596.5 g MS/m², una cantidad promedio menor que para las localidades de Gurabo y Corozal. Ambas localidades poseen suelos y condiciones geográficas distintas entre sí, aunque ambas pertenecen a la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical, al igual que el municipio de Isabela (Ewel y Whitmore, 1973), pero se debe considerar que es posible que las diferencias entre los tipos de suelos y otras condiciones geográficas hayan influenciado la relativamente menor producción de biomasa. Igualmente, no se descarta que la producción de biomasa se haya visto afectada por el uso de contenedores. Berrios (2017) sugiere que diferencias en el tipo de suelo en el que la yerba venezolana se ha establecido pudieran tener un efecto medible sobre la producción de biomasa aérea, siendo este parámetro uno de gran importancia para la misma, pues la mayor parte de la biomasa de la planta se encuentra en sus vástagos. La precipitación, la disponibilidad

de agua, en combinación con el tipo de suelo, influyeron en el óptimo desarrollo de la yerba venezolana. A pesar de que no provocó una reducción en la producción de biomasa, si alteró la utilización y el contenido de almidón en los tejidos aéreo y subterráneo durante el periodo de estudio.

Estos datos son apoyados por los resultados de Semere y Froud-Williams (2001) quienes encontraron evidencia que demuestra que la habilidad competitiva de la variedad de guisante Bohatyr se puede deber a que la misma posee una mayor tasa de crecimiento, lo que puede ser asociada con su mayor área foliar. Igualmente, encontraron que la habilidad competitiva del maíz se redujo debido al estrés hídrico, mientras que la habilidad competitiva de los guisantes aumentó bajo estas condiciones, mostrando una mayor capacidad de competencia al exponerse a niveles bajos de agua (Semere y Froud-Williams, 2001). Por otro lado, Corcket y Liancourt (2003) examinaron cómo la sombra, sequía y disturbios influenciaban la intensidad y la importancia relativa de la competencia entre *Bromus erectus* Huds. y *Brachypodium pinnatum* (L.) P.Beauv., dos especies dominantes en una pradera calcárea. Los investigadores encontraron que la competencia fue intensa bajo todos sus tratamientos, pero encontraron diferencias entre la manera en la que las especies competían. *B. pinnatum* no sufrió efectos de la competencia cuando el estrés hídrico fue severo, mientras que la sombra tuvo un efecto positivo al limitar el estrés hídrico. En contraste, *B. erectus* fue aún más tolerante a la sequía, pero fue más fácilmente inhibida por los efectos de la competencia. Sin embargo, no se espera que los efectos del estrés hídrico hayan sido significativos, pues el sistema de riego funcionó apropiadamente durante todo el experimento.

Sin embargo, a diferencia de las relaciones encontradas en las medidas de biomasa y productividad relativa, los parámetros: altura y distancia entre nudos, usualmente no mostraron un patrón claro. Para ambos parámetros no existieron diferencias significativas entre los tratamientos

durante todos los muestreos. La yerba venezolana alcanzó una altura similar en todos los tratamientos desde los 15 hasta los 105 DDS. De la misma manera, la distancia entre los nudos de la yerba venezolana fue similar en todos los tratamientos desde los 15 hasta los 105 DDS, por lo que esta relación tampoco fue significativa. Con respecto a los parámetros de la calidad del forraje, no se encontraron diferencias mayores entre las materias secas de las gramíneas evaluadas, siendo estas de calidad similar, con la excepción de la yerba venezolana, la cual es de poca palatabilidad (Arroyo y Rivera-Brenes, 1960; Rivera-Brenes et al., 1959).

Referente al parámetro número de rebrotes, es importante señalar que se vieron efectos estadísticamente significativos en el crecimiento de rebrotes entre los tratamientos, y que este crecimiento distinto no se limitó a un solo tratamiento. El crecimiento promedio significativamente menor visto desde los 56 hasta los 90 DDS demuestra una tendencia firme en cuanto a la reducción de los rebrotes de yerba venezolana en los cultivos mixtos, versus su monocultivo. Esto apoya la hipótesis de que existió competencia entre los tratamientos mixtos y la yerba venezolana justo antes y luego de la primera cosecha. Sin embargo, esta tendencia desapareció a los 105 DDS. Es posible que este parámetro se haya visto afectado por el crecimiento excesivo de las plantas dentro de los contenedores durante esta fecha, por lo que es posible que factores tales como menor acceso a espacio o a luz directa del sol, pudiera haber afectado estos resultados.

Tworowski y Glenn (2001), encontraron que la competencia contra gramíneas redujo el crecimiento, productividad, y el peso de poda de los árboles de melocotón. Por su parte, Tessema et al. (1996) encontraron que la cantidad de características vegetativas y reproductivas, tales como el número de rebrotes del macollo, altura del vástago e Índice de Área Foliar (LAI) variaron marcadamente entre las especies y en proporción directa a la densidad de las plántulas de las especies de maleza. Igualmente, encontraron que la altura de las plantas y LAI aparentaron ser los

factores más asociables con la habilidad competitiva de las malezas contra el trigo. Esta relación puede ayudar a explicar los resultados variados encontrados para los parámetros de altura, distancia entre nudos y número de rebrotes. Tedder et al. (2012) encontraron que los mayores efectos competitivos que experimentaron los retoños de *Acacia* dependieron mayormente del nivel de nutrientes en el suelo y la identidad de la gramínea competidora.

Excluyendo a pasto rhodes, la cantidad de inflorescencias producidas por todas las gramíneas usualmente fue baja o inexistente. En el caso de la yerba venezolana, esta nunca floreció durante el primer experimento. Existe la posibilidad de que la ausencia de inflorescencias pueda ser un efecto de la competencia, tanto inter como intraespecífica, a la que las distintas gramíneas estuvieron expuestas durante el estudio, pero esta relación no pudo ser directamente estudiada durante este experimento. Tessema et al. (1996) encontraron que los componentes del trigo más afectados por la competencia de las tres malezas evaluadas fueron la cantidad de inflorescencias con semillas fértiles y el número de semillas por espiga. Igualmente, es posible que, debido al estrés ocasionado durante la propagación por estolones, la energía disponible en la planta haya sido utilizada exclusivamente para el establecimiento de crecimiento vegetativo, por lo que la inexistente producción de inflorescencias se explicaría como consecuencia directa del método utilizado para la propagación de la planta, y no como otro efecto de la competencia a la que estuvo sujeta.

Por otro lado, es probable que esta tendencia pueda deberse al tiempo del año en el que se realizó este estudio, pues Berríos (2017) encontró que, en Puerto Rico, la yerba venezolana florece en los meses de julio hasta octubre, temporada que no coincide con la temporada en la que se realizó el estudio, ya que este fue realizado entre los meses de febrero y junio. Pese a esto, distintos autores indican que su época de florecida es entre mayo a junio (UPR Press, 2001), por lo que es

posible que la yerba venezolana florezca durante cualquiera de estos meses, dependiendo principalmente de su localidad. Futuros estudios deben realizarse para poder entender mejor el efecto de la competencia y otros factores sobre la producción de inflorescencias de la yerba venezolana.

Las tres gramíneas competidoras del género *Urochloa*, *Cayman*, *Decumbens* y *Piatã*, en su mayoría no produjeron ramas reproductivas durante los experimentos. Esto puede deberse a su ciclo de vida, pues estas especies se crecieron a partir de semillas, y en general tienden a tardar más en llegar a su madurez sexual (observación personal). Es por esto que es más probable que la baja tasa de producción de inflorescencias se haya relacionado más al tiempo transcurrido desde la germinación hasta la segunda cosecha y a la temporada del año en la que se realizó este primer experimento, que al efecto de la competencia entre especies. En adición, las diferencias en los pesos de las inflorescencias para el pasto rhodes no fueron estadísticamente significativas entre los tratamientos, por lo que se entiende que las plantas produjeron inflorescencias de calidad similar en todos los tratamientos.

Concerniente a pasto rhodes, su alta tasa de producción de inflorescencias y, por consecuencia, posible producción mayor de semillas fértiles, podría ser un posible beneficio de su siembra con respecto a las demás variedades examinadas para este estudio. Aunque no existieron diferencias significativas entre la producción de inflorescencias entre el tratamiento mixto de pasto rhodes y su monocultivo, la alta tasa de producción de semillas puede representar una ventaja para el establecimiento a largo plazo de esta gramínea, especialmente mientras se encuentre en competencia con la yerba venezolana.

Como puede apreciarse en la figura 13, el crecimiento usual para pasto rhodes en un cultivo mixto con la yerba venezolana usualmente estaba relacionado a un desplazamiento físico marcado de la yerba venezolana, pues el crecimiento relativamente espeso de los vástagos de pasto rhodes, tanto en cultivo mixto como en el monocultivo, pareció ser de utilidad como un inhibidor físico frente al desplazamiento de los estolones de la yerba venezolana, cuando esta crecía en dirección al pasto rhodes (observación personal). En adición, pasto rhodes produjo un follaje abundante mucho más rápido, contrastando con las demás gramíneas competidoras (observación personal).



Figura 13. Cultivo mixto de la yerba venezolana y pasto rhodes (tratamiento 2R:1V). Según puede apreciarse, el crecimiento de pasto rhodes (izquierda) parece limitar la distribución de estolones de la yerba venezolana (derecha).



Figura 14. Acumulación de hojarasca muerta en la base del macollo de pasto rhodes en monocultivo.

Pasto rhodes exhibió un crecimiento relativamente rápido con respecto a las demás gramíneas, una alta tasa de producción de inflorescencias, una alta producción de biomasa y, aunque no fue una relación estadísticamente significativa, se observó una supresión consistente en la productividad de la yerba venezolana. Esta gramínea alcanzó su etapa reproductiva durante este estudio, aun en presencia de la yerba venezolana. Es por esto posible que las semillas maduras, usualmente de bajo peso, logren dispersarse, germinar y emerger por entre el denso crecimiento de la yerba venezolana, añadiendo una entrada de individuos nuevos a la dinámica de la competencia. Por consecuencia, esto pudiese aumentar las probabilidades de su establecimiento a largo plazo en lugares invadidos por la yerba venezolana en los cuales se busca mejorar la producción de biomasa.

Siendo esta una gramínea de buena calidad para la producción de heno, su dispersión por semillas pudiera ser beneficiosa, dependiendo de las necesidades del agricultor, lo cual facilita a pasto rhodes una ventaja sobre las demás gramíneas forrajeras. Sin embargo, McIvor (2003) encontró que para plántulas de *Cenchrus ciliaris* L. (pasto buffel), ninguna plántula sobrevivió la competencia en pasturas con densidad abundante de plantas, mientras que en lugares donde no hubo competencia medible, sobrevivieron entre el 40 – 80% de las plántulas de esta gramínea. Por consiguiente, se debe tener en cuenta que para que esta ventaja se pueda aprovechar, es posible que se necesite llevar a cabo algún método adicional de control mecánico de la yerba venezolana. Por otro lado, este beneficio debe considerarse con cautela, pues el pasto rhodes, pese a sus buenas cualidades como gramínea forrajera, ha sido considerado como una gramínea invasora en otros países (Peters et al., 2010).

Durante las observaciones de campo, comúnmente se podía apreciar el crecimiento abundante de pasto rhodes, y el desplazamiento de la yerba venezolana hacia el lado opuesto de la parcela, como puede apreciarse en la figura 13. Es también posible que la acumulación de hojas, apreciable en la figura 14, ayude en la inhibición del crecimiento de plántulas no deseables en las parcelas donde esta gramínea se establezca. Sin embargo, Mingo y Oesterheld (2009) encontraron que la conservación de la hojarasca seca puede ser un mecanismo de defensa contra depredadores. Además, su rápido crecimiento y producción de biomasa, la hacen buena candidata para competir directamente con la yerba venezolana en lugares en los que comúnmente exista un exceso de acumulación de agua en el suelo. Dados los datos recopilados, el potencial para el uso de esta planta en lugares con mayor retención de agua en el suelo, y sus características ventajosas de crecimiento, como su alta producción de estolones, rebrotes y semillas, en comparación con las

demás gramíneas competidoras, se determinó que pasto rhodes fue la gramínea que mejor compitió con la yerba venezolana.

Experimento #2.

Para el segundo experimento, no se obtuvieron valores significativamente distintos en la productividad relativa para los tratamientos mixtos. Es posible que esto se deba a que el nivel de inhibición competitiva entre ambas especies fue similar para los tres tratamientos, inhibiendo su crecimiento de manera similar, tal como ocurrió en el primer experimento para el tratamiento mixto R/V. Este argumento se apoya en el hecho de que, durante la primera cosecha, la biomasa de la yerba venezolana no fue significativamente distinta en los distintos tratamientos. No obstante, según los parámetros del índice, se registró un caso de sobreproducción para el tratamiento 2V:1R ($RY=1.04$) durante la primera cosecha, lo cual puede considerarse un efecto de la cantidad de plantas de la yerba venezolana que crecieron en el tanque.

Es probable que este efecto, aunque leve, haya sido producto de las diferencias en la profundidad del crecimiento de las raíces, como resultado de utilizar tanques de crecimiento de una profundidad 300 mm (Wilson, 1988). Kiær et al. (2013) igualmente concuerdan en que los efectos de la competencia de ambos, raíces y vástagos eran más potentes en experimentos de campo que en aquellos en los que se utilizaron contenedores o tiestos. No obstante, es posible que este efecto de sobreproducción en el tratamiento 2V:1R fuera ocasionado tanto por los distintos niveles de competencia intraespecífica entre las raíces de las plantas de la yerba venezolana, como por la competencia interespecífica entre estas dos variedades. Sin embargo, la competencia intraespecífica no fue evaluada en este experimento, por lo que futuros estudios son necesarios para ayudarnos a entender mejor esta interacción.

En la segunda cosecha existieron diferencias significativas en la producción de biomasa. Esta fue significativamente menor para la yerba venezolana creciendo dentro de los dos tratamientos de proporción mixta (2:1), 2R:1V y 2V:1R. Es probable que estas diferencias en su producción de biomasa se deban en gran parte a la mayor acumulación de vástagos y raíces como efecto de la mayor cantidad de plantas que fueron sembradas en estos dos tratamientos. Sin embargo, es posible que para el tratamiento 2V:1R, la disminución en biomasa pueda deberse al efecto de la competencia intraespecífica entre las plantas de la yerba venezolana, mientras que es probable que para el tratamiento 2R:1V, la competencia interespecífica con pasto rhodes haya jugado un rol mayor en la disminución de la biomasa de la yerba venezolana, aunque no se descarta un posible efecto de la competencia intraespecífica entre las plantas de pasto rhodes. Sin embargo, diferencias en estas interacciones no pudieron ser evaluadas en este estudio.

En cuanto al tratamiento 2R:1V, es probable que el crecimiento del doble de la cantidad de plantas de pasto rhodes en general haya tenido un efecto positivo, pues la disminución significativa en el crecimiento de la yerba venezolana, por factores como la competencia por posibles factores como espacio y nutrientes, fue acompañada de una producción de biomasa numéricamente más alta que en otros tratamientos. Aunque esta relación no fue significativa apoya el uso de esta gramínea en altas proporciones, pues en este experimento, estas proveen un beneficio que, de encontrarse presente y ser significativo dentro de otro conjunto de condiciones, puede fácilmente justificar el uso de una mayor proporción de semillas en tratamientos de inhibición competitiva contra la yerba venezolana. Cramer y Bond (2012) encontraron que la biomasa de las gramíneas no cambió luego de la fertilización con nitrógeno, y encontraron que la falta de capacidad para responder a la acumulación de biomasa y a la fertilización con nitrógeno indica que existió una limitación en la disponibilidad de otros nutrientes en el suelo.

Con relación a la altura de las plantas, a los 90 DDS se registró un crecimiento en altura de la yerba venezolana en los tratamientos 2R:1V y 2V:1R significativamente menor que en su monocultivo, y para el tratamiento 2R:1V, una reducción significativa en el número de rebrotes. Aunque no existe una tendencia clara, los datos sugieren que esta reducción vista en este periodo puede deberse a variaciones temporeras en el crecimiento de las plantas, como cambios en la cantidad de luz disponible durante ese periodo. No obstante, los recursos del suelo, tales como los nutrientes y el agua, pueden ser más limitantes que la falta de luz (Semere y Froud-Williams, 2001). Sin embargo, estas tendencias no pueden probarse con los datos obtenidos a partir de este experimento. Para la relación de distancia entre nudos no existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Fowler (1990) estudió el número de rebrotes por macollo, inflorescencias y semillas totales en *Aristida longiseta* (Steud.), *Bouletoua rigidiseta* (Steud.) y *Stipa leucotricha* (Trin. & Rupr.). Encontró que los nichos de los juveniles y adultos de *A. longiseta* y *B. rigidiseta* son más amplios que los de sus plántulas, y que las respuestas a la competencia fueron altamente específicas. También encontró que el efecto de un competidor en particular es solo una función de su tamaño y del tipo de organismo y que la heterogeneidad espacial no afecta el desenlace de la competencia entre estas especies directamente, pero si tiene un efecto, pues estas especies responden diferentemente a distintos microambientes.

En este experimento, la producción de inflorescencias fue única de pasto rhodes, produciendo gran número de inflorescencias durante el estudio en todos los tratamientos. Sin embargo, esta producción no tuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Al igual que durante el primer experimento realizado, la yerba venezolana no produjo inflorescencias. Una posibilidad es que, debido al estrés ocasionado durante la propagación por

estolones, la energía disponible de la planta haya sido utilizada exclusivamente para el establecimiento de crecimiento vegetativo, por lo que se explicaría la inexistente producción de inflorescencias como efecto directo del método utilizado para la propagación de la planta, y no por la competencia a la que estuvo sujeta. Igualmente, es posible que a la temporada del año en la que se llevó a cabo este estudio limitara estos resultados, pues según Berríos (2017) la yerba venezolana florece en los meses de julio hasta octubre, y otros autores indican que su época de florecida es entre mayo a junio (UPR Press, 2001).

Pasto rhodes, igual que durante el primer experimento, exhibió un crecimiento rápido, una alta tasa de producción de inflorescencias y una buena producción de biomasa. En comparación con los demás tratamientos, se encontró una supresión consistente en la producción vegetativa de la yerba venezolana. De igual manera, durante las observaciones de campo, usualmente apreciaba el crecimiento abundante de pasto rhodes, y la tendencia de la yerba venezolana a desplazarse hacia el lado opuesto de la parcela. Debido a que pasto rhodes se desempeñó mejor numéricamente en la producción de biomasa dentro del tratamiento 2R:1V, es probable que exista una ventaja en utilizar una alta proporción de semillas pasto rhodes en la restauración de fincas invadidas por la yerba venezolana. Una producción de biomasa mayor por parte de pasto rhodes puede ser de beneficio si se busca maximizar la producción de biomasa.

No obstante, futuros estudios se necesitan para poder definir mejor la relación competitiva entre ambas gramíneas, pero específicamente, entre los individuos de la misma especie, pues mediciones de la competencia intraespecífica entre individuos de cada tratamiento ayudarían a elucidar mejor la relación competitiva entre individuos de cada una de las dos especies estudiadas. Fargione y Tilman (2006) correlacionaron la concentración de nitrato en el suelo de 13 especies que habían crecido durante un periodo de cinco años con la productividad relativa (“Relative

Yield”) y abundancia en la competencia. Encontraron que la característica que obtuvo una mayor correlación con la productividad relativa de una especie fue la densidad del largo de la raíz (Root Length Density, RLD) y la característica que mejor correlacionó con la abundancia en la competencia fue la proporción de Biomasa: Nitrógeno. Por lo tanto, se sugiere que, para futuros estudios controlados en los cuales se utilice la yerba venezolana, se considere lo siguiente: la temporada en la que se realizará el estudio, el uso de semillas de en vez de estolones, el llevar a cabo un experimento de campo, en contraste con el uso de tanques experimentales para el establecimiento del experimento, el estudio de las raíces de las distintas gramíneas y el uso de parámetros adicionales, tales como el RLD.

Jacobo et al. (2009) estudiaron el efecto de la fecha de siembra y la cantidad de nitrógeno sobre la competencia entre *Paspalum dilatatum* Poir. y *Festuca arundinacea* Schreb. en Argentina. Estos hicieron un conteo del número de hojas verdes y número de rebrotes por macollo en cada grupo de plantas, estudiaron la tasa de elongación de las hojas, su concentración de nitrógeno y evaluaron la cantidad de biomasa seca producida. Los investigadores reportaron un crecimiento marcado para ambas especies en las temporadas más cálidas, concluyendo que la fecha de siembra es un factor crucial que determina el éxito en el establecimiento de gramíneas C₄ en pasturas mixtas.

También se sugiere establecer condiciones que imiten más fielmente las áreas invadidas por la yerba venezolana. Corcket y Liancourt (2003) sugieren que la intensidad competitiva es altamente dependiente de los sistemas estudiados y las especies particulares que allí se encuentren, en vez de la importancia relativa de la competencia bajo distintas condiciones. Por esta razón, es probable que el uso de predios naturalmente húmedos en los que se haya establecido naturalmente un monocultivo de la yerba venezolana, pues esto ayudaría a entender mejor las interacciones entre

las plantas adultas y los juveniles de las gramíneas competidoras. Belsky (1994) estudió la interacción entre árboles de *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne y distintas especies herbáceas bajo diversas condiciones, encontrando que los árboles de sabana compitieron con mayor intensidad con las plantas del sotobosque en los lugares más húmedos

Adicionalmente, recomiendo se haga una evaluación más certera sobre la producción de inflorescencias y semillas, pues la cantidad de inflorescencias con semillas fértiles y el número de semillas por espiga suelen ser los componentes del trigo más afectados por la competencia, por lo que es posible este sea un parámetro útil para llevar a cabo medidas certeras de competencia en el futuro. También, es recomendable que, de repetirse un estudio similar, se considere ambos: el uso de otras gramíneas competidoras como, por ejemplo, *Brachiaria arrecta* (Hack. ex T. Durand & Schinz) Stent, y *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf, ambas gramíneas forrajeras resistentes a inundaciones (Peters et al., 2010), y el uso de gramíneas nativas no invasoras con buena producción de forraje. Es preferible que las gramíneas competidoras produzcan una alta cantidad de estolones y, posiblemente, rizomas, pues estas son posibles cualidades que les pueden ayudar a competir contra la yerba venezolana, de considerarse las mismas para el control de esta gramínea invasora en parcelas con potencial para la producción de heno o el pastoreo.

Por último, de ser posible, sería útil que tal experimento intentara simular condiciones naturales lo más posible y evitar limitaciones en el espacio experimental que pudiesen afectar el desenlace del experimento. Esto igualmente ayudaría a entender cómo su remoción a partir de las raíces, versus su remoción incompleta, ayudan al establecimiento y desarrollo inicial de pasto rhodes, información que es necesaria para poder proveer recomendaciones más concretas sobre el uso de este método o, inclusive, el desarrollo de un mecanismo para el control biológico de la yerba venezolana en fincas agrícolas.

CONCLUSIONES

De las cuatro gramíneas competidoras que se utilizaron durante el primer experimento, pasto rhodes fue la gramínea forrajera que mejor compitió con la yerba venezolana. Su rápido crecimiento, abundante producción de estolones y alta producción de biomasa fueron características beneficiosas en su crecimiento junto a la yerba venezolana. Durante el primer experimento, pudo verse que pasto rhodes inhibió la productividad relativa de la yerba venezolana durante ambas cosechas, produjo inicialmente una gran cantidad de biomasa, aun creciendo junto con la yerba venezolana, y produjo la mayor cantidad de inflorescencias y semillas durante el experimento. De igual manera, durante el segundo experimento se pudo observar que los tratamientos 2R:1V y 2V:1R ambos vieron una reducción en la producción de biomasa de la yerba venezolana.

Es por esto que se recomienda que, para áreas invadidas de la yerba venezolana que tengan cobertura completa de la yerba venezolana, sin importar su densidad, se utilice una proporción relativamente baja de semillas de pasto rhodes, si se desea evitar el gasto excesivo de semillas y la aglomeración excesiva de las dos especies. Esto se debe a que durante este experimento se documentó que una proporción menor de plántulas produjo un efecto similar al uso de una cantidad proporcionalmente mayor de las mismas, y se espera que una menor densidad de competencia intraespecífica le permita a pasto rhodes establecerse más efectivamente. No obstante, si la producción de biomasa por parte de pasto rhodes es preferida desde las etapas iniciales de siembra, es recomendable el uso de una alta proporción de semillas, pues en base a los resultados de este estudio, fue en el tratamiento con un doble contenido de individuos de pasto rhodes que se produjo la mayor cantidad de biomasa promedio por parte de pasto rhodes, la cual fue numéricamente más alta desde la primera cosecha.

Para la realización de futuros estudios en esta materia, sugiero que no solo se considere el potencial de pasto rhodes como la mejor gramínea competidora contra la yerba venezolana, si no que se considere el uso de otras gramíneas que pudiesen estar mejor adaptadas a la región geográfica y las condiciones bajo las cuales se llevaría a cabo la competencia con la yerba venezolana. Para esto, un experimento similar al descrito en la primera parte de esta tesis puede ser apropiado. Igualmente, al escoger una gramínea competidora, se debe tomar en cuenta los hábitos de crecimiento de la misma, siendo preferible una gramínea que posea buena resistencia a condiciones de inundación, alta tasa de crecimiento estolonífero y, dependiendo el caso, posiblemente rizomatoso. De igual manera, es preferible el uso de gramíneas forrajeras con una alta tasa de crecimiento y producción de biomasa, posiblemente proporcional a los parámetros reportados para la yerba venezolana, pues el problema más grande encontrado en este estudio con las gramíneas del género *Urochloa* fue la limitación ocasionada por el relativamente largo tiempo que les tomó crecer desde semilla, establecerse y llegar a su madurez sexual, cuando entonces se encontraban en una mejor posición para competir contra la yerba venezolana. Esto contrasta con el crecimiento de pasto rhodes, el cual se estableció con prontitud y produjo inflorescencias mucho más temprano que las demás variedades estudiadas.

Igualmente, sugiero que se considere el uso de espacios controlados con mayor área superficial y profundidad de suelo, el uso de otros indicadores tales como área foliar para medir competencia, el experimentar en distintas regiones geográficas para ver si existen cambios en la manera en la que se desempeña la competencia, y en áreas previamente invadidas por la yerba venezolana, para observar cómo la competencia se manifiesta bajo distintos tipos y condiciones de suelo, tales como profundidad, cantidad de nutrientes disponibles, disponibilidad de agua o humedad del mismo.

Además, se debe buscar que las especies de gramínea que competirían puedan hacerlo así en zonas inundables, pues otra limitación de las gramíneas del género *Urochloa* spp. es que toleran brevemente, pero no son muy resistentes a condiciones de inundación, una condición importante que pudiese encontrarse en algunas parcelas en donde la yerba venezolana se ha establecido. A la par, se deben hacer pruebas a escala de finca para confirmar que la relación competitiva entre la yerba venezolana y pasto rhodes se repite en condiciones regulares de producción agrícola.

Por último, se sugiere que, para fincas invadidas parcial o totalmente por la yerba venezolana, se considere lo siguiente. Antes de comenzar con la siembra de semillas de gramíneas forrajeras se recomienda que, a la medida que sea posible, se controle el establecimiento de la yerba venezolana y otras especies relacionadas, sea por vía mecánica o química, para facilitar la siembra de las semillas de las gramíneas forrajeras. En el caso de que se opte por el control mecánico de la misma, se debe intentar remover toda la materia vegetativa posible, teniendo en cuenta que la yerba venezolana rebrota fácil y rápidamente a partir de pedazos cortos de estolones, al igual que de tallos con raíces existentes (observación personal). De igual manera, es preferible que la remoción se haga en periodos en los cuales la yerba venezolana no esté activamente produciendo inflorescencias o semillas, para así evitar el esparcimiento desmedido y no deseado de sus semillas, posiblemente desde noviembre hasta mayo, cuando la yerba venezolana todavía no ha florecido (Berríos, 2017; UPR Press, 2001).

Los fragmentos de la yerba venezolana rebrotados son de rápido crecimiento y esto pudiese darles ventaja con relación a su competencia contra las gramíneas forrajeras que se establezcan a partir de semillas. Sin embargo, una ventaja de la remoción mecánica de la yerba venezolana es que sus rebrotes son fácilmente identificables debido a sus características morfológicas (ej. forma de las hojas y crecimiento de estolones marrones por encima del terreno), por lo que su remoción

se simplifica. La remoción de estos propágulos remanentes es beneficiosa y se recomienda llevar a cabo esta práctica antes o pronto luego del esparcimiento de las semillas para así facilitar el establecimiento de la gramínea forrajera. Si se opta por el control químico de la yerba venezolana, deben seguirse las recomendaciones del herbicida antes de la siembra de las semillas de gramíneas forrajeras.

LITERATURA CITADA

- Aliscioni, S.S. 2000. Anatomía ecológica de algunas especies del género *Paspalum* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae). *Darwiniana*, 38(3-4): 187-207.
- Arroyave, C., R. Tolra, T. Thuy y J. Barceló. 2013. Differential aluminum resistance in *Brachiaria* species. *Environmental and Experimental Botany*, 89: 11-18.
- Arroyo, J. A., L. Rivera-Brenes. 1960. Digestibility studies on Venezuela grass (*Paspalum fasciculatum*) and plantain pseudostalks (*Musa paradisiaca*). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 44(3):103-106.
- Axelrod, F. S.. 2011. A Systematic Vademecum to the Vascular Plants of Puerto Rico. En: Barney Lipscomb (ed.), pp. 278-279. Botanical Research Institute of Texas. Fort Worth, Texas.
- Belsky, A. J.. 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients and tree-grass competition. *Ecology*. 75(4):922-932.
- Berrios-Rivera, M.Y.. 2017. Evaluación de biomasa y contenido de almidón en yerba Venezolana (*Paspalum fasciculatum*). Universidad de Puerto Rico en Mayaguez.
- Corbin, J. D., C. M. D'Antonio. 2004. Can Carbon Addition Increase Competitiveness of Native Grasses? A Case Study from California. *Restoration Ecology*, 12(1): 36-43.
- Corcket, E., P. Liancourt. 2003. The relative importance of competition for two dominant grass species as affected by environmental manipulations in the field. *Écoscience*. 10(2):186-194.
- Coward-Lord, J., J. A. Arroyo-Aguilú y O. García-Molinari. 1974. Fibrous Carbohydrate Fractions and in Vitro True and Apparent Digestibility of 10 Tropical Forage Grasses. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 58(3): 293 – 304.
- Cramer, M.D., Y W. Bond. 2012. N-Fertilization does not alleviate grass competition induced reduction of growth of African savanna species. *Plant Soil*. 366:563-574.
- Dauer, J. T., P. B. Mc Evoy y J. V. Sickle. 2012. Controlling a plant invader by targeted disruption of its life cycle. *Journal of Applied Ecology*, 49: 322-330.
- Denham, S. S. 2005. Revisión sistemática del subgénero *Harpostachys* de *Paspalum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 92: 463-532.

- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ewel, J.J., Whitmore, J.L. 1973. The Ecological Life Zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. USDA Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Research Paper ITF-018.
- Fargione, J., D. Tilman. 2006. Plant species traits and capacity for resource reduction predict yield and abundance under competition in nitrogen-limited grassland. *Functional Ecology*. 20(3):533-540.
- Fernandez, O. y R. A. Ortiz. 1995. Evaluación de herbicidas gramínicidas para el combate de gamalote (*Paspalum fasciculatum* Wild.) en palma aceitera (*Elaeis guineensis*). *Agronomía Mesoamericana* 6: 15-22.
- Fowler, N. L. 1990. The effects of competition and environmental heterogeneity on three coexisting grasses. *Journal of Ecology*, 78: 389-402.
- Giraldo-Cañas, D. 2010. Distribución e invasión de gramíneas C3 y C4 (Poaceae) en un gradiente altitudinal de los Andes de Colombia. *Caldasia*, 32: 65-86.
- Harris, G. A. 1977. Root phenology as a factor of competition among grass seedlings. *Journal of Range Management*. 30(3):172-177.
- Jacobo, E., A. Rodríguez, M. Durand, y V. Deregibus. 2009. Sowing date and nitrogen supply determine the outcome of competition between dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in the Pampas region of Argentina. *Grass and Forage Science*, 64: 71-79.
- Kiær, L. P., A. N. Weisbach, J. Weinery y D. Gibson. (2013), Root and shoot competition: a meta-analysis. *Journal of Ecology*. 101: 1298-1312.
- Lapointe, S. L., M. S. Serrano, G. L. Arango, G. Sotelo y F. Córdoba. 1992. Antibiosis to Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Accessions of *Brachiaria* spp.. *Journal of Economic Entomology*, 84(4): 1485-1490.
- Más, E.. 1994. Caribbean Area Grasses Identification Field Guide. Soil Conservation Service. United States Department of Agriculture.

- Mas, E. y O. García-Molinari. 2006. Guía ilustrada de yerbas comunes en Puerto Rico. 2^{da} edición revisada. Servicio de Extensión Agrícola, UPR Mayagüez. 313 pp.
- McIvor, J.G. 2003. Competition affects survival and growth of buffel grass seedlings — is buffel grass a coloniser or an invader? *Tropical Grasslands*. 37: 176–181.
- Mendes-Bonato, A. B., M. S. Pagliarini, F. Forli, C. Borges do Valle y M. I. Oliveira Penteadó. 2002. Chromosome numbers and microsporogenesis in *Brachiaria brizantha* (Gramineae). 2002. *Euphytica*, 125: 419-425.
- Mingo, A., M. Oesterheld. 2009. Retention of dead leaves by grasses as a defense against herbivores. A test on the palatable grass *Paspalum dilatatum*. *Oikos* 118:753-757.
- Nanamori, M., T. Shinano, J. Wasaki, T. Yamamura, I. M. Rao y M. Osaki. 2004. Low Phosphorus Tolerance Mechanisms: Phosphorus Recycling and Photosynthate Partitioning in the Tropical Forage Grass, *Brachiaria* Hybrid Cultivar Mulato Compared with Rice. *Plant Cell Physiology*, 45(4): 460-469.
- Parkinson, H., C. Zabinsky y N. Shaw. 2013. Impact of native grasses and cheatgrass (*Bromus tectorum*) on Great Basin forb seedling growth. *Rangeland Ecology and Management*. 66(2):174-180.
- Peters, M., L. H. Franco, A. Schmidt y B. Hincapié. 2010. Gramíneas. Especies Forrajeras multipropósito. pp.8-23. Cali, Colombia.
- Pizarro, E. A.. 2013. Un nuevo híbrido para el mundo tropical - *Brachiaria* híbrida cv. CIAT BR02/1752 "Cayman". Pasturas de América. <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/brachiaria-hibrida-cayman/>. Marzo 2014.
- Radosevich, S. R., Holt, J. S., Ghersa, C. 2007. Plant-Plant Associations. En *Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience.
- Rao, I. M., M. A. Ayarza y R. García. 1995. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils. I. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C4 grasses and C3 legumes. *J. Plant Nutr.*18: 2135–2155.
- Rao, I.M., Kerridge, P.C. and Macedo, M.C.M. 1996. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. En: Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. (ed.), pp. 53–71. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

- Riginos, C.. 2009. Grass competition supresses savanna tree growth across multiple demographic stages. *Ecology*. 90(2):335-340.
- Rivera Brenes, L., Herencia, J., Arroyo, J. A., y J. I. Cabrera. 1959. Palatability Trials on Merker Grass (*Pennisetum purpureum*), Venezuela Grass (*Paspalum fasciculatum*) and plantain pseudostalks (*Musa paradisiaca*). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 43(4):249-254.
- Rodriguez-Domínguez, P. 2006. Situación actual de la yerba venezolana en Puerto Rico. Presentación del Servicio de Extensión Agrícola, UPR Mayagüez. <http://academic.uprm.edu/rodriguezp/HTMLobj-94/yerbavenezolana.pdf>. Accesado el 18 de diciembre de 2015.
- Rua, G. H., P. R. Speranza, M. Vaio y M. Arakaki. 2010. A phylogenetic analysis of the genus *Paspalum* (Poaceae) base on cpDNA and morphology. *Plant System Evolution*, 288: 227-243.
- Segura, G. S. 1957. Hábitos de crecimiento del *Paspalum fasciculatum* Willd. y su posible control con herbicidas. Tesis para maestro en ciencias. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Semere, T. y R.J.. Froud-Williams. 2001. The effect of pea cultivar and water stress on root and shoot competition between vegetative plants of maize and pea. *Journal of Applied Ecology*. 38:137-145.
- Silvertown, J., C.E.M. Lines y M. P. Dale. 1994. Spatial competition between grasses – rates of mutual invasion between four species and the interaction with grazing. *Journal of Ecology* 82: 31-38.
- Sotomayor-Ríos, A., F. J. Julia, y J. A. Arroyo-Aguilu. 1974. Effects of harvest intervals on the yield and composition of 10 forage grasses. *Journal of Agriculture University of Puerto Rico* 58(4): 448-55.
- Tedder, M., C. Morris, R. Fynn y K. Kirkman. 2012. Do soil nutrients mediate competition between grasses and Acacia saplings? *Grassland Science*. 58:238-245.
- Tessema, T., D.G. Tanner y M. Hulluka. 1996. Grass weed competition with bread wheat in Ethiopia: I. Effects on selected crop and weed vegetative parameters and yield components. *African Crop Science Journal*. 4(4): 399 - 409.

- Twoorkoski, T.J. y D.M. Glenn. 2001. Yield, shoot and root growth, and physiological responses of mature peach trees to grass competition. *HortScience*, 36(7):1214-1218.
- University of Puerto Rico Press. 2001. Guide to Identify Common Wetland Plants in the Caribbean Area: Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands, p.157. San Juan, Puerto Rico.
- Urbani, M. H. 1996. Estudios sobre citología, sistema reproductivo y compatibilidad polen-pistilo de *Panicum dichotomiflorum* y *Paspalum fasciculatum* (Gramineae: Paniceae). *Darwiniana* 34(1-4): 193-198.
- Weigelt, A. y P. Jolliffe. 2003. Indices of Plant Competition. *Journal of Ecology* 91: 707 – 720.
- Williams, C.A, y B.C. McCarthy. 2001. A new index of interspecific competition for replacement and additive designs. *Ecological Research* (16): 29–40.
- Wilson, J. B.. 1988. Shoot Competition and Root Competition. *Journal of Applied Ecology*. 25(1): 279 – 296.
- Xu, B., W. Xu, J. Huang, L. Shan y F. Li. 2011. Biomass production and relative competitiveness of a C3 legume and a C4 grass co-dominant in the semiarid Loess Plateau of China. *Plant and Soil*. 347(1-2): 25-39.

APÉNDICE

Experimento #1

Cuadro 12. Medidas de resumen para monocultivo de Cayman.

Tratamiento	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
C	15	16.31	0	0
C	30	25.06	0	0
C	45	44.25	0	0
C	60	59.38	9.94	7.59
C	75	26.42	0	0
C	90	49.50	7.94	5.06
C	105	57.14	11.94	6.92

Cuadro 13. Medidas de resumen para monocultivo de Decumbens.

Tratamiento	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
D	15	20.94	0	0
D	30	37.63	0	0
D	45	58.92	0	0
D	60	69.94	2.40	8.22
D	75	30.31	20	0
D	90	56.44	8.48	7.01
D	105	68.55	10.69	7.76

Cuadro 14. Medidas de resumen para monocultivo de Piatã.

Tratamiento	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
P	15	28.75	0	0
P	30	49.81	0	0
P	45	76.58	0	0
P	60	86.25	1.88	9.06
P	75	34.69	0	0
P	90	63.56	6.56	7.04
P	105	74.09	8.00	9.34

Cuadro 15. Medidas de resumen para monocultivo de pasto rhodes.

Tratamiento	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
R	15	25.31	0	4.88
R	30	58.63	15.63	11.84
R	45	73.50	27.72	11.80
R	60	75.38	17.13	11.48
R	75	39.56	23.90	10.45
R	90	72.25	27.86	11.98
R	105	82.13	30.50	13.32

Cuadro 16. Medidas de resumen para monocultivo de la yerba venezolana.

Tratamiento	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
V	15	18.69	0	6.80
V	30	20.05	13.25	7.96
V	45	28.52	23.58	9.91
V	60	44.75	30.56	9.01
V	75	35.75	26.56	7.67
V	90	41.56	50.63	7.43
V	105	46.10	56.88	7.01

Cuadro 17. Medidas de resumen para cultivo mixto de Cayman creciendo junto a la yerba venezolana.

Tratamiento	Variedad	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
C/V	C	15	15.00	0	0
C/V	C	30	28.75	0	0
C/V	C	45	46.17	0	0
C/V	C	60	69.75	2.88	7.21
C/V	C	75	27.13	0	0
C/V	C	90	49.50	7.13	5.18
C/V	C	105	60.15	11.38	5.58
C/V	V	15	18.50	0	7.20
C/V	V	30	22.81	16.75	8.24
C/V	V	45	31.22	24.17	9.34
C/V	V	60	38.29	22.50	8.98
C/V	V	75	36.38	19.75	7.27
C/V	V	90	39.63	35.00	7.32
C/V	V	105	46.94	26.25	6.85

Cuadro 18. Medidas de resumen para cultivo mixto de Decumbens creciendo junto a la yerba venezolana.

Tratamiento	Variedad	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
D/V	D	15	24.00	0	0
D/V	D	30	34.88	0	0
D/V	D	45	55.50	0	0
D/V	D	60	53.21	3.75	9.55
D/V	D	75	33.13	0	0
D/V	D	90	61.88	9.88	7.59
D/V	D	105	65.60	15.75	7.55
D/V	V	15	18.00	0	5.00
D/V	V	30	22.94	13.00	7.95
D/V	V	45	31.78	22.33	9.97
D/V	V	60	36.21	20.50	8.89
D/V	V	75	32.50	18.50	4.54
D/V	V	90	35.88	19.63	6.60
D/V	V	105	36.80	16.63	5.10

Cuadro 19. Medidas de resumen para cultivo mixto de Piatã creciendo junto a la yerba venezolana.

Tratamiento	Variedad	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
P/V	P	15	25.75	0	0
P/V	P	30	52.00	0	0
P/V	P	45	77.67	0	0
P/V	P	60	86.04	1.38	8.75
P/V	P	75	37.13	0	0
P/V	P	90	67.88	6.13	8.22
P/V	P	105	75.33	9.13	9.71
P/V	V	15	21.00	0	5.02
P/V	V	30	23.50	13.00	8.14
P/V	V	45	23.19	21.17	9.13
P/V	V	60	35.42	18.63	8.36
P/V	V	75	30.38	13.13	4.56
P/V	V	90	39.63	24.25	7.16
P/V	V	105	38.00	24.50	6.70

Cuadro 20. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana.

Tratamiento	Variedad	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
R/V	R	15	23.75	0	4.21
R/V	R	30	62.25	14.13	15.64
R/V	R	45	78.17	40.28	14.56
R/V	R	60	82.50	30.00	10.95
R/V	R	75	43.00	14.25	8.50
R/V	R	90	74.50	41.00	11.84
R/V	R	105	83.93	28.88	13.65
R/V	V	15	18.75	0	9.46
R/V	V	30	18.31	10.75	5.28
R/V	V	45	24.22	19.33	8.10
R/V	V	60	45.38	17.13	7.57
R/V	V	75	35.88	19.50	8.09
R/V	V	90	38.75	18.88	6.48
R/V	V	105	55.06	18.25	6.17

Cuadro 21. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la primera cosecha.

Tratamiento Cosecha 1	Variedad de Gramínea	Biomasa Promedio (gm ²)	Peso Promedio de Inflorescencias (g)	Promedio de Índice de Productividad Relativa (RY)
C/V	C	810.12	n/a	1.26
C/V	V	554.76	n/a	0.90
D/V	D	853.75	n/a	1.00
D/V	V	477.98	n/a	0.78
P/V	P	932.14	n/a	1.14
P/V	V	1025.60	n/a	1.67
R/V	R	1227.98	0.39	1.48
R/V	V	357.14	n/a	0.58
C	C	641.07	n/a	N/A
D	D	856.85	n/a	N/A
P	P	817.56	n/a	N/A
R	R	827.68	0.43	N/A
V	V	614.29	n/a	N/A

Cuadro 22. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la segunda cosecha.

Tratamiento Cosecha 2	Variedad de Gramínea	Biomasa Promedio (Kgm ⁻²)	Peso Promedio de Inflorescencias (g)	Promedio de Índice de Productividad Relativa (RY)
C/V	C	1136.02	0.41	1.38
C/V	V	458.60	n/a	0.68
D/V	D	1354.90	0.35	1.21
D/V	V	297.02	n/a	0.56
P/V	P	1137.39	0.22	1.57
P/V	V	325.15	n/a	0.36
R/V	R	1400.63	0.38	1.54
R/V	V	367.34	n/a	0.54
C	C	821.86	0.39	N/A
D	D	1115.49	0.38	N/A
P	P	724.92	0.81	N/A
R	R	911.72	0.39	N/A
V	V	674.22	n/a	N/A

Experimento #2

Cuadro 23. Medidas de resumen para monocultivo de pasto rhodes.

Tratamiento	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
R	15	41.63	7.75	8.11
R	30	75.25	6.06	14.59
R	45	93.56	6.50	13.65
R	60	96.38	13.04	13.64
R	75	51.38	8.94	15.29
R	90	72.63	9.75	13.03
R	105	85.88	12.75	13.39

Cuadro 24. Medidas de resumen para monocultivo de la yerba venezolana.

Tratamiento	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
V	15	30.56	4.83	3.97
V	30	31.34	10.31	6.77
V	45	38.13	10.56	8.46
V	60	50.69	8.56	9.01
V	75	34.44	20.00	5.71
V	90	46.63	23.44	6.10
V	105	50.00	20.06	6.17

Cuadro 25. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana en proporción 1:1.

Tratamiento	Variedad	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
V:R	R	15	43.50	9.00	4.44
V:R	R	30	72.00	7.04	12.85
V:R	R	45	91.63	7.75	12.75
V:R	R	60	97.38	16.25	13.16
V:R	R	75	46.75	16.58	11.11
V:R	R	90	71.25	10.88	13.44
V:R	R	105	85.38	16.75	12.17
V:R	V	15	29.75	3.38	3.78
V:R	V	30	33.50	8.00	6.09
V:R	V	45	39.00	8.13	9.91
V:R	V	60	44.00	10.00	8.97
V:R	V	75	30.63	15.38	5.89
V:R	V	90	47.63	16.50	6.33
V:R	V	105	45.50	17.63	6.04

Cuadro 26. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana en proporción 1:2.

Tratamiento	Variedad	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
2V:1R	R	15	44.75	11.13	1.06
2V:1R	R	30	81.50	5.50	13.80
2V:1R	R	45	101.00	4.88	13.33
2V:1R	R	60	94.13	33.63	14.29
2V:1R	R	75	56.25	7.00	11.35
2V:1R	R	90	79.00	9.88	12.91
2V:1R	R	105	84.75	14.38	12.21
2V:1R	V	15	27.50	4.75	4.19
2V:1R	V	30	29.63	8.88	6.70
2V:1R	V	45	38.00	7.00	8.04
2V:1R	V	60	36.13	5.00	7.55
2V:1R	V	75	31.25	14.63	5.06
2V:1R	V	90	37.75	16.38	6.35
2V:1R	V	105	44.50	16.38	6.78

Cuadro 27. Medidas de resumen para cultivo mixto de rhodes creciendo junto a la yerba venezolana en proporción 2:1.

Tratamiento	Variedad	Tiempo de Siembra (días)	Altura Promedio (cm)	Número de Rebrotos Promedio	Distancia Entre Nudos Promedio (cm)
2R:1V	R	15	40.13	8.88	3.00
2R:1V	R	30	74.88	3.63	12.56
2R:1V	R	45	97.75	2.50	13.53
2R:1V	R	60	96.13	19.13	15.46
2R:1V	R	75	50.38	6.13	13.92
2R:1V	R	90	73.25	4.50	12.84
2R:1V	R	105	86.00	9.25	12.79
2R:1V	V	15	24.00	4.25	2.92
2R:1V	V	30	24.46	8.88	6.99
2R:1V	V	45	33.13	7.13	6.97
2R:1V	V	60	40.88	5.63	7.54
2R:1V	V	75	30.88	14.63	5.92
2R:1V	V	90	40.00	14.25	6.61
2R:1V	V	105	48.25	13.13	6.01

Cuadro 28. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la primera cosecha.

Tratamiento Cosecha 1	Variedad de Gramínea	Biomasa Promedio (Kgm ⁻²)	Peso Promedio de Inflorescencias (g)	Promedio de Índice de Productividad Relativa (RY)
V:R	R	870.89	0.41	1.13
V:R	V	348.33	n/a	0.77
2R:1V	R	1136.90	0.35	1.49
2R:1V	V	286.90	n/a	0.59
2V:1R	R	762.62	0.54	1.01
2V:1R	V	502.92	n/a	1.04
R	R	767.95	0.40	N/A
V	V	485.86	n/a	N/A

Cuadro 29. Medidas promedio de biomasa, peso de inflorescencias y productividad relativa para todos los tratamientos experimentales en la segunda cosecha.

Tratamiento Cosecha 2	Variedad de Gramínea	Biomasa Promedio (Kgm ⁻²)	Peso Promedio de Inflorescencias (g)	Promedio de Índice de Productividad Relativa (RY)
V:R	R	705.42	0.41	1.26
V:R	V	443.81	n/a	0.73
2R:1V	R	858.93	0.35	1.57
2R:1V	V	315.54	n/a	0.52
2V:1R	R	774.58	0.54	1.41
2V:1R	V	415.12	n/a	0.68
R	R	555.10	0.40	N/A
V	V	611.70	n/a	N/A

Análisis del Suelo de la EEA, Isabela

Cuadro 30. Resultados Análisis del Suelo de la Estación Experimental Agrícola de Isabela.

Parámetro	Muestra Compuesta #1	Muestra Compuesta #2
pH	7.64	7.73
Conductividad (µS/cm)	3060	3129
Materia Orgánica (%MO)	5.39	5.56
Fósforo Disponible (mgP-PO ₄ -Kg)	66	69
Calcio (mgCa/Kg)	4433	4367
Magnesio (mgMg/Kg)	307	301
Potasio (mgK/Kg)	887	860
Sodio (mgNa/Kg)	69	99
Aluminio (mgAl/Kg)	ND	ND
CICE (meq/100g)	27	27
Amoniaco (mgNH ₃ /Kg)	20	20
Nitrato (mgNO ₃ /Kg)	1330	1445
Nitrito (mgNO ₂ /Kg)	0.28	0.25

Tablas de ANAVA Experimento #1

RY

Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	RY	16	0.76	0.59	30.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.74	6	0.46	4.66	0.0199
Bloque	0.59	3	0.20	2.00	0.1840
Tratamiento	2.15	3	0.72	7.32	0.0087
Error	0.88	9	0.10		
Total	3.62	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.50068

Error: 0.0980 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	0.65	4	0.16	A
DV-V	0.83	4	0.16	A
CV-V	0.99	4	0.16	A
PV-V	1.62	4	0.16	B

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

RY

Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	RY	16	0.34	0.00	44.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.27	6	0.04	0.76	0.6191
Bloque	0.13	3	0.04	0.72	0.5666
Tratamiento	0.14	3	0.05	0.80	0.5235
Error	0.53	9	0.06		
Total	0.80	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.38917

Error: 0.0592 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DV-V	0.47	4	0.12	A
PV-V	0.47	4	0.12	A
RV-V	0.56	4	0.12	A
CV-V	0.70	4	0.12	A

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

Biomasa

Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Biomasa	20	0.61	0.38	42.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1277350.91	7	182478.70	2.69	0.0635
Bloque	249054.42	3	83018.14	1.22	0.3436
Tratamiento	1028296.49	4	257074.12	3.79	0.0324
Error	814123.02	12	67843.58		
Total	2091473.92	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=401.29087

Error: 67843.5847 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	357.14	4	130.23	A
DV-V	477.98	4	130.23	A
CV-V	554.76	4	130.23	A
V	614.29	4	130.23	A
PV-V	1025.60	4	130.23	B

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

Biomasa

Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Biomasa	20	0.66	0.46	32.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	435651.93	7	62235.99	3.31	0.0334
Bloque	64019.16	3	21339.72	1.13	0.3742
Tratamiento	371632.77	4	92908.19	4.94	0.0138
Error	225657.60	12	18804.80		
Total	661309.53	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=211.27069

Error: 18804.8004 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DV-V	297.02	4	68.57	A
PV-V	325.15	4	68.57	A
RV-V	367.34	4	68.57	A
CV-V	458.60	4	68.57	A
V	674.22	4	68.57	B

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Altura	20	0.27	0.00	20.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	66.52	7	9.50	0.63	0.7258
Bloque	44.88	3	14.96	0.99	0.4316
Tratamiento	21.64	4	5.41	0.36	0.8345
Error	181.91	12	15.16		
Total	248.43	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.99854

Error: 15.1594 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DV-V	18.00	4	1.95	A
CV-V	18.50	4	1.95	A
V	18.69	4	1.95	A
RV-V	18.75	4	1.95	A
PV-V	21.00	4	1.95	A

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Altura	20	0.37	1.1E-03	20.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	137.29	7	19.61	1.00	0.4745
Bloque	57.12	3	19.04	0.97	0.4372
Tratamiento	80.16	4	20.04	1.02	0.4335
Error	234.66	12	19.56		
Total	371.95	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.81296

Error: 19.5552 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	18.31	4	2.21	A
V	20.05	4	2.21	A
CV-V	22.81	4	2.21	A
DV-V	22.94	4	2.21	A
PV-V	23.50	4	2.21	A

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Altura	20	0.39	0.03	17.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	377.71	7	53.96	1.08	0.4297
Bloque	18.69	3	6.23	0.13	0.9434
Tratamiento	359.02	4	89.75	1.80	0.1931
Error	597.25	12	49.77		
Total	974.96	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.86904*Error: 49.7706 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
PV-V	35.42	4	3.53 A
DV-V	36.21	4	3.53 A
CV-V	38.29	4	3.53 A
V	44.75	4	3.53 A
RV-V	45.38	4	3.53 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Altura**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Altura	20	0.44	0.11	12.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	173.39	7	24.77	1.33	0.3176
Bloque	63.56	3	21.19	1.14	0.3739
Tratamiento	109.83	4	27.46	1.47	0.2712
Error	223.88	12	18.66		
Total	397.26	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.65453*Error: 18.6562 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
PV-V	30.38	4	2.16 A
DV-V	32.50	4	2.16 A
V	35.75	4	2.16 A
RV-V	35.88	4	2.16 A
CV-V	36.38	4	2.16 A

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Altura	20	0.36	0.00	12.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	152.88	7	21.84	0.98	0.4893
Bloque	84.33	3	28.11	1.26	0.3325
Tratamiento	68.55	4	17.14	0.77	0.5668
Error	268.15	12	22.35		
Total	421.03	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.28288*Error: 22.3458 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
DV-V	35.88	4	2.36 A
RV-V	38.75	4	2.36 A
PV-V	39.63	4	2.36 A
CV-V	39.63	4	2.36 A
V	41.56	4	2.36 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Altura**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Altura	20	0.37	0.00	31.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1367.24	7	195.32	0.99	0.4814
Bloque	480.86	3	160.29	0.81	0.5108
Tratamiento	886.38	4	221.60	1.12	0.3904
Error	2365.13	12	197.09		
Total	3732.37	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=21.62925*Error: 197.0939 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
DV-V	36.80	4	7.02 A
PV-V	38.00	4	7.02 A
V	46.10	4	7.02 A
CV-V	46.94	4	7.02 A
RV-V	55.06	4	7.02 A

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Altura	15	0.50	0.13	28.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	514.44	6	85.74	1.34	0.3407
Bloque	328.27	2	164.13	2.57	0.1375
Tratamiento	186.17	4	46.54	0.73	0.5970
Error	511.13	8	63.89		
Total	1025.57	14			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=15.04989

Error: 63.8908 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
PV-V	23.19	3	4.61	A
RV-V	24.22	3	4.61	A
V	28.52	3	4.61	A
CV-V	31.22	3	4.61	A
DV-V	31.78	3	4.61	A

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Rebrotes	20	0.63	0.41	16.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	97.03	7	13.86	2.91	0.0502
Bloque	22.73	3	7.58	1.59	0.2432
Tratamiento	74.30	4	18.58	3.90	0.0297
Error	57.15	12	4.76		
Total	154.18	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.36219

Error: 4.7625 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	10.75	4	1.09	A
PV-V	13.00	4	1.09	A
DV-V	13.00	4	1.09	A
V	13.25	4	1.09	A
CV-V	16.75	4	1.09	B

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Rebrotes	20	0.65	0.44	21.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	464.20	7	66.31	3.13	0.0398
Bloque	20.68	3	6.89	0.33	0.8068
Tratamiento	443.51	4	110.88	5.24	0.0112
Error	253.99	12	21.17		
Total	718.18	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.08795*Error: 21.1656 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	17.13	4	2.30	A
PV-V	18.63	4	2.30	A
DV-V	20.50	4	2.30	A
CV-V	22.50	4	2.30	A
V	30.56	4	2.30	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Rebrotes**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Rebrotes	20	0.64	0.43	21.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	383.66	7	54.81	3.08	0.0420
Bloque	17.33	3	5.78	0.32	0.8075
Tratamiento	366.33	4	91.58	5.15	0.0119
Error	213.53	12	17.79		
Total	597.18	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.49888*Error: 17.7938 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
PV-V	13.13	4	2.11	A
DV-V	18.50	4	2.11	A B
RV-V	19.50	4	2.11	A B
CV-V	19.75	4	2.11	B
V	26.56	4	2.11	C

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Rebrotes	20	0.80	0.69	28.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3525.04	7	503.58	7.02	0.0018
Bloque	667.71	3	222.57	3.10	0.0672
Tratamiento	2857.33	4	714.33	9.96	0.0009
Error	860.97	12	71.75		
Total	4386.01	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=13.04997*Error: 71.7479 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
RV-V	18.88	4	4.24	A	
DV-V	19.63	4	4.24	A	
PV-V	24.25	4	4.24	A	B
CV-V	35.00	4	4.24		B
V	50.63	4	4.24		C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Rebrotes**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Rebrotes	20	0.71	0.54	44.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4700.15	7	671.45	4.21	0.0144
Bloque	411.03	3	137.01	0.86	0.4882
Tratamiento	4289.13	4	1072.28	6.73	0.0044
Error	1911.73	12	159.31		
Total	6611.88	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=19.44585*Error: 159.3104 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
DV-V	16.63	4	6.31	A	
RV-V	18.25	4	6.31	A	
PV-V	24.50	4	6.31	A	
CV-V	26.25	4	6.31	A	
V	56.88	4	6.31		B

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Rebrotes	15	0.51	0.14	16.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	107.56	6	17.93	1.40	0.3228
Bloque	62.41	2	31.20	2.43	0.1499
Tratamiento	45.15	4	11.29	0.88	0.5176
Error	102.80	8	12.85		
Total	210.36	14			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.74941

Error: 12.8500 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	19.33	3	2.07	A
PV-V	21.17	3	2.07	A
DV-V	22.33	3	2.07	A
V	23.58	3	2.07	A
CV-V	24.17	3	2.07	A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Distancia Entre Nudos	20	0.42	0.09	43.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	74.34	7	10.62	1.26	0.3466
Bloque	19.98	3	6.66	0.79	0.5230
Tratamiento	54.36	4	13.59	1.61	0.2352
Error	101.33	12	8.44		
Total	175.67	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.47698

Error: 8.4442 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DV-V	5.00	4	1.45	A
PV-V	5.02	4	1.45	A
V	6.80	4	1.45	A
CV-V	7.20	4	1.45	A
RV-V	9.46	4	1.45	A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Distancia Entre Nudos	20	0.51	0.22	26.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	50.43	7	7.20	1.77	0.1847
Bloque	25.27	3	8.42	2.06	0.1587
Tratamiento	25.17	4	6.29	1.54	0.2523
Error	48.98	12	4.08		
Total	99.41	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.11256

Error: 4.0816 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	5.28	4	1.01	A
DV-V	7.95	4	1.01	A
V	7.96	4	1.01	A
PV-V	8.14	4	1.01	A
CV-V	8.24	4	1.01	A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Distancia Entre Nudos	20	0.47	0.16	9.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.46	7	1.07	1.50	0.2553
Bloque	1.46	3	0.49	0.69	0.5779
Tratamiento	6.00	4	1.50	2.12	0.1416
Error	8.50	12	0.71		
Total	15.96	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.29693

Error: 0.7086 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	7.57	4	0.42	A
PV-V	8.36	4	0.42	A B
DV-V	8.89	4	0.42	B
CV-V	8.98	4	0.42	B
V	9.01	4	0.42	B

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Distancia Entre Nudos	20	0.26	0.00	55.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	54.10	7	7.73	0.62	0.7329
Bloque	5.72	3	1.91	0.15	0.9262
Tratamiento	48.38	4	12.09	0.97	0.4612
Error	150.28	12	12.52		
Total	204.38	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.45214*Error: 12.5235 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DV-V	4.54	4	1.77	A
PV-V	4.56	4	1.77	A
CV-V	7.27	4	1.77	A
V	7.67	4	1.77	A
RV-V	8.09	4	1.77	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Distancia Entre Nudos**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Distancia Entre Nudos	20	0.60	0.36	7.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.50	7	0.79	2.53	0.0755
Bloque	2.54	3	0.85	2.73	0.0906
Tratamiento	2.96	4	0.74	2.39	0.1092
Error	3.73	12	0.31		
Total	9.23	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.85844*Error: 0.3105 gl: 12*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	6.48	4	0.28	A
DV-V	6.60	4	0.28	A B
PV-V	7.16	4	0.28	A B
CV-V	7.32	4	0.28	A B
V	7.43	4	0.28	B

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Distancia Entre Nudos	20	0.40	0.05	25.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20.91	7	2.99	1.13	0.4064
Bloque	11.31	3	3.77	1.42	0.2840
Tratamiento	9.61	4	2.40	0.91	0.4900
Error	31.75	12	2.65		
Total	52.66	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.50584

Error: 2.6454 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DV-V	5.10	4	0.81	A
RV-V	6.17	4	0.81	A
PV-V	6.70	4	0.81	A
CV-V	6.85	4	0.81	A
V	7.01	4	0.81	A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Distancia Entre Nudos	15	0.46	0.06	12.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8.98	6	1.50	1.15	0.4169
Bloque	2.12	2	1.06	0.81	0.4781
Tratamiento	6.87	4	1.72	1.31	0.3430
Error	10.45	8	1.31		
Total	19.43	14			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.15184

Error: 1.3061 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RV-V	8.10	3	0.66	A
PV-V	9.13	3	0.66	A
CV-V	9.34	3	0.66	A
V	9.91	3	0.66	A
DV-V	9.97	3	0.66	A

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

Tablas de ANAVA Experimento #2

RY

# Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	RY	12	0.45	0.00	41.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.52	5	0.10	0.97	0.5035
Tratamiento	0.42	2	0.21	1.93	0.2254
Bloque	0.11	3	0.04	0.33	0.8053
Error	0.65	6	0.11		
Total	1.17	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.56811

Error: 0.1078 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R1V-V	0.59	4	0.16 A
1V1R-V	0.77	4	0.16 A
2V1R-V	1.04	4	0.16 A

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

RY

# Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	RY	12	0.34	0.00	37.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.18	5	0.04	0.62	0.6902
Tratamiento	0.10	2	0.05	0.83	0.4811
Bloque	0.08	3	0.03	0.49	0.7049
Error	0.35	6	0.06		
Total	0.53	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.41537

Error: 0.0576 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R1V-V	0.52	4	0.12 A
2V1R-V	0.68	4	0.12 A
1V1R-V	0.73	4	0.12 A

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

Biomasa

Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Biomasa	16	0.51	0.18	35.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	198774.23	6	33129.04	1.56	0.2643
Bloque	65653.94	3	21884.65	1.03	0.4253
Tratamiento	133120.30	3	44373.43	2.08	0.1727
Error	191619.76	9	21291.08		
Total	390393.99	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=233.40307

Error: 21291.0841 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	286.90	4	72.96 A
VR-V	348.33	4	72.96 A
V	485.86	4	72.96 A
2V-V	502.92	4	72.96 A

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

Biomasa

Cosecha	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Biomasa	16	0.65	0.41	26.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	236188.94	6	39364.82	2.74	0.0847
Bloque	54454.94	3	18151.65	1.26	0.3443
Tratamiento	181734.00	3	60578.00	4.21	0.0405
Error	129399.28	9	14377.70		
Total	365588.22	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=191.80165

Error: 14377.6976 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	315.54	4	59.95 A
2V-V	415.12	4	59.95 A
VR-V	443.81	4	59.95 A B
V	611.70	4	59.95 B

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Altura	16	0.60	0.33	24.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	639.93	6	106.65	2.22	0.1359
Bloque	536.45	3	178.82	3.72	0.0546
Tratamiento	103.48	3	34.49	0.72	0.5659
Error	432.47	9	48.05		
Total	1072.40	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=11.08832

Error: 48.0525 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	24.00	4	3.47 A
2V-V	27.50	4	3.47 A
VR-V	29.75	4	3.47 A
V	30.56	4	3.47 A

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Altura	16	0.40	0.00	21.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	247.73	6	41.29	0.99	0.4863
Bloque	69.33	3	23.11	0.55	0.6590
Tratamiento	178.39	3	59.46	1.42	0.2991
Error	376.23	9	41.80		
Total	623.96	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.34224

Error: 41.8036 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	24.46	4	3.23 A
2V-V	29.63	4	3.23 A
V	31.34	4	3.23 A
VR-V	33.50	4	3.23 A

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Altura	16	0.34	0.00	16.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	171.78	6	28.63	0.77	0.6125
Bloque	86.72	3	28.91	0.78	0.5357
Tratamiento	85.06	3	28.35	0.76	0.5431
Error	334.78	9	37.20		
Total	506.56	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=9.75589*Error: 37.1979 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2R-V	33.13	4	3.05	A
2V-V	38.00	4	3.05	A
V	38.13	4	3.05	A
VR-V	39.00	4	3.05	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Altura**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Altura	16	0.46	0.09	21.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	647.52	6	107.92	1.25	0.3652
Bloque	200.11	3	66.70	0.77	0.5372
Tratamiento	447.42	3	149.14	1.73	0.2300
Error	775.44	9	86.16		
Total	1422.96	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=14.84776*Error: 86.1602 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2V-V	36.13	4	4.64	A
2R-V	40.88	4	4.64	A
VR-V	44.00	4	4.64	A
V	50.69	4	4.64	A

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Altura	16	0.18	0.00	17.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	59.24	6	9.87	0.33	0.9020
Bloque	21.26	3	7.09	0.24	0.8662
Tratamiento	37.98	3	12.66	0.43	0.7371
Error	265.54	9	29.50		
Total	324.78	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.68855*Error: 29.5039 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
VR-V	30.63	4	2.72	A
2R-V	30.88	4	2.72	A
2V-V	31.25	4	2.72	A
V	34.44	4	2.72	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Altura**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Altura	16	0.83	0.71	8.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	524.09	6	87.35	7.11	0.0051
Bloque	239.72	3	79.91	6.51	0.0124
Tratamiento	284.38	3	94.79	7.72	0.0074
Error	110.53	9	12.28		
Total	634.63	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.60569*Error: 12.2813 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2V-V	37.75	4	1.75	A
2R-V	40.00	4	1.75	A
V	46.63	4	1.75	B
VR-V	47.63	4	1.75	B

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

Altura

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Altura	16	0.47	0.12	13.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	347.53	6	57.92	1.34	0.3340
Bloque	271.34	3	90.45	2.09	0.1724
Tratamiento	76.19	3	25.40	0.59	0.6394
Error	390.28	9	43.36		
Total	737.81	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.53356

Error: 43.3646 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2V-V	44.50	4	3.29 A
VR-V	45.50	4	3.29 A
2R-V	48.25	4	3.29 A
V	50.00	4	3.29 A

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Rebrotes	16	0.65	0.41	37.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42.04	6	7.01	2.75	0.0836
Bloque	36.66	3	12.22	4.80	0.0290
Tratamiento	5.38	3	1.79	0.70	0.5728
Error	22.90	9	2.54		
Total	64.94	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.55161

Error: 2.5446 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
VR-V	3.38	4	0.80 A
2R-V	4.25	4	0.80 A
2V-V	4.75	4	0.80 A
V	4.83	4	0.80 A

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Rebrotes	16	0.52	0.20	31.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	78.05	6	13.01	1.62	0.2464
Bloque	67.04	3	22.35	2.79	0.1018
Tratamiento	11.01	3	3.67	0.46	0.7183
Error	72.13	9	8.01		
Total	150.18	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.52836

Error: 8.0143 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
VR-V	8.00	4	1.42	A
2V-V	8.88	4	1.42	A
2R-V	8.88	4	1.42	A
V	10.31	4	1.42	A

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Rebrotes	16	0.31	0.00	44.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	55.09	6	9.18	0.68	0.6710
Bloque	22.36	3	7.45	0.55	0.6597
Tratamiento	32.73	3	10.91	0.81	0.5207
Error	121.57	9	13.51		
Total	176.65	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.87886

Error: 13.5074 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2V-V	7.00	4	1.84	A
2R-V	7.13	4	1.84	A
VR-V	8.13	4	1.84	A
V	10.56	4	1.84	A

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Rebrotes	16	0.47	0.12	54.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	124.90	6	20.82	1.33	0.3374
Bloque	56.98	3	18.99	1.21	0.3608
Tratamiento	67.92	3	22.64	1.44	0.2940
Error	141.25	9	15.69		
Total	266.15	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.33704

Error: 15.6949 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2V-V	5.00	4	1.98	A
2R-V	5.63	4	1.98	A
V	8.56	4	1.98	A
VR-V	10.00	4	1.98	A

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Rebrotes	16	0.51	0.19	25.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	158.63	6	26.44	1.59	0.2564
Bloque	78.33	3	26.11	1.57	0.2644
Tratamiento	80.30	3	26.77	1.60	0.2557
Error	150.11	9	16.68		
Total	308.73	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.53266

Error: 16.6788 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2V-V	14.63	4	2.04	A
2R-V	14.63	4	2.04	A
VR-V	15.38	4	2.04	A
V	20.00	4	2.04	A

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

Rebrotes

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Rebrotes	16	0.59	0.32	28.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	336.87	6	56.14	2.18	0.1414
Bloque	144.86	3	48.29	1.87	0.2045
Tratamiento	192.01	3	64.00	2.48	0.1271
Error	232.00	9	25.78		
Total	568.87	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.12146*Error: 25.7782 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2R-V	14.25	4	2.54	A	
2V-V	16.38	4	2.54	A	B
VR-V	16.50	4	2.54	A	B
V	23.44	4	2.54		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Rebrotes**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Rebrotes	16	0.49	0.16	35.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	315.90	6	52.65	1.46	0.2917
Bloque	215.86	3	71.95	2.00	0.1848
Tratamiento	100.04	3	33.35	0.93	0.4668
Error	324.00	9	36.00		
Total	639.90	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=9.59758*Error: 36.0004 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2R-V	13.13	4	3.00	A	
2V-V	16.38	4	3.00	A	
VR-V	17.63	4	3.00	A	
V	20.06	4	3.00	A	

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Distancia Entre Nudos	16	0.63	0.38	24.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12.42	6	2.07	2.56	0.0991
Bloque	8.67	3	2.89	3.57	0.0599
Tratamiento	3.75	3	1.25	1.55	0.2685
Error	7.27	9	0.81		
Total	19.69	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.43805

Error: 0.8082 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2R-V	2.92	4	0.45	A
VR-V	3.78	4	0.45	A
V	3.97	4	0.45	A
2V-V	4.19	4	0.45	A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Distancia Entre Nudos	16	0.39	0.00	17.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.82	6	1.30	0.96	0.4985
Bloque	6.03	3	2.01	1.49	0.2825
Tratamiento	1.79	3	0.60	0.44	0.7294
Error	12.16	9	1.35		
Total	19.99	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.85966

Error: 1.3516 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
VR-V	6.09	4	0.58	A
2V-V	6.70	4	0.58	A
V	6.77	4	0.58	A
2R-V	6.99	4	0.58	A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Distancia Entre Nudos	16	0.49	0.15	25.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	40.34	6	6.72	1.45	0.2948
Bloque	22.53	3	7.51	1.62	0.2519
Tratamiento	17.81	3	5.94	1.28	0.3382
Error	41.66	9	4.63		
Total	82.00	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.44130*Error: 4.6284 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	6.97	4	1.08 A
2V-V	8.04	4	1.08 A
V	8.46	4	1.08 A
VR-V	9.91	4	1.08 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Distancia Entre Nudos**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Distancia Entre Nudos	16	0.45	0.08	13.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8.64	6	1.44	1.22	0.3764
Bloque	0.32	3	0.11	0.09	0.9640
Tratamiento	8.33	3	2.78	2.36	0.1394
Error	10.58	9	1.18		
Total	19.23	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.73467*Error: 1.1760 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	7.54	4	0.54 A
2V-V	7.55	4	0.54 A
VR-V	8.97	4	0.54 A
V	9.01	4	0.54 A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Distancia Entre Nudos	16	0.22	0.00	35.14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.75	6	1.62	0.42	0.8458
Bloque	8.17	3	2.72	0.71	0.5696
Tratamiento	1.57	3	0.52	0.14	0.9355
Error	34.50	9	3.83		
Total	44.25	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.13192*Error: 3.8336 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2V-V	5.06	4	0.98 A
2R-V	5.62	4	0.98 A
V	5.71	4	0.98 A
VR-V	5.89	4	0.98 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Distancia Entre Nudos**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Distancia Entre Nudos	16	0.20	0.00	39.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13.54	6	2.26	0.36	0.8839
Bloque	13.02	3	4.34	0.70	0.5747
Tratamiento	0.52	3	0.17	0.03	0.9932
Error	55.71	9	6.19		
Total	69.26	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.97985*Error: 6.1904 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
V	6.10	4	1.24 A
VR-V	6.33	4	1.24 A
2V-V	6.35	4	1.24 A
2R-V	6.61	4	1.24 A

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

Distancia Entre Nudos

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Distancia Entre Nudos	16	0.40	0.00	11.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.88	6	0.48	0.98	0.4891
Bloque	1.33	3	0.44	0.91	0.4746
Tratamiento	1.55	3	0.52	1.06	0.4144
Error	4.40	9	0.49		
Total	7.28	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.11868

Error: 0.4891 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	6.01	4	0.35 A
VR-V	6.04	4	0.35 A
V	6.17	4	0.35 A
2V-V	6.78	4	0.35 A

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

Numero de Inflorescencias

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Numero de Inflorescencias	16	0.29	0.00	298.14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.50	6	0.08	0.60	0.7251
Bloque	0.25	3	0.08	0.60	0.6310
Tratamiento	0.25	3	0.08	0.60	0.6310
Error	1.25	9	0.14		
Total	1.75	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.59613

Error: 0.1389 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2R-V	0.00	4	0.19 A
VR-V	0.00	4	0.19 A
V	0.25	4	0.19 A
2V-V	0.25	4	0.19 A

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

Numero de Inflorescencias

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Numero de Inflorescencias	16	0.40	0.00	400.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.38	6	1.56	1.00	0.4799
Bloque	4.69	3	1.56	1.00	0.4363
Tratamiento	4.69	3	1.56	1.00	0.4363
Error	14.06	9	1.56		
Total	23.44	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.99948*Error: 1.5625 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
V	0.00	4	0.63	A
2R-V	0.00	4	0.63	A
VR-V	0.00	4	0.63	A
2V-V	1.25	4	0.63	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Numero de Inflorescencias**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Numero de Inflorescencias	16	0.40	0.00	400.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.38	6	0.56	1.00	0.4799
Bloque	1.69	3	0.56	1.00	0.4363
Tratamiento	1.69	3	0.56	1.00	0.4363
Error	5.06	9	0.56		
Total	8.44	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.19969*Error: 0.5625 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
VR-V	0.00	4	0.38	A
2V-V	0.00	4	0.38	A
2R-V	0.00	4	0.38	A
V	0.75	4	0.38	A

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

Numero de Inflorescencias

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Numero de Inflorescencias	16	0.40	0.00	400.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.38	6	0.56	1.00	0.4799
Bloque	1.69	3	0.56	1.00	0.4363
Tratamiento	1.69	3	0.56	1.00	0.4363
Error	5.06	9	0.56		
Total	8.44	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.19969*Error: 0.5625 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
VR-V	0.00	4	0.38	A
2V-V	0.00	4	0.38	A
2R-V	0.00	4	0.38	A
V	0.75	4	0.38	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Numero de Inflorescencias**

Muestreo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Numero de Inflorescencias	16	0.40	0.00	400.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.38	6	0.56	1.00	0.4799
Bloque	1.69	3	0.56	1.00	0.4363
Tratamiento	1.69	3	0.56	1.00	0.4363
Error	5.06	9	0.56		
Total	8.44	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.19969*Error: 0.5625 gl: 9*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
VR-V	0.00	4	0.38	A
2V-V	0.00	4	0.38	A
2R-V	0.00	4	0.38	A
V	0.75	4	0.38	A

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