

**USO DE HERBICIDAS PREEMERGENTES Y TRITURADO BIODEGRADABLE
PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE PIÑA [*Ananas comosus* L.
(Merr.)]**

Por

Nelson Vargas Laró

Tesis sometida en cumplimiento parcial como requisito para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
en
PROTECCIÓN DE CULTIVOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2015

Aprobado por:

Wilfredo Robles Vázquez, Ph D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

José Pablo Morales Payán, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

María de L. Lugo Torres, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Carlos A. Muñoz Pérez, Ph.D
Representante de Escuela Graduada

Fecha

Elvin Román Paoli, Ph.D.
Director de Departamento

Fecha

Abstract

Two experiments were conducted in two locations to evaluate various weed control treatments in combination with two types of woody mulch in the cultivation of pineapple [*Ananas comosus* (L). Merr.]. The first experiment was conducted at the Agricultural Experiment Station in Corozal in 2011. Three herbicides were evaluated on their own or in combination with mulch of *Albicia* spp. and *Roystonea borinquena*, distributed in nine control strategies: bromacil, hexazinone, bromacil + mulch, hexazinone + mulch, hexazinone + glyphosate 8 weeks after treatment (WAT), glyphosate 8 WAT, weedy, with mulch only, and weeding. Bromacil and hexazinone control strategies, and their respective combinations presented over 75% weed control and less of 630 gDW/m² in weed biomass up to 40 WAT. The second experiment was conducted at the Agricultural Experiment Station Isabela and Corozal simultaneously in 2012. Two herbicides were evaluated on their own or in combination with mulch of *Spathodea campanulata*, distributed in nine control strategies: bromacil, diuron, bromacil + diuron, bromacil + mulch, diuron + mulch, bromacil + diuron + mulch, mulch only, weedy and weeding. The control strategy of diuron, bromacil and their respective combinations proved to be more effective in both locations reporting up to 80% weed control and less than 300 gDW/m² in weed biomass up to 40 WAT. On the other hand, control strategies of mulch only reported less than 50% weed control and over 320 gDW/m² in weed biomass up to 40 WAT. This study should be taken into consideration and used as a basis for future work as currently is the only research in Puerto Rico for weed control in pineapple using other control strategies to minimize the use of herbicides.

Resumen

Dos experimentos se realizaron en dos estaciones experimentales agrícolas para evaluar las diferentes estrategias de control en combinación con dos de tipos de triturado biodegradable para el control de malezas en el cultivo de piña [*Ananas comosus* (L). Merr.]. El primer experimento se realizó en la Estación Experimental Agrícola en Corozal en 2011. Fueron tres los herbicidas evaluados y algunos de ellos contenían un triturado biodegradable de *Albicia spp.* y *Roystonea borinquena*, distribuidos en nueve estrategias de control: bromacil, hexazinona, bromacil + triturado, hexazinona + triturado, hexazinona + glifosato 8 SDT (semanas después del tratamiento), glifosato 8 SDT, enmalezado, triturado y desyerbo. Las estrategias de control bromacil y hexazinona, y sus respectivas combinaciones presentaron más del 75% de efectividad y menos de 630 gMS/m² en la biomasa de las malezas hasta las 40 SDT. El segundo experimento se realizó en la Estación Experimental Agrícola de Isabela y Corozal simultáneamente en el 2012. Dos herbicidas fueron evaluados solos o en combinación con triturado de *Spathodea campanulata*, distribuidos en nueve estrategias de control: bromacil, diuron, bromacil + diuron, bromacil + triturado, diuron + triturado, bromacil + diuron + triturado, triturado solo, enmalezado y el desyerbo. Las estrategias de control de diuron, bromacil y sus respectivas combinaciones demostraron ser más efectivas en ambas localidades con más de 80% de control de malezas y menos de 300 gMS/m² en la biomasa de malezas hasta las 40 SDT. Por otra parte, la estrategia de control de triturado sólo reportaron menos de 50% de control de malezas y más de 320 gMS/m² en biomasa de las malezas hasta 40 SDT. Este estudio debe ser tomado en consideración y utilizar como base para futuros trabajos ya que actualmente es la única investigación en Puerto Rico para el control de malezas en piña empleando otras estrategias de control minimizando el uso de herbicidas.

©Derechos de Autor Reservados por Nelson Vargas Laró, 2015

Dedicatoria

Primeramente a Dios por brindarme el conocimiento, la sabiduría y la fortaleza.
A toda mi familia y compañeros de estudios, pero en especial a mi hermana Linell Vargas
Laró por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Primeramente, agradezco al Dr. Wilfredo Robles Vázquez por aceptar ser mi consejero, formar y ser parte esencial en mi desarrollo profesional y creer en mí. Al Dr. José Pablo Morales Payan y la Dra. María de Lourdes Lugo Torres por todos sus consejos y apoyo. Al Dr. Raúl Macchiavelli por su ayuda en el análisis estadístico y sugerencias. Al Agro. Luis E. Almodóvar por su apoyo incondicional desde el inicio y establecimiento de la investigación, guiarme y encender la llama de la investigación y curiosidad científica en mi persona.

Quiero agradecer a todos los empleados de la Estación Experimental Agrícola de Isabela y la de Corozal, pero especialmente al Sr. Almino Santiago por su gran ayuda y colaboración en la investigación; gracias por compartir su gran conocimiento y experiencia en el cultivo de piña. Además, le quiero dar las gracias al Agro. José Arocho por ser parte esencial de mi investigación y brindarme su ayuda en todo momento. En fin, me siento profundamente agradecido con todos/as aquellos/as que, directa o indirectamente, me brindaron su ayuda durante este proceso.

Tabla de Contenido

	Páginas
Abstract	ii
Resumen	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Tabla de contenidos	vii
Lista de cuadros	x
Lista de figuras	xii
Lista de anejos	xiii
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	4
2.1 Descripción morfológica y fenológica del cultivo de la piña	4
2.2 Piña variedad MD-2	5
2.3 Historia económica y producción de piña a nivel mundial	6
2.4 Problemas y consecuencias asociados a la presencia de malezas en el cultivo de la piña	8
2.5 Control químico de las malezas	14
2.6 Uso de cubiertas biodegradables para el manejo de malezas	15
3. Objetivos	17
4. Materiales y métodos	18
4.1 Experimento Corozal 2011	18
A. Descripción de la localidad	18

	Páginas
B. Diseño experimental y siembra	18
C. Descripción de las estrategias de control	18
D. Descripción del muestreo de malezas	22
E. Rendimiento y calidad de la fruta	23
F. Análisis Estadístico	23
4.2 Experimento Isabela y Corozal 2012	24
A. Diferencias entre EEA Corozal 2011 y EEA Corozal e Isabela 2012	24
B. Diseño experimental y siembra	24
C. Descripción de las estrategias de control	25
D. Descripción del muestreo de malezas	28
E. Rendimiento y calidad de la fruta	29
F. Análisis Estadístico	29
4.3 Prácticas agronómicas y culturales realizadas en ambas localidades	30
5 Resultados	32
5.1 Corozal 2011	32
5.2 Corozal 2012	40
5.3 Isabela 2012	52
5.4 Evaluación entre localidades (Isabela 2012 vs Corozal 2012)	64
5.5 Practicas óptimas	69
6 Discusión	73
6.1 Corozal 2011	73

	Páginas
6.2 Corozal 2012	76
6.3 Isabela 2012	79
7 Conclusión	82
8 Literatura citada	83
9 Anejos	89

Lista de Cuadros

	Páginas
Cuadro 1: Principales productores de piña a nivel mundial durante el año 2013.	7
Cuadro 2: Malezas asociadas al cultivo de la piña reportadas en la literatura.	9
Cuadro 3: Estrategias de control de malezas evaluadas en el experimento establecido en la EEA Corozal, Puerto Rico durante el año 2011. Cada dosis del herbicida utilizado se expresa como kg de ingrediente activo (ia) por hectárea (ha). Las dos estrategias de control que incluyeron el herbicida glifosato fueron aplicadas a las 8 semanas después de tratamiento (SDT).	21
Cuadro 4: Contenido de elementos, materia orgánica y pH del triturado biodegradable utilizado en el experimento realizado en la EEA, Corozal durante el año 2011.	21
Cuadro 5: Estrategias de control de malezas evaluadas en el experimento establecido en la EEA Corozal e Isabela, Puerto Rico durante el año 2012. Cada dosis del herbicida utilizado se expresa como kg de ingrediente activo (ia) por hectárea (ha).	27
Cuadro 6: Contenido de elementos, materia orgánica y pH del triturado biodegradable utilizado en el experimento realizado en la EEA, Corozal e Isabela durante el año 2012.	27
Cuadro 7: Catastro de malezas presentes durante las 40 SDT en el experimento EEA Corozal, Puerto Rico en el año 2011.	34
Cuadro 8: Biomasa de malezas en las estrategias de control del experimento de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011.	35
Cuadro 9: Efecto de las estrategias de control sobre el contenido de sólidos solubles de fruta obtenido en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD.	39
Cuadro 10: Catastro de malezas presentes durante las 40 SDT en el experimento EEA Corozal, Puerto Rico en el año 2012.	42
Cuadro 11: Biomasa de malezas en las estrategias de control en el experimento de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012.	43
Cuadro 12: Efecto de las estrategias de control en la densidad de malezas a las 8 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba Friedman.	46

	Páginas
Cuadro 13: Efecto de las estrategias de control en la densidad de malezas a las 40 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba Friedman.	47
Cuadro 14: Efecto de las estrategias de control sobre el contenido de sólidos solubles de fruta en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD.	51
Cuadro 15: Catastro de malezas presentes durante las 40 SDT en el experimento EEA Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	53
Cuadro 16: Biomasa de malezas en las estrategias de control en el experimento de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	54
Cuadro 17: Efecto de las estrategias de control en la densidad de malezas a las 8 SDT en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba Friedman.	57
Cuadro 18: Biomasa de malezas en las estrategias de control en el experimento de piña en las estaciones de Corozal e Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	58
Cuadro 19: Efecto de las estrategias de control sobre el contenido de sólidos solubles de fruta en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD.	63
Cuadro 20: Biomasa de malezas en las estrategias de control en el experimento de piña de Corozal e Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	65
Cuadro 21: Peso de fruta y contenido de sólidos solubles promedio en cada localidad en la siembra de piña en Corozal e Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	66
Cuadro 22: Partidas y prácticas realizadas en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012.	70
Cuadro 23: Partidas y prácticas realizadas en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012	72

Lista de Figuras

	Páginas
Figura 1: Efectividad de las estrategias de control observadas a las 8 SDT y 40 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011.	36
Figura 2: Peso promedio de fruta obtenido en las estrategias de control en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011.	38
Figura 3: Biomasa de malezas obtenida en las diferentes estrategias de control al transcurrir las 40 semanas después del tratamiento (SDT) en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012.	44
Figura 4: Efectividad de las estrategias de control observadas a las 8 SDT y 40 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012.	49
Figura 5: Biomasa de malezas en las diferentes estrategias de control al transcurrir las 40 semanas después del tratamiento (SDT) en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	55
Figura 6: Efectividad de las estrategias de control observadas a las 8 SDT y 40 SDT en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	60
Figura 7: Peso de las frutas obtenido en las estrategias de control en la siembras de piña localizada en Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	62
Figura 8: Rendimiento obtenido en las estrategias de control en la siembra de Corozal e Isabela, Puerto Rico en el año 2012.	68

Lista de Anejos

	Páginas
Anejo 1: Fotos del estudio.	89
Anejo 2. Aplicación de bromacil, diuron y hexazinona.	90
Anejo 3. Muestreo de biomasa y densidad de malezas utilizando cuadrantes (0.05 m ²).	91

1. Introducción

La piña *Ananas comosus* (L.) Merr., es una planta tropical herbácea monocotiledónea perteneciente a la familia Bromeliaceae. Su crecimiento es indeterminado y se distingue principalmente por formar una roseta y poseer brácteas florales coloreadas.

La introducción de la piña en Puerto Rico ocurrió antes de la llegada de los europeos al Nuevo Mundo y se presume que fue realizada por los indios aruacos (Gandía y Samuels, 1958). La piña es nativa de las regiones secas de los bosques de Sur América, específicamente Brasil, Venezuela y Colombia (Zamora-Echevarría, 2006).

En Puerto Rico, desde la década de 1950 se cultivó comercialmente las variedades de piña Española Roja, PR 1-67, Cabezona, Cayena Lisa, PR 1-56 y Pan de Azúcar (Anónimo, 1984). Sin embargo, actualmente el híbrido MD-2 es la variedad de mayor importancia. Desde el año 1950 existieron en Puerto Rico cuatro regiones para el cultivo de la piña. La región de mayor importancia fue la de Bayamón-Arecibo, la cual se localizaba en las llanuras costeras del área norte. La segunda región fue la montañosa de Cidra-Corozal, la cual se caracterizaba por producir principalmente la variedad Española Roja. La tercera fue la región de Vieques, al este de la isla, en la que predominaba la variedad Cayena Lisa. Por último, la región de Lajas, localizada en el suroeste de Puerto Rico. Esta consistía de predios cultivados en su mayoría por las variedades Cabezona y Pan de Azúcar (Pérez, 1957).

En el año 2011, la piña era considerada el segundo cultivo tropical de mayor importancia en el mundo, aportando más del 20% del volumen de producción de frutos tropicales. Según la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el año 2013, Costa Rica fue el mayor productor de piña en el mundo reportando 2.6 millones de toneladas (FAO 2015).

Según el censo agrícola del 2007, existían 124 fincas de piña sembradas en Puerto Rico (USDA 2007). Sin embargo, en el 2012 el número había disminuido a 106 fincas (USDA, 2012). A pesar de la disminución del número de fincas, la producción aumentó de 2,145 toneladas para el 2007 a 2,186 toneladas para el 2012 (USDA, 2012). Según estadísticas del Departamento de Agricultura de Puerto Rico, la producción de piña aportó \$2.2 millones al ingreso bruto agrícola durante el 2009-2010 y preliminarmente se reporta un aumento a \$2.9 millones durante 2013-2014 (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2014).

Uno de los problemas que presenta actualmente el sector de la piña en Puerto Rico y el mundo, es la presencia de malezas. Esto debido a que aumentan los costos de manejo del cultivo y reducen los rendimientos. La piña se caracteriza por ser una planta de porte bajo y de crecimiento lento por tener un sistema radicular reducido en comparación con su parte aérea. Esta característica causa que la planta produzca poca sombra. La piña también se distingue de otros cultivos, por ser un cultivo relativamente abierto a causa de la poca densidad y cobertura de sus hojas con respecto al suelo. Las malezas compiten con el cultivo por nutrientes, humedad y luz disponible provocando la disminución del peso de la fruta (Elizondo, 2006). Además, pueden ser hospederos alternos de plagas y enfermedades que afectan al cultivo (Bartholomew et al., 2003).

En el área norte de Puerto Rico, las malezas más problemáticas reportadas en el cultivo de la piña son *Sorghum halepense* (yerba Johnson), *Cynodon nlemfuensis* (yerba estrella), *Cissus sicyoides* (bejuco de caro) y *Pueraria phaseoloides* (kudzu) (De la Cruz et al., 2011); mientras que para el área sur de Puerto Rico, sólo se reportaron las siguientes: *Ipomea tiliacea* (bejuco de puerco), *Cyperus rotundus* (coquí) y *Megathyrsus maximus* (pasto Guinea) (López y Morales-

Payán, 2010). Según López y Morales-Payán (2010), hasta un 70% de los costos de producción se dedican al control de malezas en piña.

Para la década del 1940, el control de malezas en piña se efectuaba mediante la combinación de arados y el uso de azada (Collins, 1960). A consecuencia de la limitación de la mano de obra, se desarrollaron experimentos de campo conducentes al uso de herbicidas, con el propósito de minimizar el uso de la mano de obra existente. Por ejemplo las triazinas y las ureas fueron desarrollados para utilizarse en los campos de piña y posteriormente se convirtieron en productos comerciales (Collins, 1960).

1. Revisión de literatura:

2.1 Descripción morfológica y fenológica de la piña

La piña *Ananas comosus* (L.) (Merr.) es una planta herbácea tropical perenne que pertenece a la clase Magnoliopsida, al superorden Lillanae (monocotiledónea), al orden Poales y a la familia Bromeliaceae (ITIS, 2014). El cultivo se desarrolla principalmente dentro de un rango de temperatura de 15-33°C y un rango de precipitación de 1,200-5,000 mm (Holm et al., 1991). Su crecimiento se caracteriza por ser indeterminado y su fruto en distinción con otras familias es un sincarpo compuesto principalmente por la coalescencia de los frutos individuales, brácteas subyacentes y del eje de la inflorescencia (Py, 1969). La planta de piña alcanza una altura de 1 m y sus hojas son de 1.5 m de largo (Collins, 1960). La piña se propaga principalmente de forma vegetativa por medio de brotes llamados ‘hijuelos’. El éxito de la siembra y producción depende principalmente del tipo, tamaño y calidad del hijuelo seleccionado. De acuerdo a su ubicación en la planta, los hijuelos se clasifican en hijuelos de corona, hijuelos basales, hijuelos axilares e hijuelos de retoño (Zamora-Echevarría, 2006). El número de hojas puede variar entre cultivares, pero en general pueden llegar a poseer de 40 a 80 hojas (Bartholomew et al., 2003). Durante el estado juvenil de las plántulas es cuando se desarrollan las raíces primarias. Una vez las plántulas enraízan, estas raíces primarias son sustituidas principalmente por raíces adventicias. Bajo condiciones óptimas, el sistema radicular de la piña puede extenderse en el suelo hasta 85 cm de profundidad y a su vez de uno a dos metros de forma lateral (Bartholomew et al., 2003). La inflorescencia está compuesta de un promedio de 150 flores. El color de los pétalos es azul pálido con un toque de brillo púrpura (Collins, 1960). Su inflorescencia es terminal, procedente del meristemo apical de la planta. Algunas de las señales que muestran el inicio del desarrollo de la inflorescencia son el rápido

alargamiento del pedúnculo y el aumento en diámetro del meristemo (Paull y Duarte, 2011). Las flores son principalmente individuales y están compuestas de tres sépalos, tres pétalos, seis estambres y un ovario tricarpelado. Los frutos se desarrollan a partir de aquellas flores que no son abscisas, cada una sostenida por una bráctea carnosa (Paull y Duarte, 2011). Su fruta tipo concha se desarrolla inicialmente a partir de los tejidos correspondientes a los sépalos, a las brácteas y los ápices de los ovarios. La corteza del eje es una extensión característica del pedúnculo (Paull y Duarte, 2011).

En Puerto Rico la piña se puede sembrar todo el año. Sin embargo, la mejor época de siembra es durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Esto debido a que se aprovecha la época de lluvia y se reduce el número de plantas que florecen prematuramente sin completar su ciclo vegetativo normal.

Cuando la piña es para exportación, ésta se debe cortar durante las primeras etapas de maduración. En esta etapa, la cáscara de la fruta se empieza a tornar de color amarillo comenzando desde la base de la fruta. Por otro lado si la fruta es para consumo local, la piña se cosecha madura o completamente color amarilla. Al terminar la cosecha de piña, las yemas axilares se estimulan y producen hijuelos nuevos. Estos hijuelos se utilizan para establecer una siembra nueva (Corporación Proexant, 2005).

2.2 Piña variedad MD-2

La variedad de piña MD-2 es un híbrido originalmente desarrollado por el instituto de investigaciones de la piña *Pineapple Research Institute- PRI, Del Monte Fresh Produce Inc* en Hawaii (Cerrato, 2003). Este híbrido, también conocido como '*Golden Ripe*' o '*Extra Sweet*', fue

producto de un cruce entre híbridos de PRI 58-1184 y 59-443 para el mercado de fruta fresca (Bartholomew et al., 2003). El MD-2 es el cultivar más importante que ha dominado el mercado de la piña en los últimos años (Loeillet et al., 2011). En la actualidad, es una de las variedades con mayor impulso o auge de desarrollo, tanto en Puerto Rico como en el resto mundo.

La variedad MD-2 se caracteriza por ser una planta de crecimiento rápido y ciclo de producción corto (15 meses aproximadamente) (Bartolomew, 2009; Loeillet et al., 2011). Su fruta puede alcanzar hasta 4 kg y posee hombros cuadrados y pulpa firme (Banful et al. 2011). Se reporta que el contenido de sólidos solubles de su fruta puede alcanzar los 17 °Brix y a su vez su contenido de vitamina C es alto (Morgan y Thompson, 2000; Barrillas-Valdés, 2011; Bartholomew et al., 2003). Este híbrido es resistente a la enfermedad conocida como el dorado fisiológico o pardeamiento interno. Sin embargo, es susceptible a *Phytophthora parasitica* (pudrición del corazón de la roseta) y *Phytophthora cinnamomi* (podredumbre del corazón) (Castañeda, 2003). Otras características sobresalientes la fruta es su larga vida útil y excelente apariencia después de almacenamiento refrigerado (Bartholomew et al., 2003).

2.3 Historia económica y producción de piña a nivel mundial

Según Bartholomew y sus colaboradores (2003), la piña ubicaba el tercer lugar dentro de la clasificación de cultivos de frutas tropicales más importante del mundo. Actualmente, según estadísticas recientes, la piña sigue siendo el tercer cultivo de mayor importancia y producción de frutas tropicales (FAO 2015). El 70% de la piña producida alrededor del mundo se consume principalmente como fruta fresca en el país de origen (Bartholomew et al. 2003, FAO 2015). El comercio internacional está dominado por empresas multinacionales que han desarrollado su propia infraestructura para el proceso, elaboración y mercadeo de la piña (Bartholomew et al., 2003). En el cuadro 1 se reportan los seis principales productores de piña a nivel mundial.

Cuadro 1: Principales productores de piña a nivel mundial durante el año 2013.¹

Países	Producción (Toneladas)
Costa Rica	2,685,131
Brasil	2,483,831
Indonesia	1,837,155
India	1,571,000
China	1,386,361

¹Data obtenida de FAO, 2015.

2.4 Problemas y consecuencias asociados a la presencia de malezas en el cultivo de piña

La presencia de malezas en el cultivo de piña limita su crecimiento, desarrollo y rendimiento. Más aun, las malezas son utilizadas como hospederos de nemátodos e insectos que afectan directamente el cultivo (Paull y Duarte, 2011). Otros efectos directos incluyen el aumento de los gastos de mano de obra, uso de herbicidas y manejo del cultivo. Si la prácticas de control de malezas no son efectivas puede resultar en una disminución de 20 a 40% en los rendimientos piña (Paull y Duarte, 2011). Por ejemplo, se reporta que el peso promedio de la fruta de piña puede ser 50% menos, en comparación con predios donde se realiza efectivamente un buen control de malezas (Paull y Duarte, 2011). Por esto se recomienda eliminar aquellas malezas cercanas a las plantas de piña incluyendo aquellas siembras con cubiertas de polietileno para disminuir la competencia con el cultivo (Collins 1960). Según Sripaoraya y colaboradores (2010) se determinó que el 40% de los gastos de manejo de malezas se invierten en desyerbos manuales. Si el desyerbo se pospone durante la etapa inicial de crecimiento del cultivo, las malezas pueden establecerse y producir semillas. Esto provoca un aumento en la mano de obra y costos de control (Gandía y Samuels, 1958). Si no se emplea el control de malezas a tiempo, el rendimiento de la piña disminuye (Anónimo, 1984). La identificación de malezas nos permite obtener un control eficiente y puede minimizar los costos de producción (Model and Favreto, 2009). Las principales malezas reportadas mundialmente en el cultivo de piña son: *Cyperus rotundus* (coquí), *Cynodon dactylon* (yerba bermuda), *Paspalum conjugatum* (pata de conejo), *Eleusine indica* (pata de gallina), *Digitaria sanguinalis* (pendejuelo) y *Bidens pilosa* (margarita silvestre) (Cuadro 2) (Holm et al., 1991). En el Cuadro 2 se mencionan todas las especies y familias de las malezas que se reportan en la literatura relacionada a la producción de piña.

Cuadro 2: Malezas asociadas al cultivo de la piña reportadas en la literatura.

Familia	Nombre científico	Referencia
<i>Acanthaceae</i>	<i>Asystacia gangetica</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Amaranthus sp.</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Amaranthus spinosus</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Cyathula prostrata</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Asteraceae</i>	<i>Ageratum conyzoides</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Bidens pilosa</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Eclipta alba</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Emilia fosbergii</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Emilia saginata</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Emilia sonchifolia</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Erechtites hieracifolia</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Mikania cordifolia</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Mikania micrantha</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Vernonia cinerea</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Boraginaceae</i>	<i>Heliotropium indicum</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
<i>Campanulaceae</i>	<i>Hippobroma longiflora</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Cecropiaceaes</i>	<i>Cecropia spp.</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Chenopodium album</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977

<i>Commelinaceae</i>	<i>Commelina benghalensis</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Commelina diffusa</i>	Bartholomew et al.,2003, Brenes y Agüero 2007 Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Murdannia nudiflora</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Ipomoea cairica</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Ipomoea indica</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Ipomoea plebeia</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Ipomoea purpurea</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Ipomoea tiliacea</i>	López y Morales-Payan 2010
	<i>Ipomoea triloba</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
<i>Curcubitaceae</i>	<i>Cayaponia sp.</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Momordica charantia</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus difformis</i>	Bartholomew et al.2003, Kissan 2004,Holm et al. 1977
	<i>Cyperus iria</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Cyperus odoratus</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Cyperus luzulae</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Cyperus rotundus</i>	Morales-Payan 2010, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Fimbristylis dichotoma</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Fimbristylis miliacea</i>	Brenes y Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Caperonia palustris</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Chamaesyce hirta</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977

	<i>Croton hirtus</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Fabaceae</i>	<i>Crotalaria mucronata</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Mimosa invisa</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Mimosa pudica</i>	Brenes y Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Pueraria zizanioides</i>	De la Cruz et al.,2011
<i>Lamiaceae</i>	<i>Leonotis nepalensis</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Loganiaceae</i>	<i>Spigelia anthelmia</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Malvaceae</i>	<i>Sida acuta</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
<i>Melastomataceae</i>	<i>Clidemia petiolaris</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalis barrelieri</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Oxalis corniculata</i>	<i>Oxalis corniculata</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
<i>Poaceae</i>	<i>Agrostis alba</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Chloris radiata</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Cynodon dactylon</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Cynodon spp.</i>	De la Cruz et al.,2011
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Digitaria ciliaris</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Digitaria insularis</i>	Brenes y Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Echinochloa colona</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977

	<i>Eragrostis tenuifolia</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Eleusine indica</i>	Brenes y Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Imperata cylindrica</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Melinis minutiflora</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Panicum laxum</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Panicum maximum</i>	López y Morales-Payan 2010, Brenes Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Panicum polygonatum</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Panicum repens</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Paspalum conjugatum</i>	Brenes y Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Paspalum dilatatum</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Paspalum paniculatum</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Pennisetum purpureum</i>	Brenes y Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Brenes y Agüero 2007, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
	<i>Saccharum spontaneum</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Setaria verticillata</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Sorghum halepense</i>	De la Cruz et al., 2011, Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004, Holm et al., 1977
<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalis barrelieri</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Oxalis corniculata</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Brenes y Agüero 2007

<i>Rubiaceae</i>		
	<i>Sabicea villosa</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Spermacoce latifolia</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum nigrum</i>	Bartholomew et al.,2003, Kissan 2004,Holm et al., 1977
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Lindernia crustacea</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Linderna diffusa</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Mecardonia procumbens</i>	Brenes y Agüero 2007
	<i>Scoparia dulcis</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Urticaceae</i>	<i>Phenax sonneratti</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Verbenaceae</i>	<i>Lantana trifolia</i>	Brenes y Agüero 2007
<i>Vitaceae</i>	<i>Cissus sicyoides</i>	De la Cruz et al., 2011
	<i>Cissus verticillata</i>	Brenes y Agüero 2007

2.5 Control químico de las malezas

El control de malezas más eficiente y rápido envuelve la utilización de herbicidas, ya sean preemergentes o postemergentes (Paull y Duarte, 2011). Comparados con los insecticidas y los fungicidas, los herbicidas son los plaguicidas más utilizados en la agricultura. Sin embargo, si no se aplican según las especificaciones de la etiqueta del producto pueden provocar daños fitotóxicos al cultivo (Pitty, 1995).

Algunos de los herbicidas que comúnmente se utilizan en el cultivo de la piña son bromacil, hexazinona y diuron. Según la etiqueta de cada uno de ellos, estos pueden ser aplicados de manera preemergente para limitar el crecimiento de malezas en la etapa de establecimiento del cultivo. Según Markwell et al. (2005), los tres herbicidas tienen el mismo modo de acción donde su efecto en las plantas es de inhibición de fotosíntesis. Los herbicidas categorizados como inhibidores de fotosíntesis provocan la interrupción del movimiento de electrones en el fotosistema II. Estos compiten con el transportador de electrones QB (plastoquinona) en la proteína D1 presente en el fotosistema II (Fuerst and Norman, 1991 y Sandman et al., 1991). La formación de radicales libres a consecuencia de la interrupción del flujo de electrones en el fotosistema II, causa la destrucción de los pigmentos (clorofila) y la destrucción de las membranas celulares. Esto resulta en una clorosis intervenal gradual y necrosis de los tejidos afectados (Duke y Dayan, 2001).

Generalmente estos herbicidas no previenen la germinación de las malezas, ya que su acción no se manifiesta sino hasta que las plantas eliminan sus cotiledones e inician la fotosíntesis en sus primeras hojas. Estos herbicidas son de amplio espectro y controlan malezas de hoja ancha y hoja fina (Anderson, 1996).

2.6 Uso de cubiertas biodegradables para manejo de malezas

En la actualidad se utilizan diferentes cubiertas, tanto vegetales como sintéticas, para el control de malezas en cultivos como maíz, trigo y tomate. El uso de cubiertas biodegradables ofrece alternativas adicionales a la cubiertas sintéticas como el polietileno (Anzalone et al., 2010). El problema de utilizar cubiertas de polietileno es que se dificulta eliminarlas luego de la cosecha y sus residuos obstruyen los implementos agrícolas como la sembradora (Gutiérrez et al., 2003). Además, especies de malezas como *Cyperus rotundus* L (coquí) tienen la capacidad de perforar y aparecer por los orificios de las cubiertas de polietileno (Cirujeda et al. 2012). En regiones muy cálidas, el uso de cubiertas de polietileno causa que la temperatura del suelo aumente lo cual limita el crecimiento de los cultivos (Anzalone et al., 2010, Radics y Székelyne, 2002; Pardo et al., 2005).

Por otra parte, el uso de cubiertas biodegradables, como los restos de trigo o maíz, combinado con herbicidas permite lograr una mayor duración de los efectos preemergentes y reduce los costos de aplicación (Bilalis et al., 2003). Estas cubiertas sobre el suelo limitan el acceso de las malezas a la luz solar, lo cual a su vez limita la fotosíntesis (Bilalis et al., 2003). La consecuencia de este efecto limita la germinación, supervivencia, crecimiento y habilidad de competencia de las malezas.

El uso de cubiertas biodegradables en el suelo es mucho más recomendable que el plástico debido a: 1- mejoran la flora microbiana, 2- reducen la erosión, 3- minimizan la pérdida de humedad, 4- mejoran la estructura, 5- reduce la temperatura, 6- libera lentamente los nutrientes, 7- mejora la infiltración del agua de lluvia, 8- reduce la escorrentía superficial, 9-

mejora el ciclo de los nutrientes y 10- permite que la materia orgánica se acumule (Erenstein, 2002, Holland, 2004, , FAO, 2007).

Algunas de las cubiertas biodegradables utilizadas hoy día para el control de malezas son: paja de arroz, paja de cebada, residuo de cosecha de maíz y papel (FAO, 2007). Estudios de Bunna y colaboradores (2011) han demostrado que el uso y el establecimiento de cubiertas de paja de arroz a una densidad 1.5 toneladas/ha mejoró el establecimiento del cultivo de frijol *Vigna radiata* (“mungbean”). Además, redujo la biomasa de malezas de 164 a 123 kg/ha y aumentó el rendimiento del frijol de 228 a 332 kg/ha. Por otra parte, según estudios de Dima y colaboradores (2006) residuos de centeno, trigo y cebada como cobertura biodegradable evita la germinación de semillas de malezas como *Echinochloa crus-galli* (arrocillo) y *Setaria verticillata* (cola de zorro) en el cultivo de maíz.

3 Objetivos:

1. Determinar la eficacia de las estrategias de los herbicidas bromacil, hexazinona y diuron utilizados solos y en combinación con el triturado biodegradable.
2. Determinar el efecto de las estrategias de control en el rendimiento y calidad de la fruta de piña.

4 Materiales y métodos:

4.1 Experimento Corozal 2011

A. Descripción de la localidad

En la Estación Experimental Agrícola de Corozal (EEA Corozal), se estableció un experimento en marzo de 2011 para determinar la eficacia de nueve estrategias de control para el manejo de malezas (Cuadro 3). El suelo donde se realizó el experimento es del orden oxisol, serie Dagüey. Este posee las siguientes propiedades físico-químicas: buen drenaje, pH de 5.8, 12% de arena, 28% de limo, 61% de arcilla y 4.5% de materia orgánica. La EEA Corozal está localizada en la región central montañosa de Puerto Rico a 227 metros sobre el nivel del mar y promedio anual de lluvia 2,106 mm.

B. Diseño experimental y siembra

En el cuadro 3 se describen las estrategias de control evaluadas. La unidad experimental fueron parcelas de 3m² donde se sembraron 28 hijuelos de piña de la variedad MD-2. La siembra se realizó mediante el sistema de doble hilera con una distancia de siembra de 0.7 metros entre hilera y 0.3 metros entre plantas. Para prevenir daños de insectos del suelo, cada hijuelo fue tratado con el insecticida *malathion* a las 24 horas antes de sembrar. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con 4 réplicas por estrategia de control.

C. Descripción de las estrategias de control

Se evaluaron las siguientes estrategias de control de malezas: (1) bromacil, (2) hexazinona, (3) triturado biodegradable y las combinaciones de (4) bromacil + triturado biodegradable, (5) hexazinona + triturado biodegradable, (6) hexazinona + glifosato aplicado a

los 8 semanas después tratamiento (SDT) y (7) glifosato aplicado a los 8 SDT. Se utilizaron como referencias parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (8- enmalezado) y terreno libre de malezas (9- desyerbo). La mezcla de hexazinona + glifosato es la práctica utilizada en la finca *Atenas Pineapple, Inc.*, en Manatí, Puerto Rico. Las estrategias de control 1, 2, 3, 4 y 5 se aplicaron al momento de la siembra. Sin embargo las parcelas con las estrategias de control 6 y 7 no se les aplicó ningún tipo de herbicida durante los primeros 8 SDT. El herbicida glifosato fue aplicado a los 8 SDT en todas las parcelas de estrategias de control como medida de mantenimiento.

El equipo de aplicación que se utilizó para todas las estrategias de control y mantenimiento fue un *boom* de 50 cm de largo con 2 boquillas tipo *TEEJET 8006EVS*. La presión se mantuvo constante a 40 psi utilizando un tanque de CO₂ y un volumen de aplicación 100 galones por acre (GPA). La aplicación de estrategias de control con herbicidas fue tipo banda, donde el herbicida fue dirigido al centro y bordes de cada parcela evitando el contacto con el hijuelo de piña.

El triturado biodegradable utilizado tenía una composición de aproximadamente 40% *Roystonea borinquena* (palma real) y 60% *Albizia* spp. (albicia) (Cuadro 4). Antes del triturado biodegradable ser aplicado a las parcelas, se pasó por un tamiz con orificios de 2.54 cm de diámetro para descartar aquellos fragmentos grandes y así obtener un tamaño de partícula más uniforme. Luego de uniformizar el particulado de triturado biodegradable, éste fue colocado sobre el espacio localizado entre hilera hilera y los bordes de cada parcela. Se utilizaron baldes plásticos de 19 litros (5 galones) para aplicar y cubrir el área de 3.2 m² de la parcela. Cada tratamiento utilizó 19 kg (aprox. 41.8 lbs.) de triturado biodegradable. Esta cantidad fue suficiente para crear una cubierta de 3 cm aproximados de espesor sobre el suelo.

En la estrategia de control enmalezado, no se realizó ningún desyerbo y se dejó que las malezas crecieran hasta las 40 SDT. Luego de esa fecha, se removi6 toda maleza emergente en todas las parcelas del experimento para facilitar la implementaci6n de pr6cticas de inducci6n floral. En la estrategia de control llamada desyerbo, se realizaron desyerbos manuales cada 15 d6as hasta las 40 SDT.

Cuadro 3: Estrategias de control de malezas evaluadas en el experimento establecido en la EEA Corozal, Puerto Rico durante el año 2011. Cada dosis del herbicida utilizado se expresa como kg de ingrediente activo (ia) por hectárea (ha). Las dos estrategias de control que incluyeron el herbicida glifosato fueron aplicadas a las 8 semanas después de tratamiento (SDT).

Estrategias de Control	Dosis
Bromacil	2.5 kg ia/ha
Hexazinona	0.7 kg ia/ha
Bromacil + triturado biodegradable	2.5 kg ia/ha
Hexazinona + triturado biodegradable	0.3 kg ia/ha
Enmalezado	n/a
Triturado biodegradable	n/a
Desyerbo	n/a
Glifosato + hexazinona 8 SDT	0.58 L ia/ha+ 0.7 kg ia/ha
Glifosato 8 SDT	0.58 L ia/ha

Cuadro 4: Contenido de elementos, materia orgánica y pH del triturado biodegradable utilizado en el experimento realizado en la EEA, Corozal durante el año 2011¹.

Parámetros	%
Nitrógeno	0.64
Fosforo	0.13
Potasio	0.53
Calcio	0.56
Magnesio	1.79
Materia Orgánica	16.30
pH	7.68

¹ El contenido de elementos presentes en el triturado biodegradable fue analizado en Laboratorio Central Analítico de la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras, Puerto Rico.

D. Descripción del muestreo de malezas

La biomasa de malezas, y el porcentaje de control fueron evaluados para determinar la efectividad de las estrategias de control. Las variables fueron evaluadas cada tres semanas luego de la siembra y se extendió hasta las 40 SDT. La biomasa se determinó utilizando un cuadrante de 0.05 m² que fue lanzado al azar tres veces en cada parcela. En cada cuadrante, se cortó todo material vegetativo (parte aérea de malezas) sobre 2.54 cm de la superficie del suelo. El material vegetativo total de los tres cuadrantes por parcela fue combinado en una bolsa de papel previamente identificada. Cada muestra se colocó al horno a una temperatura constante de 50°C durante una semana. Luego de la semana, las muestras fueron removidas del horno y pesadas en una balanza.

El porcentaje de control de malezas en cada parcela fue evaluado en una escala gradual de 0% a 100%, donde 0% significaba que no se observaban daños sobre las malezas y estas eran iguales a las parcelas donde no se había aplicado estrategias de control. Sin embargo, 100% significaba que todas las malezas presentes mostraban clorosis combinada con necrosis foliar total (Semidey y González, 2006).

En adición, se realizó un catastro de las especies de malezas presentes en las parcelas experimentales durante del experimento. Las malezas se clasificaron como anuales de hoja fina, anuales de hoja ancha, perennes de hoja fina y perennes de hoja ancha. Para esto se utilizó como referencias las guías de identificación de malezas y forrajes publicadas por Lugo y Semidey (2002) y Más y Lugo (2013) (Cuadro 7).

E. Rendimiento y calidad de fruta

A los 16 meses luego de la siembra se cosecharon todas las frutas presentes en cada parcela. La cáscara de las frutas cosechadas era mayormente color amarillo en su base. Cada fruta cosechada fue pesada en una balanza digital y clasificada en comercial (>1.8 kg) y no comercial (<1.8 kg). Además, se determinó el contenido de sólidos solubles a 10 frutas por cada estrategia de control. El instrumento utilizado para tomar el contenido de sólidos solubles fue el *Pocket PAL-1 (Digital Hand-held Pocket Refractometer de la compañía ATAGO®)*, el cual fue calibrado con agua destilada para mantener la precisión de los resultados. Luego, con una navaja desinfectada con alcohol al 95%, se removi6 un pedazo del centro de cada fruta a 2.54 cm de profundidad para tomar la muestra.

F. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables de biomasa de malezas, porcentaje de control, peso de la fruta y contenido de sólidos solubles se analizaron con el paquete estadístico *Infostat* (Di Rienzo et al., 2009). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) para establecer si existen diferencias entre medias de cada estrategia de control mediante una prueba de LSD al nivel de $p < 0.05$. Cada variable fue analizada en dos periodos durante la temporada; a las ocho semanas después de aplicadas las estrategias de control (8 SDT) y a las 40 SDT. Esto para determinar si existe un efecto de las estrategias de control en los primeros dos meses de establecido el cultivo y si su efecto continúa hasta la inducción floral de la planta.

4.2 Experimento Isabela 2012 y Corozal 2012

A. Diferencias entre EEA Corozal 2011 y EEA Corozal e Isabela 2012

Las experiencias obtenidas en el primer experimento en Corozal 2011 relacionadas a colección de datos, prácticas agronómicas del cultivo y aplicación de tratamientos fueron utilizadas para facilitar el establecimiento del segundo experimento en las localidades de Corozal e Isabela. Aunque las estrategias de control son parecidas, los experimentos del 2012 no contenían los herbicidas hexazinona y glifosato. Esto debido a la fitotoxicidad que causan ambos sobre las plantas de piña. En adición, los herbicidas utilizados en ambos experimentos del 2012 fueron aplicados *over the top broadcast* en vez de tipo banda como el realizado en el 2011.

B. Diseño experimental y siembra

Se establecieron dos experimentos simultáneamente en diciembre de 2012 en la Estación Experimental Agrícola de Isabela y Corozal. En ambos experimentos se evaluaron nueve estrategias de control (cuadro 5). El suelo donde se realizó el experimento de la Estación Experimental Agrícola de Isabela es del orden oxisol, serie Coto. Este posee las siguientes propiedades físico-químicas: buen drenaje, pH de 5.3, 9% de arena, 21% de limo, 70% de arcilla y 3.5% de materia orgánica. La EEA Isabela está localizada en la región de los llanos costaneros del norte de Puerto Rico a 128 metros sobre el nivel del mar y con un promedio anual de lluvia de 1,633mm. Por otro lado el suelo donde se realizó el experimento es del orden oxisol, serie Dagüey. Este posee las siguientes propiedades físico-químicas: buen drenaje, pH de 5.8, 12% de arena, 28% de limo, 61% de arcilla y 4.5% de materia orgánica. La EEA Corozal está localizada

en la región central montañosa de Puerto Rico a 227 metros sobre el nivel del mar y promedio anual de lluvia 2,106 mm.

En el cuadro 5 se describen las estrategias de control evaluadas. La unidad experimental fueron parcelas de 3 m² donde se sembraron 28 hijuelos de piña de la variedad MD-2. La siembra se realizó mediante el sistema de doble hilera con una distancia de siembra de 0.7 metros entre hilera y 0.3 metros entre plantas. Para prevenir daños de insectos del suelo, cada hijuelo fue tratado con el insecticida *malathion* a las 24 horas antes de sembrar. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con 4 réplicas por estrategia de control.

C. Descripción de las estrategias de control:

Se evaluaron las siguientes estrategias de control de malezas: (1) bromacil, (2) diuron, (3) triturado biodegradable y las combinaciones (4) bromacil + diuron, (5) bromacil + triturado biodegradable, (6) diuron + triturado biodegradable y (7) bromacil + diuron + triturado biodegradable. Se utilizaron como referencias parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (8) enmalezado y terreno libre de malezas (9) desyerbo. El herbicida fluizifop-P-butyl se aplicó a las 8 SDT en las parcelas de estrategias de control 1, 2, 4, 5, 6 y 7 como medida de mantenimiento.

El equipo de aplicación que se utilizó para todas las estrategias de control y mantenimiento fue un *boom* de 100 cm de largo con 3 boquillas tipo *XR TEEJET 8006VS*. La presión se mantuvo constante a 40 psi utilizando un tanque de CO₂ y un volumen de aplicación 100 galones por acre (GPA). La aplicación de estrategias de control con herbicidas fue tipo *over the top broadcast*, donde el herbicida fue aplicado foliarmente sobre los hijuelos piña.

El triturado biodegradable que se utilizó era de *Spathodea campanulata* (tulipán africano) (Cuadro 6) el cual se colocó sobre el suelo de cada parcela. Se utilizaron baldes plásticos de 19 litros (5 galones) para aplicar y cubrir el área de 3.2 m² de la parcela. Cada tratamiento utilizó 11 kg (aprox. 24.2 lbs.) de triturado biodegradable. Esta cantidad fue suficiente para crear una cubierta de 3 cm aproximados de espesor sobre el suelo.

En la estrategia de control enmalezado, no se realizó ningún desyerbo y se dejó que las malezas crecieran hasta las 40 SDT. Luego de esa fecha, se removió toda maleza emergente en todas las parcelas del experimento para facilitar la implementación de prácticas de inducción floral. En la estrategia de control llamada desyerbo, se realizaron desyerbos manuales cada 15 días hasta las 40 SDT. Este tratamiento solo fue realizado Corozal 2012.

Cuadro 5: Estrategias de control de malezas evaluadas en el experimento establecido en la EEA Corozal e Isabela, Puerto Rico durante el año 2012. Cada dosis del herbicida utilizado se expresa como kg de ingrediente activo (ia) por hectárea (ha).

Estrategias de Control	Dosis
Bromacil	2.5 kg ia/ha
Diuron	4.4 kg ia/ha
Bromacil + diuron	2.5 kg ia/ha y 4.4 kg ia/ha
Bromacil + triturado biodegradable	2.5 kg ia/ha
Diuron + triturado biodegradable	4.4 kg ia/ha
Bromacil + diuron + triturado biodegradable	2.5 kg ia/ha y 4.4 ia kg/ha
Triturado biodegradable	n/a
Enmalezado	n/a
Desyerbo	n/a

Cuadro 6: Contenido de elementos, materia orgánica y pH del triturado biodegradable utilizado en el experimento realizado en la EEA, Corozal e Isabela durante el año 2012.¹

Parámetros	%
Nitrógeno	0.29
Fósforo	0.04
Potasio	53.00
Calcio	82.00
Magnesio	11.00
Materia Orgánica	73.00
pH	5.90

¹ El análisis fue realizado en el Laboratorio Central Analítico de la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras, Puerto Rico.

D. Descripción del muestreo de malezas

La biomasa de malezas, densidad de malezas y el porcentaje de control fueron evaluadas para determinar la efectividad de las estrategias de control. Las variables fueron evaluadas cada tres semanas luego de la siembra y se extendió hasta las 40 SDT. La biomasa y densidad de malezas se determinó utilizando un cuadrante de 0.05 m² que fue lanzado al azar tres veces en cada parcela. En cada cuadrante, se contaron todas las plantas presentes y se clasificaron como anuales de hoja fina, anuales de hoja ancha, perennes de hoja fina y perenne de hoja ancha. Ya contabilizado el número de plantas en cada cuadrante, se cortó todo material vegetativo (parte aérea de las malezas) presente sobre 2.54 cm de la superficie del suelo. El material vegetativo total de los tres cuadrantes por parcela fue combinado en una bolsa de papel previamente identificada. Cada muestra se colocó al horno a una temperatura constante de 50°C durante una semana. Luego de la semana, las muestras fueron removidas del horno y pesadas en una balanza.

El porcentaje de control de malezas en cada parcela fue evaluado en una escala gradual de 0% a 100%; donde 0% significaba que no se observaban daños sobre las malezas y estas eran iguales a las parcelas donde no se había aplicado estrategias de control. Sin embargo, 100% significaba cuando que todas las malezas presentes mostraban clorosis combinada con necrosis foliar total (Semidey y González, 2006).

En adición se realizó un catastro de las especies de malezas presentes en las parcelas experimentales durante del experimento. Para esto se utilizó como referencias las guías de identificación de malezas y forrajes publicadas por Lugo y Semidey (2002) y Más y Lugo (2013) (Cuadro 10 y 15).

E. Rendimiento y calidad de fruta

A los 16 meses por no colocar en semanas luego de la siembra se cosecharon todas las frutas presentes en cada parcela. La cáscara de las frutas cosechadas era mayormente color amarillo en su base. Cada fruta cosechada fue pesada en una balanza digital y clasificada en comercial (>1.8 kg) y no comercial (<1.8 kg). Además, se determinó el contenido de sólidos solubles a 4 frutas por parcela de cada estrategia de control. El instrumento utilizado para tomar el contenido de sólidos solubles fue el *Pocket PAL-1 (Digital Hand-held Pocket Refractometer de la compañía ATAGO®)*, el cual fue calibrado con agua destilada para mantener la precisión de los resultados. Luego, con una navaja desinfectada con alcohol al 95%, se removió un pedazo de la base de cada fruta a 2.54 cm de profundidad para tomar la muestra.

F. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables de biomasa de malezas, densidad de malezas, porcentaje de control, peso de la fruta y contenido de sólidos solubles se analizaron con el paquete estadístico *Infostat* (Di Rienzo et al., 2009). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) para establecer si existen diferencias entre medias de cada estrategia de control mediante una prueba de LSD al nivel de $p < 0.05$. Cada variable fue analizada en dos periodos durante la temporada; a las ocho semanas después de aplicadas las estrategias de control (8 SDT) y a las 40 SDT. Esto para determinar si existe un efecto de las estrategias de control los primeros dos meses de establecido el cultivo y si su efecto continúa hasta la inducción floral de la planta.

Por otra parte, la densidad de malezas se analizó realizando un análisis no paramétrico llamado prueba de *Friedman*. Esta prueba estadística se utiliza cuando los datos no cumplen los supuestos para aplicar un ANOVA como la homogeneidad de varianzas. Según Santos y colaboradores (2005), la densidad de malezas rara vez cumple con el supuesto de normalidad debido a no colonizan un terreno aleatoriamente. En vez, las malezas se distribuyen en el campo sin un patrón definido.

4.3 Prácticas culturales y agronómicas realizadas en ambas localidades

A. Sistema de Fertilización:

Las prácticas de fertilización utilizadas en los experimentos siguieron las recomendadas por Anónimo (1984) y Zamora-Echevarría (2006) para la producción de piña. El sistema de fertilización combinó abonamiento granular y foliar. La fertilización del tipo granular se realizó al momento de la siembra y luego cada cuatro meses. La fuente utilizada fue la 12-6-16-3 y se aplicó a razón de una onza por planta. La fertilización foliar se realizó cada 15 días desde el momento de la siembra (dos veces al mes). Esta fertilización foliar consistió de una mezcla de las siguientes fuentes: 0.12 kg de urea + 0.10 kg de sulfato de potasa + 0.05 kg de sulfato de magnesio + 1.104 onzas de *KeyPlex 350®*. El *KeyPlex 350®* es una fuente de fertilización líquida con alto contenido de micronutrientes (1.50% de Mg, 4.00% de S, 0.16% de B, 3.50% de Fe, 0.75% de Mn, 0.003% de Mo y 0.75% de Zn).

B. Inducción Foliar:

Con el propósito de tener una cosecha homogénea, se indujo floralmente la piña. Esta inducción se realizó a los diez meses de establecida la siembra. El producto utilizado para realizar la inducción fue *ethephon* [(2-chloroethyl) ácido fosfónico] (*Ethephon 2SL®*). Este se

aplicó con una bomba de espalda directamente en el meristemo apical de la planta. Para lograr una inducción efectiva de floración y exponer el meristemo apical de la planta, todas las parcelas experimentales se desyerbaron antes de la aplicación de *ethephon*.

C. Control de plagas y enfermedades:

La piña variedad MD-2 es susceptible a *Phytophthora parasitica* (pudrición del corazón de la roseta) y *Phytophthora cinnamomi* (podredumbre del corazón). Para prevenir el daño de las enfermedades antes mencionadas se aplicó el fungicida *Aluminum tris* (O-ethyl phosponate) (*Aliette* ® WDG) (1 kg ia/Acre). Esta mezcla se aplicó directamente en la planta en un intervalo de tres veces durante todo el ciclo de la siembra (cada dos meses, dejando cuatro a cinco meses antes de la cosecha, según lo recomendado en la etiqueta).

5. Resultados

5.1 Corozal 2011

A. Catastro de malezas

Según el catastro de malezas realizado durante el experimento, se observaron 14 especies de malezas representadas en siete familias. El grupo más comúnmente representado lo fue malezas anuales de hoja ancha. Las familias de malezas con más especies observadas lo fueron *Euphorbiaceae* y *Poaceae* ambas con cuatro especies (Cuadro 7).

B. Biomasa de malezas

Según los resultados obtenidos, la biomasa de malezas a las 8 SDT fue significativamente mayor en las parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (enmalezado) así como también aquellas donde solo se utilizó triturado (Cuadro 8). Al mismo tiempo, en las parcelas donde se aplicó algún tipo de estrategia de control, la biomasa de malezas fue menor de 87.7 gMS/m². Cuando se evaluó la biomasa de malezas a las 40 SDT, todas las estrategias de control (excepto el desyerbo) presentaron biomasa de malezas mayores a 529.2 gMS/m².

C. Control de malezas

Durante el experimento no se observaron cambios visuales en la coloración de las hojas de la planta de piña (clorosis, necrosis) a causa de las aplicaciones de los herbicidas utilizados. Tampoco se observó un retraso en el crecimiento de las hojas de la planta de piña. Por lo tanto, no se documentó fitotoxicidad evidente a causa de las estrategias de control.

Las estrategias de control bromacil, hexazinona, bromacil + triturado y hexazinona + triturado mostraron significativamente ($p < 0.05$) mayor control a las 8 SDT (Figura 1). El control

de malezas en estas parcelas fue mayor a 78% y comparable con parcelas libres de malezas (desyerbo). Las parcelas donde no se aplicó ninguna estrategia de control (enmalezado) presentó el menor control de malezas y no fue significativamente diferente ($p < 0.05$) a las estrategias de control triturado solo, hexazinona + glifosato 8 SDT y glifosato 8 SDT (Figura 1). Estas últimas estrategias de control mostraron pobre control de malezas reportando valores menores a $< 50\%$.

A las 40 SDT las estrategias de control bromacil, hexazinona y bromacil + triturado continuaron mostrando el mayor control. Estas estrategias de control mantuvieron valores mayores a 70% de control de malezas y no fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) a parcelas libres de malezas (desyerbo). Las estrategias de control que incluyeron glifosato y fueron aplicados a las 8 SDT no fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) a las parcelas donde solo se utilizó triturado (Figura 1).

Cuadro 7: Catastro de malezas presentes durante las 40 SDT en el experimento EEA Corozal, Puerto Rico en el año 2011¹.

Familia	Nombre Científico	Clasificación
		Anual (A), Perenne (P), Hoja ancha (HA), Hoja fina (HF)
<i>Asteraceae</i>	<i>Cyanthillium cinereum</i>	A, HA
	<i>Emilia sonchifolia</i>	A, HA
<i>Commelinaceae</i>	<i>Commelina diffusa</i>	A, HF
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomoea tiliaceae</i>	A, HA
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Caperonia palustris</i>	A, HA
	<i>Euphorbia hetherophylla</i>	A, HA
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	A, HA
	<i>Phyllanthus niruri</i>	A, HA
<i>Fabaceae</i>	<i>Macroptilium lathyroides</i>	A, HA
<i>Malvaceae</i>	<i>Urena lobata</i>	A, HA
<i>Poaceae</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	A, HF
	<i>Echinochloa colona</i>	A, HF
	<i>Eleusine indica</i>	A, HF
	<i>Paspalum virgatum</i>	P, HF

¹Se tomó en consideración toda maleza emergente en la parcelas de las estrategias de control hasta los 40 SDT.

Cuadro 8: Biomasa de malezas en las estrategias de control del experimento de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD. Las letras mayúsculas y minúsculas seguidas de cada media indican que el análisis estadístico se realizó para cada SDT por separado.

Biomasa de malezas			
Estrategias de control	Semanas Después del Tratamiento (SDT)		
	Dosis	8	40
gMS/m ²			
Bromacil	2.5 kg ia/ha	0.0 a	636.5 B
Hexazinona	0.7 kg ia/ha	3.7 a	529.2 B
Bromacil + triturado	2.5 kg ia/ha	2.6 a	659.5 B
Hexazinona + triturado	0.7 kg ia/ha	52.0 ab	629.4 B
Glifosato + Hexazinona 8 SDT	0.58 L ia ia/ha+0.7 kg/ha	69.1 bc	636.7 B
Glifosato 8 SDT	0.58 L ia/ha	87.7 bc	636.8 B
Enmalezado	n/a	113.3 c	707.3 B
Triturado	n/a	186.9 d	592.5 B
Desyerbo	n/a	0.0 a	0.0 A

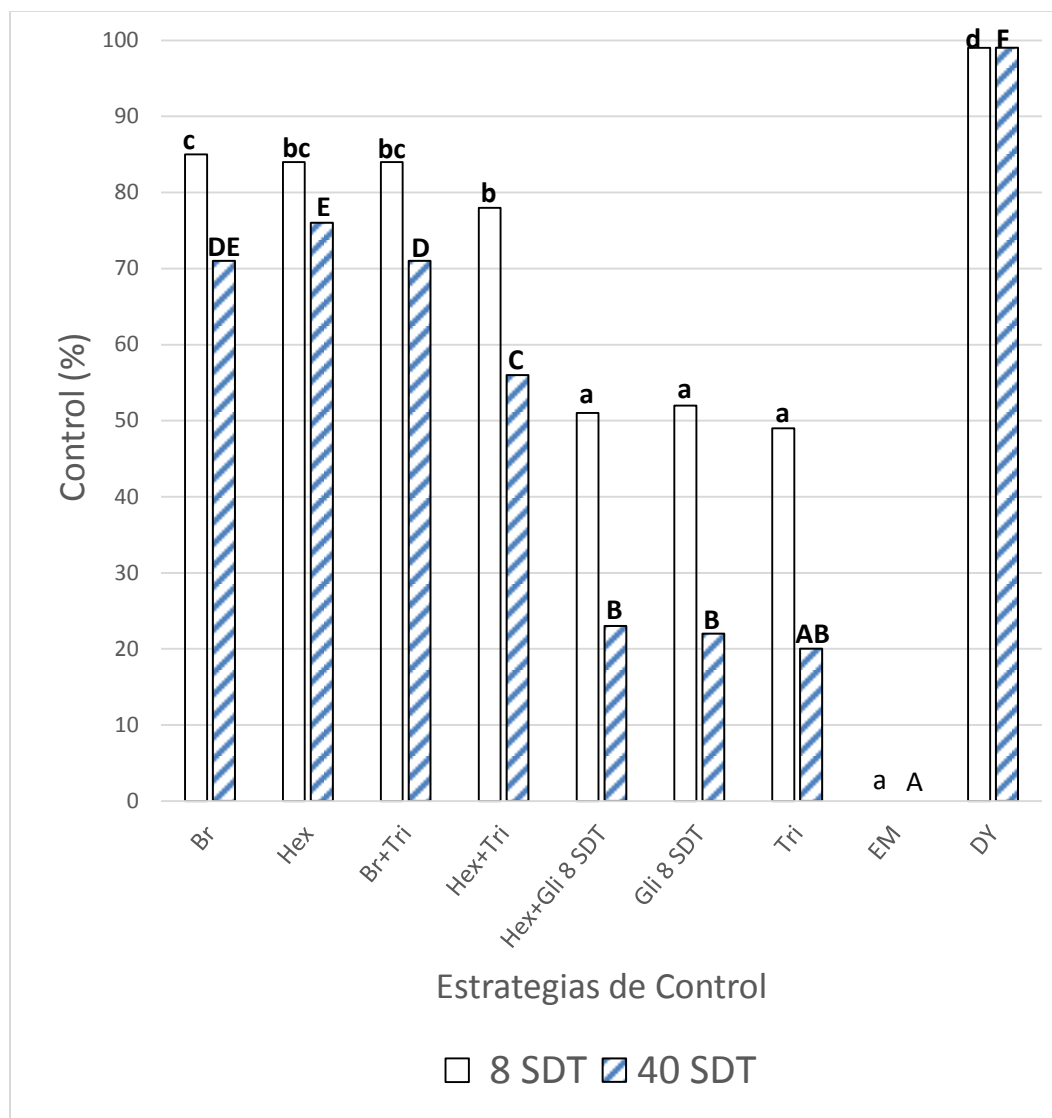


Figura 1:. Efectividad de las estrategias de control observadas a las 8 SDT y 40 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según prueba LSD. Las letras mayúsculas y minúsculas indican que el análisis estadístico se realizó para cada SDT por separado. Las estrategias de control evaluadas se representan de la siguiente forma: Br (Bromacil), Hex (Hexazinona), Br+Tri (Bromacil+Triturado), Hex+Tri (Hexazinona+Triturado), EM (Enmalezado), Tri (Triturado), DY (Desyerbo), Hex+Gli 8 SDT (Hexazinona+Glifosato) y Gli 8 SDT (Glifosato).

D. Peso de fruta y contenido de solidos solubles

La estrategia de control que produjo el mayor peso de fruta fue hexazinona + triturado donde se cosecharon frutas de 0.78 kg (Figura 2). Este valor fue significativamente mayor ($p<0.05$) a las parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (enmalezado) así como también aquellas donde se aplicó bromacil solo, triturado solo y glifosato 8 SDT.

Todas las estrategias de control presentaron significativamente mayor ($p<0.05$) contenido de solidos solubles sobre las parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (enmalezado). Estos valores fueron exhibieron un rango desde 12.0 a 16.0 °Brix (Cuadro 9).

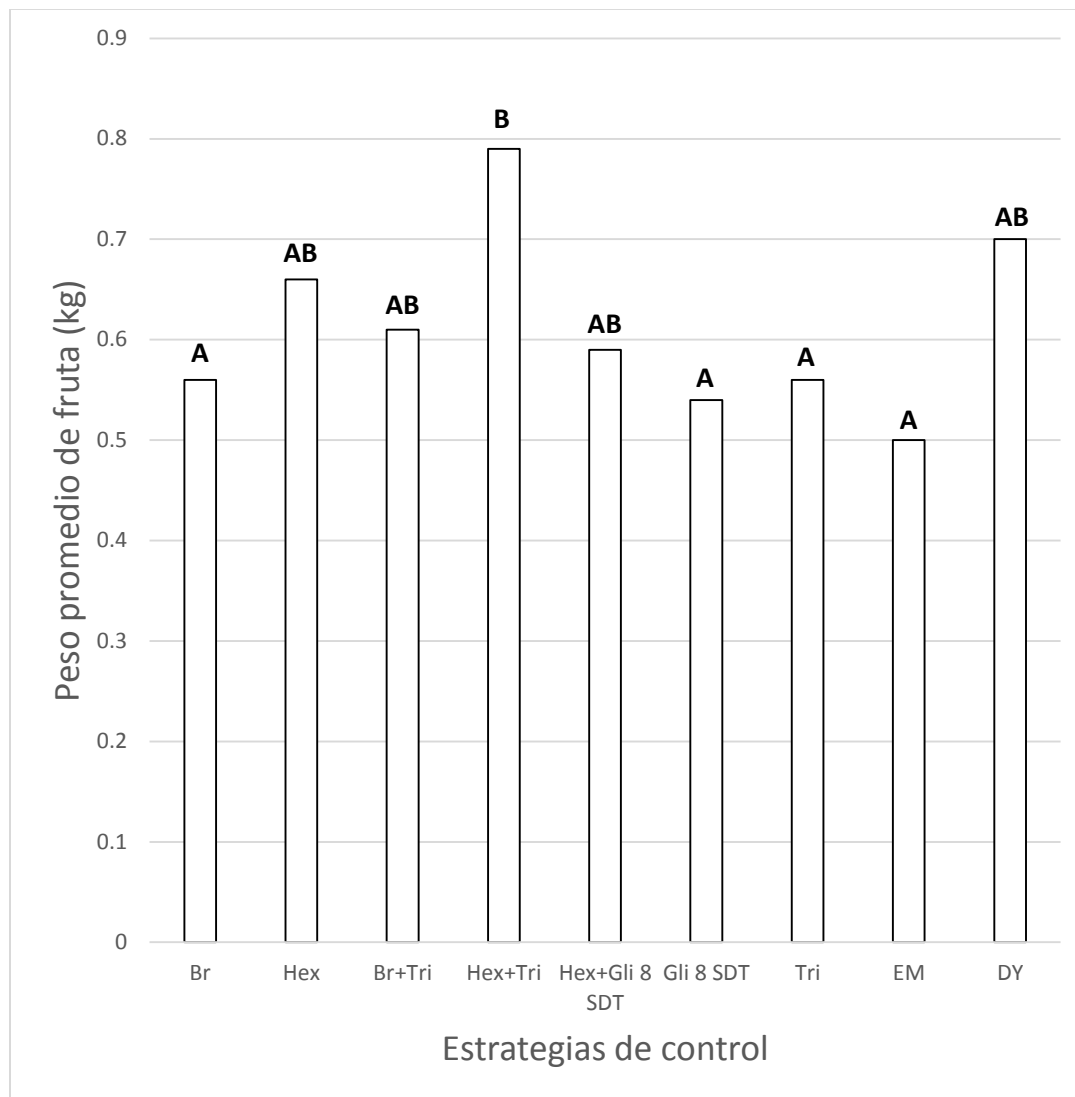


Figura 2: Peso promedio de fruta obtenido en las estrategias de control en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según prueba LSD. Las estrategias de control evaluadas se representan de la siguiente forma: Br (Bromacil), Hex (Hexazinona), Br+Tri (Bromacil+Triturado), Hex+Tri (Hexazinona+Triturado), EM (Enmalezado), Tri (Triturado), DY (Desyerbo), Hex+Gli 8 SDT (Hexazinona+Glifosato) y Gli 8 SDT (Glifosato).

Cuadro 9: Efecto de las estrategias de control sobre el contenido de sólidos solubles de fruta obtenido en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2011. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD.

Estrategia de control	Contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix)
Bromacil	12.44 ab
Hexazinona	12.51 ab
Bromacil + triturado	13.15 bc
Hexazinona + triturado	16.09 c
Hexazinona + glifosato 8 SDT	12.95 ab
Glifosato 8 SDT	12.13 ab
Triturado	12.04 ab
Enmalezado	10.78 a
Desyerbo	12.91 ab

5.2 Corozal 2012

A. Catastro de malezas

Según el catastro de malezas realizado durante el experimento, se observaron 25 especies de malezas representadas en 12 familias. El grupo más comúnmente representado lo fue malezas anuales de hoja ancha. Las familias de malezas con más especies observadas lo fueron *Fabaceae* y *Poaceae* ambas con cinco especies (Cuadro 10).

B. Biomasa de malezas

Según los resultados obtenidos a las 8 SDT, las estrategias de control con mayor biomasa de malezas ($>154.2 \text{ gMS/m}^2$) fueron las parcelas donde no se aplicó control (enmalezado) y triturado solo (Cuadro 11). Estos resultados fueron significativamente mayores ($p<0.05$) a las demás estrategias de control incluyendo la estrategia de control de desyerbo donde no se permitía el crecimiento de malezas. Cuando se evaluó la biomasa de malezas obtenida a las 40 SDT, solo las parcelas sin malezas (desyerbo) produjeron significativamente menor biomasa (Cuadro 11). Los valores de biomasa obtenida en las demás estrategias de control no fueron significativamente diferentes entre sí.

Según la Figura 3, podemos observar una extensión del control sobre las malezas hasta las 24 SDT (mes 6), donde las estrategias de control que incluyeron bromacil, diuron y su combinaciones con triturado biodegradable presentaron una mayor eficacia y menor biomasa en comparación con las estrategias de control enmalezado y triturado biodegradable solo. Estos dos últimos reportaron un aumento de biomasa de malezas a partir de las 6 SDT. Se sugiere que esta extensión de la eficacia en las estrategias de control que incluyeron bromacil, diuron y su combinaciones con triturado biodegradable se debe principalmente al efecto del herbicida

fluazifop aplicado a las 8 SDT. A partir de las 24 SDT, la biomasa de malezas aumento en todas las estrategias de control evaluadas (Figura 3).

Cuadro 10: Catastro de malezas presentes durante las 40 SDT en el experimento EEA Corozal, Puerto Rico en el año 2012¹.

Familia	Nombre Científico	Clasificación
		Anual (A), Perenne (P), Hoja ancha (HA), Hoja fina (HF)
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Amaranthus dubius</i>	A, HA
<i>Asteraceae</i>	<i>Emilia sonchifolia</i>	A, HA
	<i>Sonchus oleraceous</i>	A, HA
<i>Brassicaceae</i>	<i>Lepidium virginicum</i>	A, HA
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Momordica charantia</i>	A, HA
<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus esculentus</i>	P, HF
	<i>Cyperus rotundus</i>	P, HF
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Caperonia palustris</i>	A, HA
	<i>Euphorbia hetherophylla</i>	A, HA
	<i>Euphorbia hirta</i>	A, HA
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	A, HA
<i>Fabaceae</i>	<i>Albicia procera</i>	P, HA
	<i>Centrosema virginianum</i>	P, HA
	<i>Crotalaria spp.</i>	A, HA
	<i>Macroptilium lathyroides</i>	A, HA
	<i>Mimosa pudica</i>	P, HA
<i>Malvaceae</i>	<i>Urena lobata</i>	A, HA
<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalis barrelieri</i>	P, HA
<i>Phyllanthaceae</i>	<i>Phyllanthus niruri</i>	A, HA
<i>Poaceae</i>	<i>Chrolis barbata</i>	A, HF
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	A, HF
	<i>Echinochloa colona</i>	A, HF
	<i>Sorghum halapense</i>	P, HF
	<i>Paspalum virgatum</i>	P, HF
<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca oleraceae</i>	A, HA

¹Se tomó en consideración toda maleza emergente en la parcelas de las estrategias de control hasta los 40 SDT.

Cuadro 11: Biomasa de malezas en las estrategias de control en el experimento de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD. Las letras mayúsculas y minúsculas seguidas de cada media indican que el análisis estadístico se realizó para cada SDT por separado.

Biomasa de malezas			
Estrategias de Control	Dosis	Semanas Después del Tratamiento (SDT)	
		8	40
		gMS/m ²	
Bromacil	2.5 kg ia /ha	39.6 a	329.5 CEDF
Diuron	4.4 kg ia /ha	0.0 a	141.0 AB
Bromacil + diuron	2.5 kg ia/ha+4.4 kg ia/ha	0.0 a	251.2 BCDE
Bromacil + triturado	2.5 kg ia/ha	0.0 a	216.8 BCD
Diuron + triturado	4.4 kg ia/ha	27.9 a	179.4 ABC
Bromacil+diuron+triturado	2.5 kg ia/ha+4.4 kg ia/ha	0.0 a	293.8 BCDEF
Triturado	n/a	184.0 c	231.1 BCDEF
Enmalezado	n/a	154.2 bc	250.6 BCDE
Desyerbo	n/a	0.0 a	0.0 A

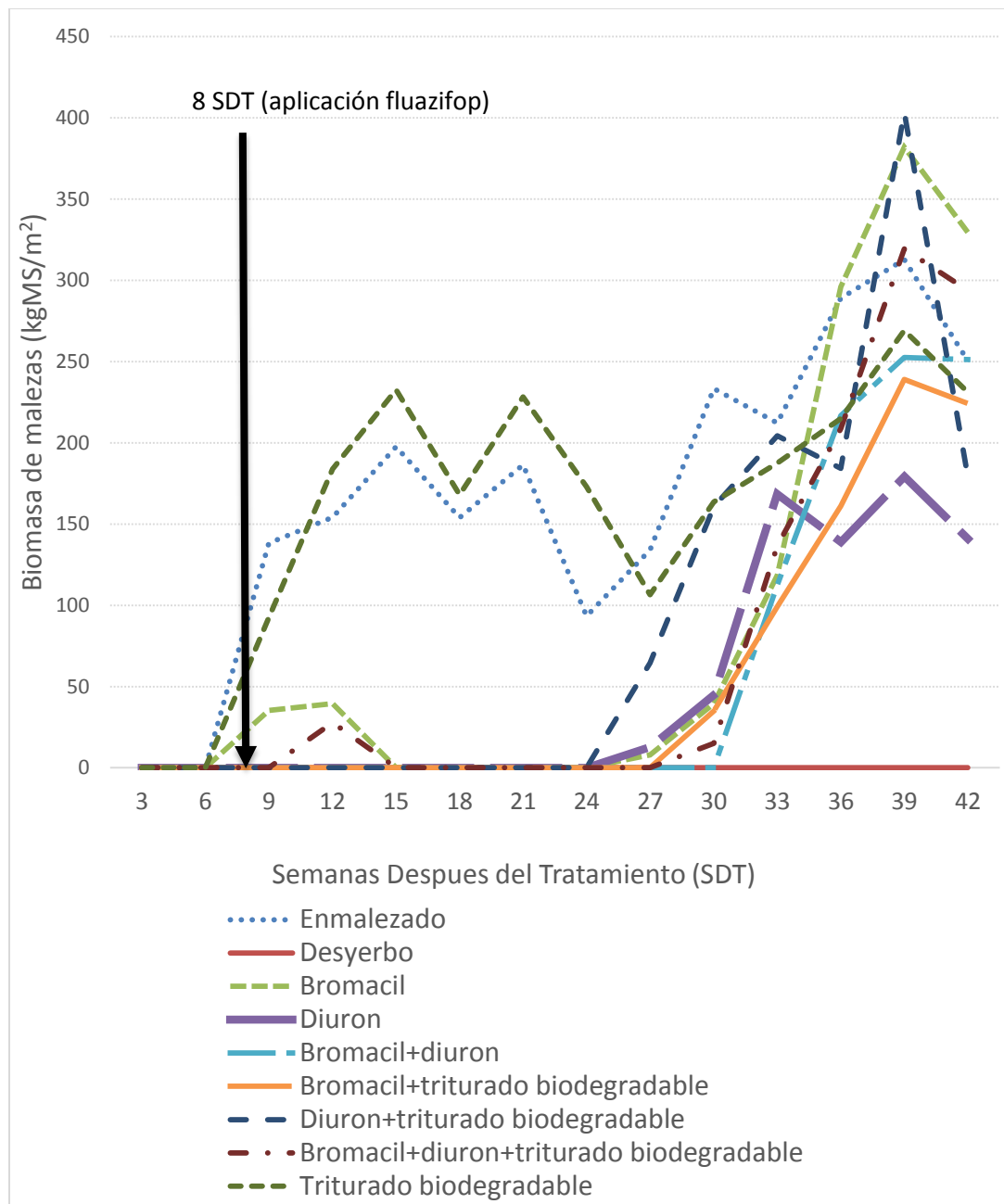


Figura 3: Biomasa de malezas obtenida en las diferentes estrategias de control al transcurrir las 40 semanas después del tratamiento (SDT) en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012.

C. Densidad de malezas

De los cuatro grupos de malezas documentados en el catastro del experimento Corozal 2012 (Cuadro 10), solo estuvieron presentes en los cuadrantes de muestreo, las malezas anuales hoja fina y ancha. De acuerdo con los resultados, la densidad de estos dos grupos de malezas fue igual en todas las estrategias de control (< 24 malezas /m²) a las 8 SDT (Cuadro 12). Sin embargo, las malezas anuales hoja fina fue significativamente mayor en las parcelas de triturado biodegradable y enmalezado reportando valores mayores a 32 malezas / m².

Según los resultados de la densidad de malezas a las 40 SDT no se observaron diferencias significativas dentro de los grupos de malezas anuales hoja fina y perenne hoja ancha. La única diferencia significativa detectada fue en el grupo de malezas anuales hoja ancha. Dentro de este grupo, las estrategias de control donde se utilizó bromacil solo, diuron + triturado biodegradable y bromacil + diuron + triturado biodegradable no fueron significativamente diferentes a las parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (enmalezado) (Cuadro 13).

Cuadro 12: Efecto de las estrategias de control en la densidad de malezas a las 8 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba Friedman.

	Grupo de malezas			
	Anual hoja ancha	Anual hoja fina	Perenne hoja ancha	Perenne hoja fina
Estrategias de Control	Numero malezas/m ²			
Bromacil	19 A	19 ABCDEFG	0	0
Diuron	19 A	15 A	0	0
Bromacil + diuron	19 A	15 AB	0	0
Bromacil + triturado	19 A	15 ABC	0	0
Diuron + triturado	19 A	15 A	0	0
Bromacil+diuron+triturado	19 A	18 ABCD	0	0
Triturado	23 A	32 H	0	0
Enmalezado	23 A	35 H	0	0
Desyerbo	0 A	0 ABCDE	0	0

Cuadro 13: Efecto de las estrategias de control en la densidad de malezas a las 40 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba Friedman.

Estrategias de Control	Grupo de malezas			
	Anual hoja	Anual hoja	Perenne hoja	Perenne
	ancha	fina	ancha	hoja fina
	Numero malezas/m ²			
Bromacil	22 B	22 AB	15 A	0
Diuron	21 AB	12 AB	24 A	0
Bromacil + diuron	16 AB	23 AB	18 A	0
Bromacil + triturado	21 AB	22 AB	24 A	0
Diuron + triturado	27 B	17 AB	23 A	0
Bromacil+diuron+triturado	23 B	24 AB	15 A	0
Triturado	18 AB	23 AB	20 A	0
Enmalezado	23 B	25 AB	24 A	0
Desyerbo	0 A	0 B	0 A	0

D. Control de malezas

Durante el experimento no se observaron cambios visuales en la coloración de las hojas de la planta de piña (clorosis, necrosis) a causa de las aplicaciones de los herbicidas utilizados. Tampoco se observó un retraso en el crecimiento de las hojas de la planta de piña. Por lo tanto, no se documentó fitotoxidad evidente a causa de las estrategias de control.

A las 8 SDT, las estrategias de control que contenían herbicidas diuron o bromacil mostraron mayor control (>90%) y no fueron diferente entre sí, pero fueron diferentes a las estrategias de control enmalezado y triturado biodegradable (<40%). Como era de esperarse, el enmalezado fue la estrategia de control con menor control (0%) y fue significativamente diferente a las demás estrategias de control. El desyerbo presentó el mayor control (100%) y fue significativamente diferente a las demás estrategias de control ($p<0.05$) (Figura 4).

En el análisis de control de malezas a las 40 SDT, todas las estrategias de control que emplearon bromacil o diuron presentaron el mayor control (>88%) y no fueron significativamente diferentes entre sí. Las estrategias de control de enmalezado y triturado biodegradable presentaron el menor control (<20%) y fueron significativamente diferentes a las demás estrategias de control evaluadas ($p<0.05$) (Figura 4).

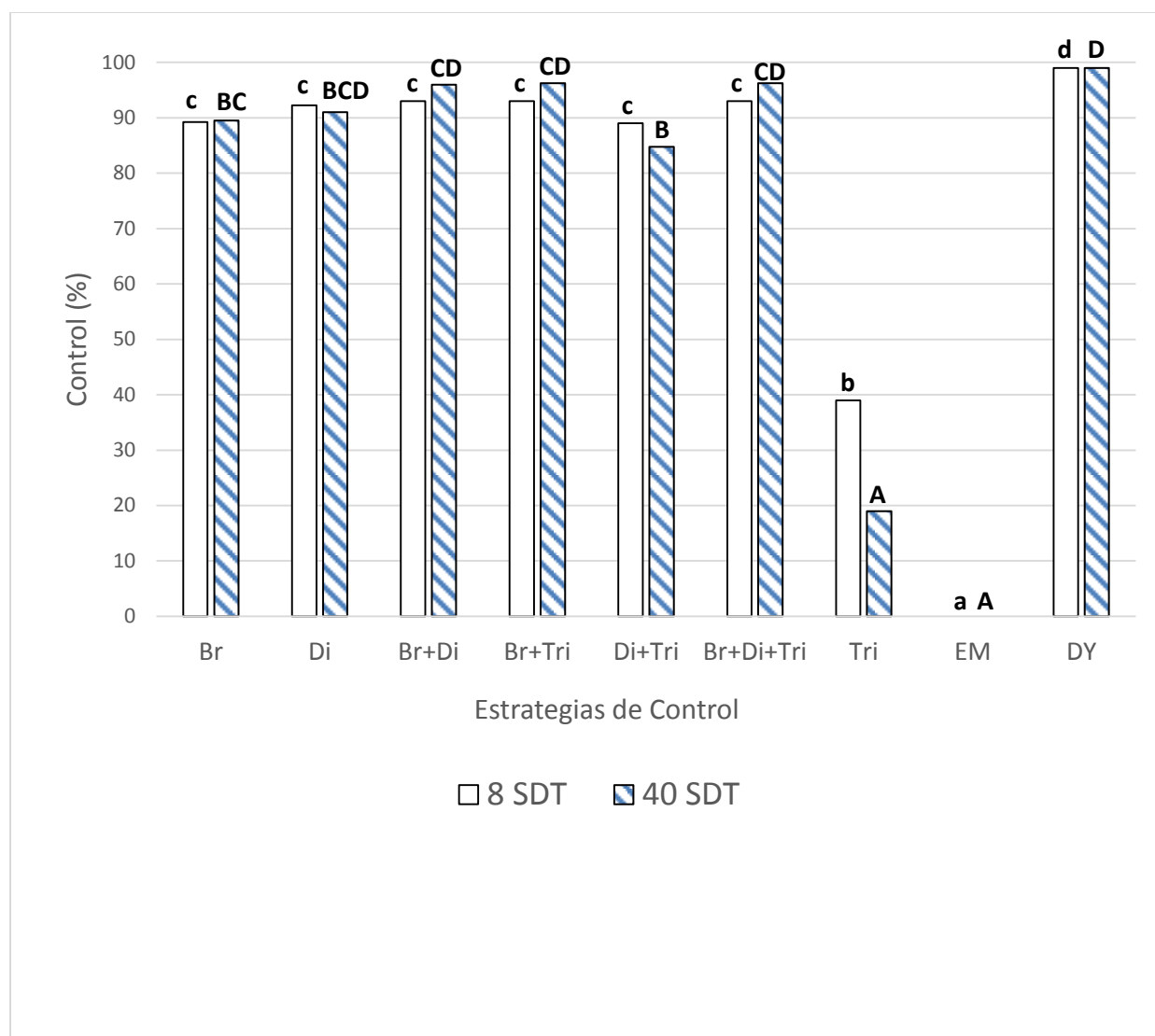


Figura 4: Efectividad de las estrategias de control observadas a las 8 SDT y 40 SDT en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según prueba LSD. Las letras mayúsculas y minúsculas indican que el análisis estadístico se realizó para cada SDT por separado. Las estrategias de control evaluadas se representan de la siguiente forma: Br (Bromacil), Di (Diuron), Br+Tri (Bromacil+Triturado), Di+Tri (Diuron+Triturado), EM (Enmalezado), Tri (Triturado), DY (Desyerbo), Br+Di (Bromacil+Diuron) y Br+Di+Tri (Bromacil+Diuron+Triturado).

E. Peso fruta y contenido de sólidos solubles

Todas las estrategias de control evaluadas para Corozal 2012 no presentaron diferencias significativas en el peso de fruta. Los valores de peso de fruta fluctuaron entre 0.7 a 1 kg. El contenido de sólidos solubles documentado en piñas cosechadas en parcelas libres de malezas (desyerbo) fue significativamente menor ($p < 0.05$) a las parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (enmalezado). En cambio no se detectaron diferencias significativas entre las estrategias de control donde se utilizó bromacil, diuron o triturado biodegradable (Cuadro 14).

Cuadro 14: Efecto de las estrategias de control sobre el contenido de sólidos solubles de fruta en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD.

Estrategias de control ²	Contenido de sólidos solubles (° Brix) ¹
Bromacil	15.3 ab
Diuron	15.4 ab
Bromacil + diuron	15.3 ab
Bromacil + triturado	15.8 b
Diuron + triturado	16.0 b
Bromacil + tiuron + triturado	15.4 ab
Triturado	15.4 ab
Enmalezado	15.9 b
Desyerbo	13.6 a

5.3 Isabela 2012

A. Catastro de malezas

Según el catastro de malezas realizado durante el experimento, se observaron 25 especies de malezas representadas en 16 familias. El grupo más comúnmente representado lo fue malezas anuales de hoja fina. La familia de malezas con más especies observadas lo fue *Asteraceae* con cuatro especies (Cuadro 15).

B. Biomasa de malezas

La biomasa de malezas reportada en la estrategias de control de triturado biodegradable no fue significativamente diferente a parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (enmalezado). Ambos reportaron valores mayores a 170 y 587 gMS/m² a las 8 y 40 SDT respectivamente (Cuadro 16). Las estrategias de control donde se utilizó bromacil, diuron y sus combinaciones con triturado biodegradable no fueron significativamente diferentes entre sí y sus valores se mantuvieron por debajo de 71 gMS/m² a las 8 SDT y 444 gMS/m² a las 40 SDT (Cuadro 16).

Según la Figura 5, podemos observar una extensión del control sobre las malezas hasta las 24 SDT (mes 6), donde las estrategias de control que incluyeron bromacil, diuron y sus combinaciones con triturado biodegradable presentaron una mayor eficacia y menor biomasa en comparación con las estrategias de control enmalezado y triturado biodegradable solo. Estos dos últimos reportaron un aumento de biomasa de malezas a partir de las 6 SDT. Se sugiere que esta extensión de la eficacia en las estrategias de control que incluyeron bromacil, diuron y sus combinaciones con triturado biodegradable se debe principalmente al efecto del herbicida

fluazifop, aplicado a las 8 SDT. A partir de las 24 SDT, la biomasa de malezas aumento en todas las estrategias de control evaluadas (Figura 5).

Cuadro 15: Catastro de malezas presentes durante las 40 SDT en el experimento EEA Isabela, Puerto Rico en el año 2012¹.

Familia	Nombre Científico	Clasificación
		Anual (A), Perenne (P), Hoja ancha (HA), Hoja fina (HF)
<i>Aizoaceae</i>	<i>Trianthema portulacastrum</i>	A, HA
<i>Asteraceae</i>	<i>Bidens pilosa</i>	A, HA
	<i>Cyanthillium cinereum</i>	A, HA
	<i>Emilia sonchifolia</i>	A, HA
	<i>Parthenium hysterophorus</i>	A, HA
	<i>Lepidium virginicum</i>	A, HA
<i>Brassicaceae</i>	<i>Commelina diffusa</i>	A, HF
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Merremia quinquefolia</i>	A, HA
	<i>Ipomoea tiliacea</i>	A, HA
<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	P, HF
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia hetherophylla</i>	A, HA
	<i>Euphorbia hirta</i>	A, HA
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	A, HA
<i>Fabacea</i>	<i>Alysicarpus vaginalis</i>	P, HA
	<i>Mimosa pudica</i>	P, HA
<i>Lamiaceae</i>	<i>Leonotis nepetifolia</i>	A, HA
<i>Malvaceae</i>	<i>Urena lobata</i>	A, HA
<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalys corymbosa</i>	P, HA
<i>Phyllantaceae</i>	<i>Phyllanthus niruri</i>	A, HA
<i>Poaceae</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	A, HF
	<i>Echinochloa colona</i>	A, HF
	<i>Sorghum halapense</i>	P, HF
<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca oleraceae</i>	A, HA
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum americanum</i>	A, HA
<i>Rubiaceae</i>	<i>Richardia scabra</i>	A, HA

¹Se tomó en consideración toda maleza emergente en la parcelas de las estrategias de control hasta la cosecha.

Cuadro 16: Biomasa de malezas en las estrategias de control en el experimento de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD. Las letras mayúsculas y minúsculas seguidas de cada media indican que el análisis estadístico se realizó para cada SDT por separado.

Biomasa de malezas			
Semanas Después del Tratamiento (SDT)			
Estrategias de control	Dosis	8	40
		gMS/m ²	
Bromacil	2.5 kg ia/ha	0.0 a	330.2 BCDE
Diuron	4.4 kg ia/ha	71.3 ab	285.8 ABCD
Bromacil + diuron	2.5 kg ia/ha+	0.0 a	444.4 EF
	4.4 kg ia/ha		
Bromacil+triturado	2.5 kg ia/ha	16.7 a	351.3 BCDE
Diuron + triturado	4.4 kg ia/ha	0.0 a	368.1 CDE
Bromacil+diuron+triturado	2.5 kg ia/ha+	31.1 a	432.7 DEF
	4.4 kg ia/ha		
Triturado	n/a	170.4 c	588.3 F
Enmalezado	n/a	218.9 c	587.9 F

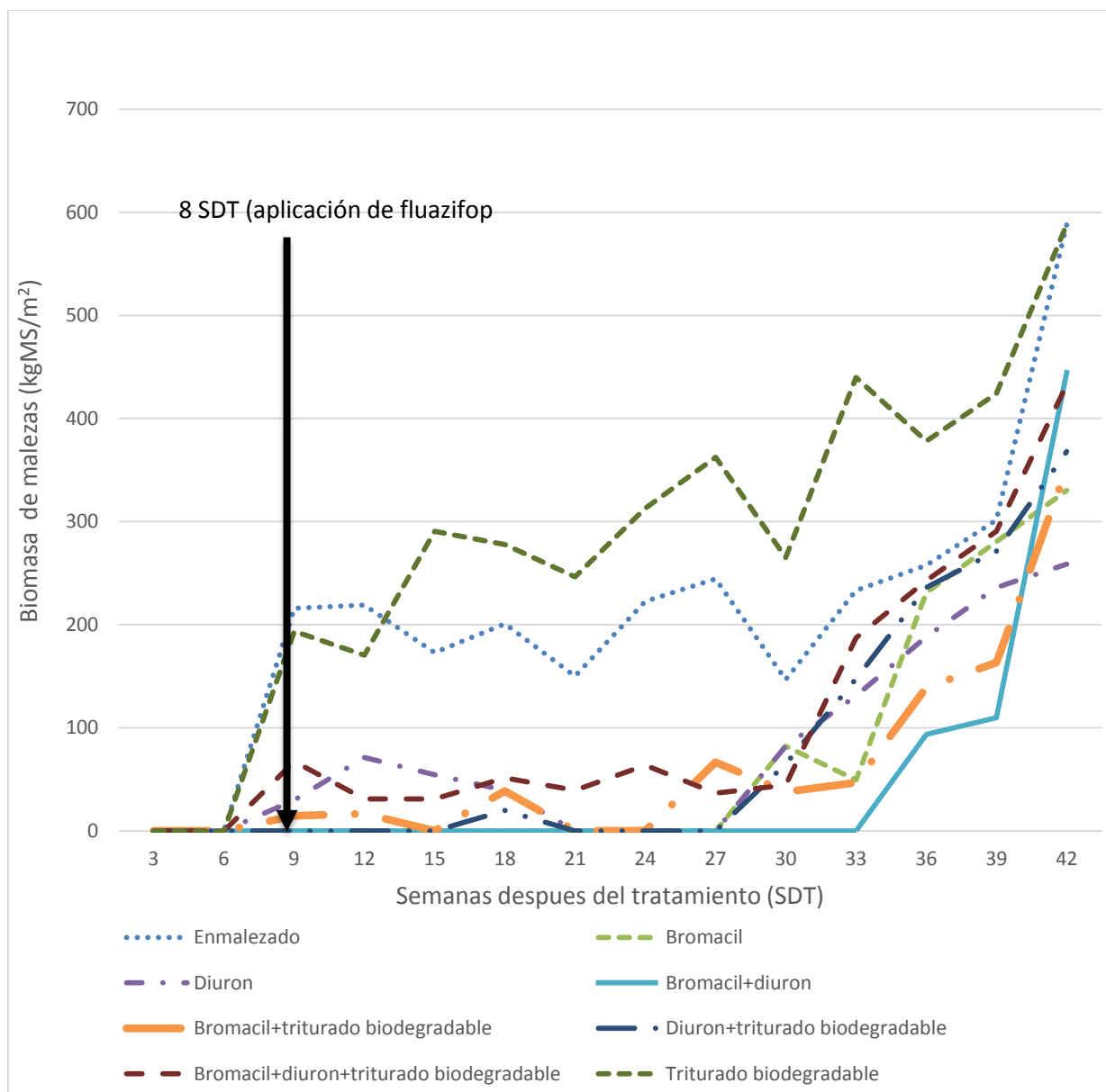


Figura 5: Biomasa de malezas en las diferentes estrategias de control al transcurrir las 40 semanas después del tratamiento (SDT) en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012

C. Densidad de malezas

De acuerdo con los resultados, el grupo de malezas perenne hoja ancha no estuvo presente en los cuadrantes de muestreo a las 8 SDT. No así para el muestreo realizado a las 40 SDT donde los cuatro grupos de malezas estuvieron presentes. A las 8 SDT, la densidad de malezas anuales hoja ancha fue significativamente mayor en las parcelas donde se utilizó triturado biodegradable solo (Cuadro 17). La densidad de malezas de esta estrategia de control fue 27 malezas/m² y a su vez este valor fue similar a lo observado en parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (enmalezado). Para la misma fecha, la estrategia de control bromacil + diuron reportó una densidad menor de malezas anuales y perennes hoja fina en comparación con triturado biodegradable solo y enmalezado. Según los resultados de la densidad de malezas a las 40 SDT no se observaron diferencias significativas notables para poder identificar posible susceptibilidad de cada grupo a las diferentes estrategias de control utilizadas (Cuadro 18).

Cuadro 17: Efecto de las estrategias de control en la densidad de malezas a las 8 SDT en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba Friedman.

	Grupo de malezas			
	Anual hoja ancha	Anual hoja fina	Perenne hoja ancha	Perenne hoja fina
Estrategias de Control	Numero malezas/m ²			
Bromacil	12 ABC	12 AB	0	16 ABCD
Diuron	18 ABCDEF	17 ABC	0	17 ABCDE
Bromacil + diuron	12 AB	12 A	0	14 A
Bromacil + triturado	12 A	18 ABC	0	14 AB
Diuron + triturado	17 ABCDE	16 ABC	0	14 ABC
Bromacil+diuron+triturado	16 ABCD	16 ABC	0	17 ABCDEF
Triturado	27 G	26 C	0	24 EFG
Enmalezado	26 FG	23 C	0	27 G

Cuadro 18: Efecto de las estrategias de control en la densidad de malezas a las 40 SDT en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba Friedman.

Estrategias de Control	Grupo de malezas			
	Anual hoja	Anual hoja	Perenne hoja	Perenne
	ancha	fina	ancha	hoja fina
	Numero malezas/m ²			
Bromacil	22B	14AB	17ABCD	17ABCDE
Diuron	20AB	18ABCD	17ABCD	15AB
Bromacil + diuron	23B	17ABCD	22ABCD	18ABCDE
Bromacil + triturado	18AB	25D	24D	16ABC
Diuron + triturado	24B	14A	23ABCD	8A
Bromacil+diuron+triturado	16AB	18ABCD	13AB	17ABCD
Triturado	8A	14ABC	13A	31F
Enmalezado	13AB	18ABCD	13ABC	22ABCDEF

D. Control de malezas

Durante el experimento no se observaron cambios visuales en la coloración de las hojas de la planta de piña (clorosis, necrosis) a causa de las aplicaciones de los herbicidas utilizados. Tampoco se observó un retraso en el crecimiento de las hojas de la planta de piña. Por lo tanto, no se documentó fitotoxidad evidente a causa de las estrategias de control.

A las 8 SDT, las estrategias de control que contenían herbicidas diuron o bromacil mostraron mayor control con valores mayores a 70% y no fueron diferente entre sí. Sin embargo fueron diferentes a las estrategias de control enmalezado y triturado biodegradable (<50%). Como era de esperarse, el enmalezado fue la estrategia de control con menor control (0%) y fue significativamente diferente a las demás estrategias de control. En el análisis de control de malezas a las 40 SDT, se observó que el uso de bromacil solo es mucho más efectivo que el uso de diuron solo y a su vez sus combinaciones con triturado biodegradable no es significativamente diferente entre sí. Las estrategias de control de enmalezado y triturado biodegradable presentaron el menor control (<30%) y fueron significativamente diferentes a las demás estrategias de control evaluadas ($p < 0.05$) (Figura 6).

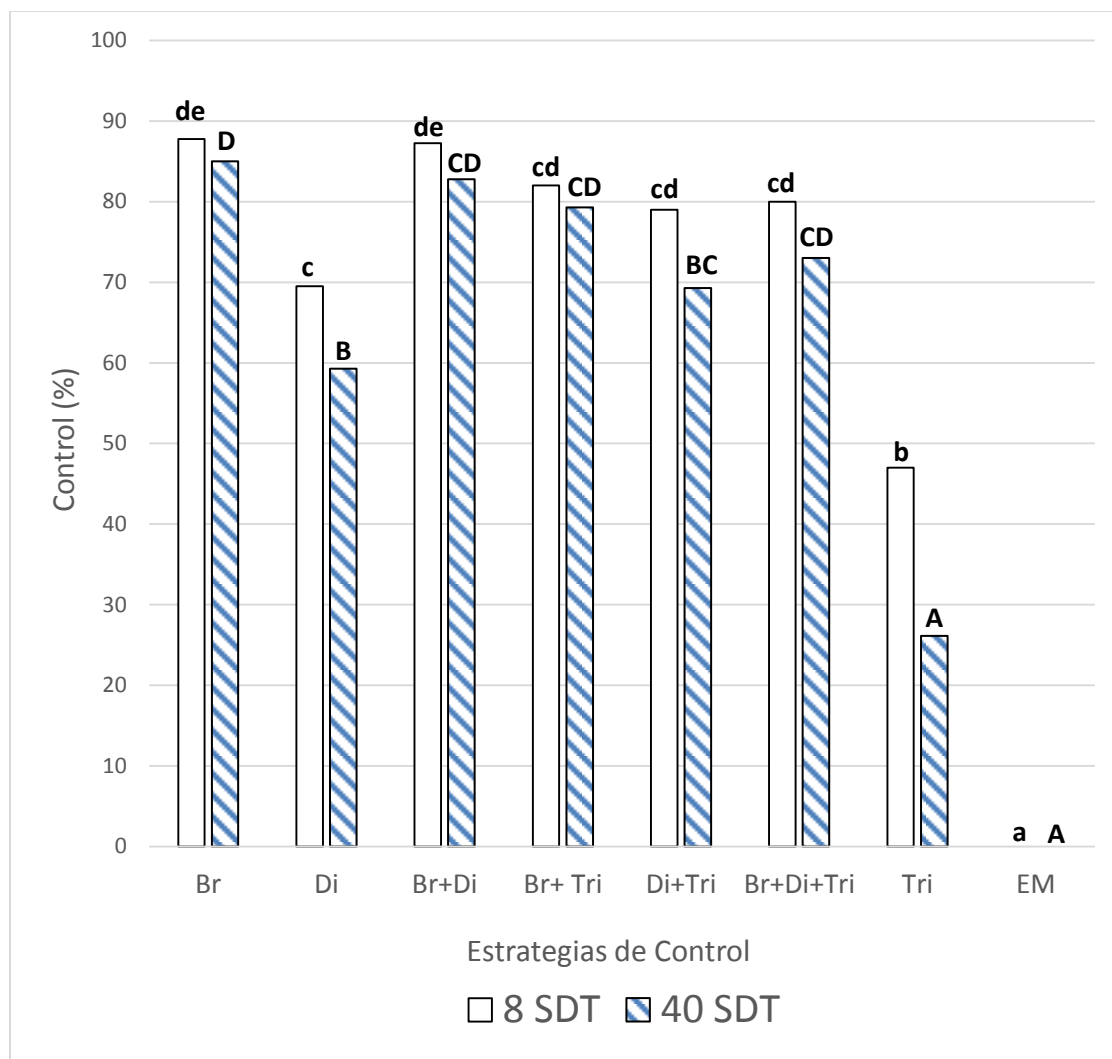


Figura 6: Efectividad de las estrategias de control observadas a las 8 SDT y 40 SDT en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$), según prueba LSD. Las estrategias de control evaluadas se representan de la siguiente forma: Br (Bromacil), Di (Diuron), Br+Tri (Bromacil+Triturado), Di+Tri (Diuron+Triturado), EM (Enmalezado), Tri (Triturado), DY (Desyerbo), Br+Di (Bromacil+Diuron) y Br+Di+Tri (Bromacil+Diuron+Triturado).

E. Peso fruta y contenido sólidos solubles

Las estrategias de control que produjo el mayor peso de fruta en Isabela 2012 fue bromacil + diuron (>1.3 kg) aunque esta no fue significativamente diferente a las demás estrategias de control que utilizaba herbicidas (Figura 7). Las estrategias de control enmalezado y triturado biodegradable presentaron el menor peso de fruta (<0.8 kg), aunque no fueron significativamente diferente a las demás estrategias de control excepto bromacil + diuron y bromacil + diuron + triturado biodegradable (>1.2 kg) ($p<0.05$) (Figura 7).

La estrategia de control que presentó el menor contenido de sólidos solubles en Isabela 2012 fue triturado biodegradable solo con un valor de 6.1°Brix (Cuadro 19). Las demás estrategias de control que utilizaron bromacil o diuron y sus combinaciones fueron comparables a las parcelas donde no se aplicó ningún tipo de control (Cuadro 19).

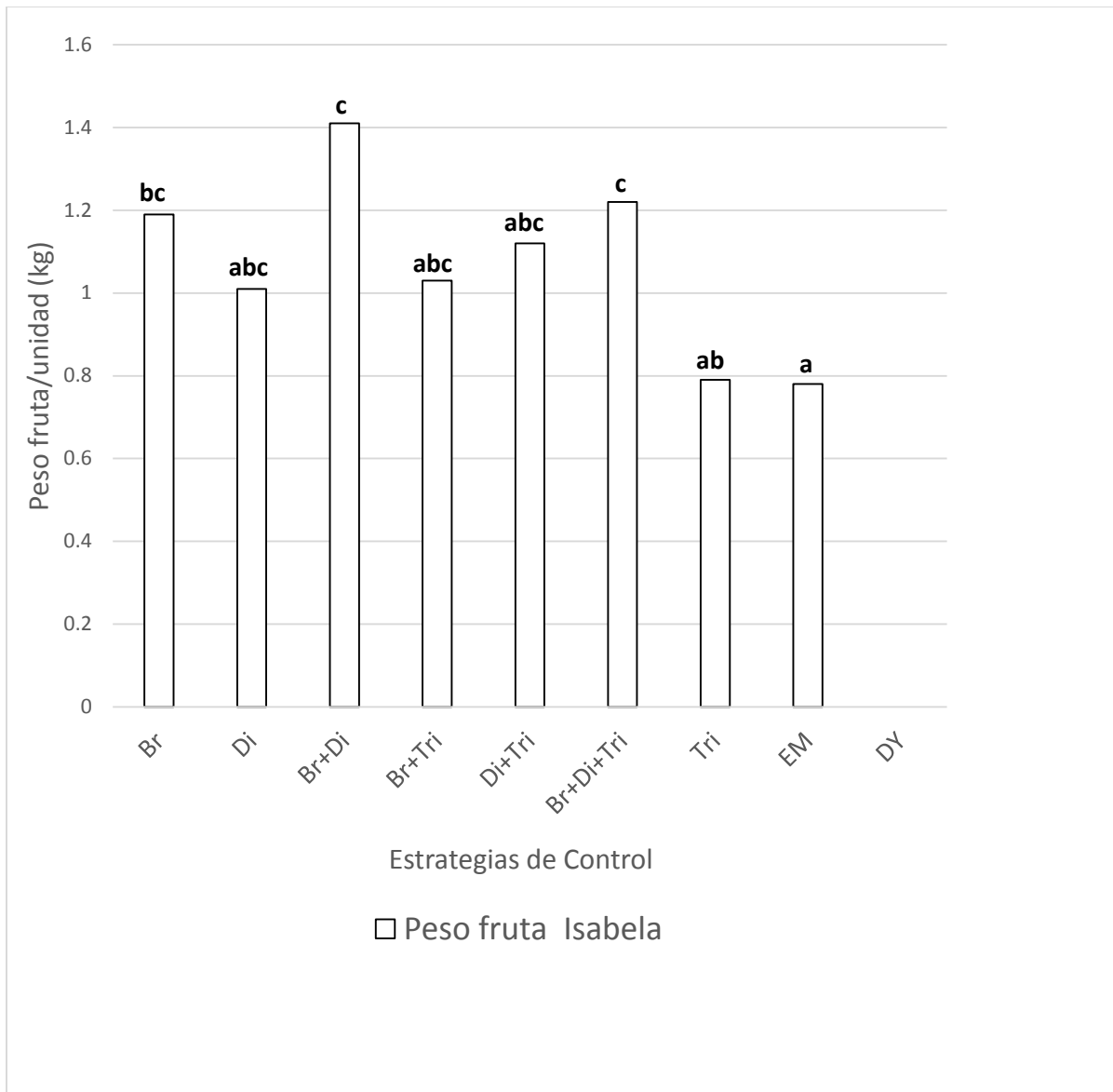


Figura 7: Peso de las frutas obtenido en las estrategias de control en la siembras de piña localizada en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$), según prueba LSD. Las estrategias evaluadas se representan de la siguiente forma: Br (Bromacil), Di (Diuron), Br+Tri (Bromacil+Triturado), Di+Tri (Diuron+Triturado), EM (Enmalezado), Tri (Triturado), DY (Desyerbo), Br+Di (Bromacil+Diuron) y Br+Di+Tri (Bromacil+Diuron+Triturado).

Cuadro 19: Efecto de las estrategias de control sobre el contenido de sólidos solubles de fruta en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según prueba LSD.

Estrategias de control	Contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) ¹
Bromacil	13.3 bcde
Diuron	13.8 bcde
Bromacil + diuron	10.8 b
Bromacil + triturado	16.9 e
Diuron + triturado	11.7 bcd
Bromacil + diuron + triturado	13.6 bcde
Triturado	6.1 a
Enmalezado	11.4 bc

5.4. Evaluación entre localidades (Isabela 2012 vs Corozal 2012):

A. Biomasa de malezas

Cuando se compara la biomasa de malezas a las 8 SDT no se detectan diferencias significativas entre localidad ($p>0.05$) (Cuadro 20). Sin embargo, a las 40 SDT si se observan diferencias significativas donde la biomasa de malezas en Isabela alcanza valores mayores a 350 g MS/m² (Cuadro 20).

B. Peso de fruta y contenido de sólidos solubles

Se detectaron diferencias significativas entre el peso de fruta cosechadas ($p<0.05$) (Cuadro 21). La localidad con mayor peso de fruta lo fue Isabela con un valor de 1.0 kg. Según las medias obtenidas para cada localidad, el contenido de sólidos solubles de fruta fue diferente entre localidades ($p<0.05$) (Cuadro 21). Al contrario del peso de fruta, la localidad de Corozal produjo frutas con mayor contenido de solidos solubles.

Cuadro 20: Biomasa de malezas en las estrategias de control en el experimento de piña de Corozal e Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de las columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$), según prueba LSD.

Localidad	Semanas después de tratamiento (SDT)	
	8	40
Corozal 2012	45.39 a	201.87 A
Isabela 2012	56.48 a	373.52 B

Cuadro 21: Peso de fruta y contenido de sólidos solubles promedio en cada localidad en la siembra de piña en Corozal e Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias dentro de las columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$), según prueba LSD.

Localidad	Peso fruta	Contenido de Sólidos Solubles
Corozal	0.76 a	15.54 b
Isabela	1.04 b	12.15 a

C. Rendimiento del cultivo de piña

Cuando evaluamos las dos localidades y a su vez cada estrategia de control se observa que el mayor rendimiento se obtuvo en Isabela 2012 (Figura 8). En esta localidad, el uso de triturado biodegradable solo obtuvo rendimientos menores a 11,000 kg/ha y fue comparable a parcelas donde no se utilizó ningún tipo de control. Por otra parte cuando se utilizó bromacil y sus combinaciones alcanzaron rendimientos mayores a 31,000 kg/ha. Con respecto a Corozal 2012, el rendimiento fue igual para todas las estrategias de control y los valores fluctuaron entre 16,000 y 22,000 kg/ha (Figura 8).

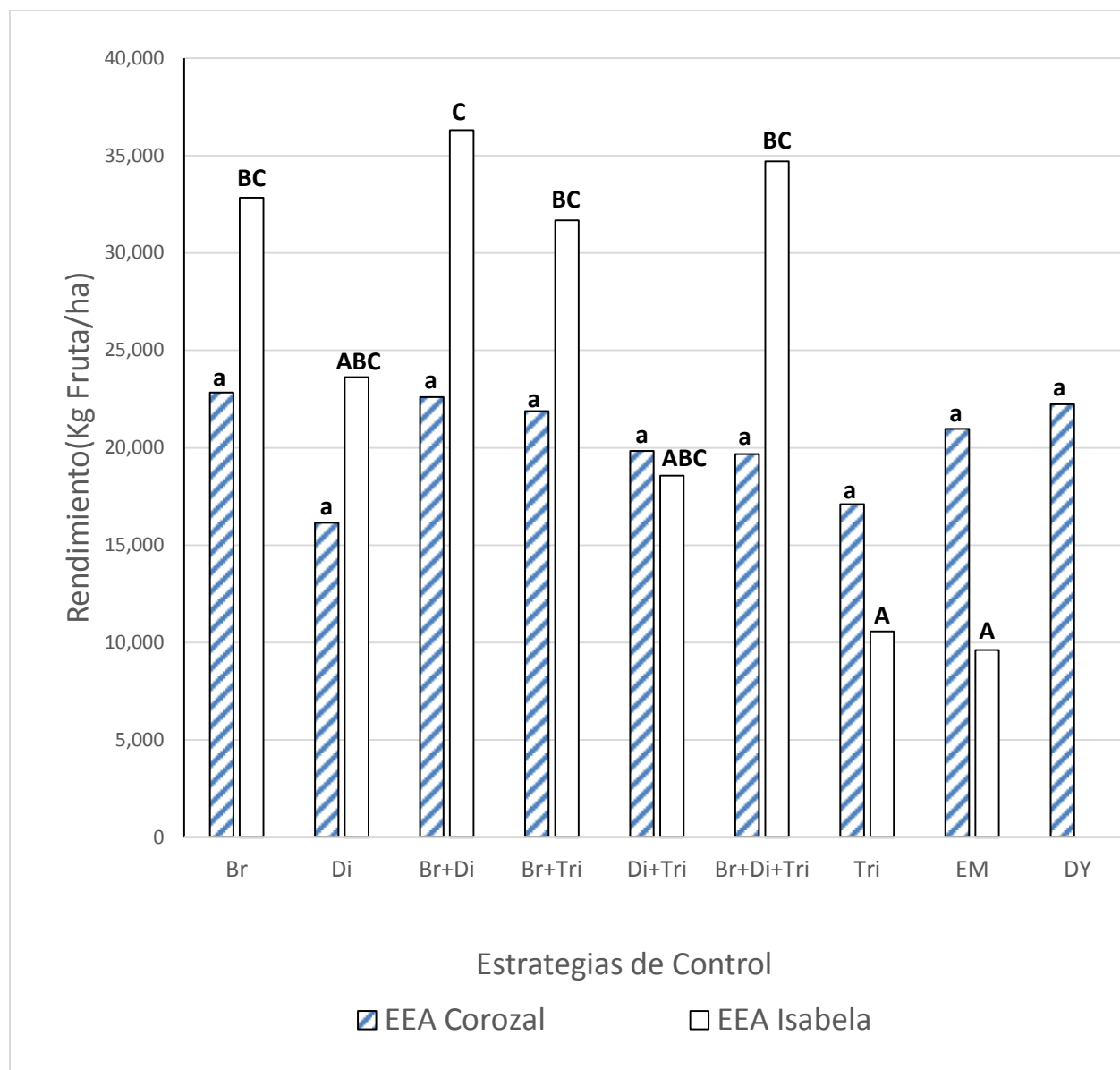


Figura 8: Rendimiento obtenido en las estrategias de control en la siembra de Corozal e Isabela, Puerto Rico en el año 2012. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$), según prueba LSD. Las estrategias de control evaluadas se representan de la siguiente forma: Br (Bromacil), Di (Diuron), Br+Tri (Bromacil+Triturado), Di+Tri (Diuron+Triturado), EM (Enmalezado), Tri (Triturado), DY (Desyerbo), Br+Di (Bromacil+Diuron) y Br+Di+Tri (Bromacil+Diuron+Triturado).

5.5 Practicas óptimas:

A. Corozal 2012

El análisis se resume de acuerdo a las diferentes partidas presentadas y descritas en el Cuadro 22. Dentro de la partida de preparación de terreno se incluyen las siguientes prácticas: marcado, trazado, arado, rastra y preparación de bancos del predio de siembra. Estas prácticas fueron realizadas por ocho empleados durante 8.5 horas, lo que resultó en un gasto o costo de \$123.25. Con respecto a los insumos utilizados en las prácticas de siembra, se utilizaron los siguientes: hijuelos de piña, abono granular (12-6-16-3), urea, sulfato de magnesio, potasa, micronutrientes, regulador de crecimiento, el fungicida '*Aluminum tris*', diuron, bromacil, fluazifop-P-butyl y triturado biodegradable, cuyos costos totalizaron \$184.13. Las tareas realizadas por los 19 empleados de la finca fueron: distribución y siembra de hijuelos, distribución del triturado biodegradable en las parcelas, control de malezas a las 8 SDT y a las 40 SDT, desyerbos manuales, fertilización granular y foliar, inducción floral y cosecha. Estos tenían un contrato de 19.5 horas semanales resultantes en \$464.57 de costo. Algunos de los equipos utilizados para realizar ciertas tareas fueron: la bomba de espalda y el equipo de aplicación CO₂ cuyos costos ascienden a los \$1,225. El total del equipo y un costo de 10% de depreciación anual son equivalente a \$122.50. En conclusión, el costo total en emplear y realizar las prácticas descritas anteriormente resultó ser de \$894.45/acre (Cuadro 22).

Cuadro 22: Partidas y prácticas realizadas en la siembra de piña en Corozal, Puerto Rico en el año 2012.

Partidas (Corozal 2012)	Gasto total (\$/acre)
Preparación terreno	\$ 123.25
Insumos	\$ 184.13
Mano de obra	\$ 464.57
Equipo (costo depreciación anual)	\$ 122.50
Total	\$ 894.45

B. Isabela 2012

El análisis se resume de acuerdo a las diferentes partidas presentadas y descritas en el Cuadro 23. Dentro de la partida de preparación de terreno se incluyen las siguientes prácticas: marcado, trazado, arado, rastra y preparación de bancos del predio de siembra. Estas prácticas fueron realizadas por ocho empleados durante 8.5 horas, lo que resultó en un gasto o costo de \$123.25. Con respecto a los insumos utilizados en las prácticas de siembra, se utilizaron los siguientes: hijuelos de piña, abono granular (12-6-16-3), urea, sulfato de magnesio, potasa, micronutrientes, regulador de crecimiento, el fungicida '*Aluminum tris*', diuron, bromacil, fluazifop-P-butyl y triturado biodegradable, cuyos costos totalizaron \$184.13. Las tareas realizadas por los 19 empleados de la finca fueron: distribución y siembra de hijuelos, distribución del triturado biodegradable en las parcelas, control de malezas a las 8 SDT y a las 40 SDT, fertilización granular y foliar, inducción floral y cosecha. Estos tenían un contrato de 19.5 horas semanales resultantes en \$457.32 de costo. Algunos de los equipos utilizados para realizar ciertas tareas fueron: la bomba de espalda y el equipo de aplicación CO₂ cuyos costos ascienden a los \$1,225. El total del equipo y un costo de 10% de depreciación anual son equivalente a \$122.50. En conclusión, el costo total en emplear y realizar las prácticas descritas anteriormente resultó ser de \$887.20/acre (Cuadro 23).

Cuadro 23: Partidas y prácticas realizadas en la siembra de piña en Isabela, Puerto Rico en el año 2012.

Partidas (Isabela 2012)	Gastos total (\$/acre)
Preparación terreno	\$ 123.25
Insumos	\$ 184.13
Mano de obra	\$ 457.32
Equipo (costo depreciación anual)	\$ 122.50
Total	\$ 887.20

6. Discusión

6.1 Corozal 2011

Wauchope y colaboradores (1992) nos indican que la hexazinona posee una vida media de 90 días y 60 días para Bromacil (en suelos limo-arenoso). Debido a su vida media en el suelo arcilloso (Oxisol) de nuestro estudio, hexazinona, bromacil y sus combinaciones presentan una eficacia similar al transcurrir las 8 SDT. En adición, parte de la eficacia de la hexazinona y bromacil pudo ser extendida por la aplicación postemergente de glifosato a las 8 SDT. El tener mayor eficacia representa una la disminución de biomasa de malezas. Esto se observa en el Cuadro 8 para las estrategias de control, donde se presenta a la hexazinona, bromacil y sus combinaciones, como las estrategias de control más eficaz al transcurrir las 40 SDT aunque no fueron significativamente diferentes. Según Ramsey y colaboradores (2013), la hexazinona aplicada a 0.74 kg ia/ha presentó un 80% de control de malezas (durante un año) al establecer una siembra de pinos (*Pinus palustris* Mill). Cuando lo comparamos con diuron a las 40 SDT se presentó un control similar a los estudios de Ramsey y colaboradores (2013), con 76% de control (Figura 1). En este estudio se sugiere que el control de malezas efectivo permite el desarrollo y germinación de la semillas de pinos; presentando un 78% de germinación en comparación con la referencia que obtuvo un 50% de germinación. La hexazinona contribuyó a su vez menos competencia por parte de las malezas sobre el establecimiento y desarrollo de las semilla de pinos de hoja larga (*Pinus palustris* Mill.). Por otro lado, cuando se utiliza bromacil a una dosis de 7 kg ia/ha) se controla hasta un 90% de malezas incluyendo ‘Broomsedge’ (*Andropogon virginacus* L.), mientras que hexazinona solo presento un 40 % de control (Griffin et al., 1988) (Figura 1). Según estudios de Anzalone y colaboradores (2010), cuando se utilizó el papel como cobertura, la biomasa de malezas no superó 64.3g/m² a los 63 días después del tratamiento. Esto

corresponde a las 8 SDT de nuestro estudio, donde la estrategia de control que solo contenía triturado biodegradable superó los 100 g/m² de biomasa de malezas. Solo las estrategias de control con herbicidas hexazinona + triturado biodegradable y bromacil + triturado biodegradable presentaron mejor eficacia que la cubierta de papel del estudio de Anzalone y colaboradores (2010), ya que no sobrepasó los 52 g/m² de biomasa de malezas (Cuadro 8).

Según estudios de Dima y colaboradores (2006), la cobertura de centeno presentó un 80% de eficacia sobre las malezas a las 4 semanas después de la siembra de maíz. Al comparar los resultados de Dima y colaboradores (2006) con los nuestros de las 8 SDT, la estrategia de control de solo triturado biodegradable no superó los 50% de control. No obstante, las estrategias de control de hexazinona + triturado y bromacil + triturado presentaron de un 78 a 85% de control, superando así la cobertura de centeno empleada por estudios de Dima y Colaboradores (2006) (Figura 1). Con respecto a nuestros resultados, la cobertura de centeno es más efectiva que la cobertura de *Roystonea borinquena* y *Albicia* spp., cuando es aplicada solamente en el suelo sin herbicida. Según estudios de Talavera y Padilla (2000) se indica que coberturas orgánicas como el bagazo de caña, cáscara de arroz y aserrín presenta una gran acumulación de humedad y se fomenta la creación de un microclima donde las malezas germinan con mayor facilidad que un predio donde se emplea el plástico polietileno como cobertura de control. Esto antes mencionado se relaciona con nuestros resultados ya que cuando se empleó el triturado biodegradable de *Roystonea borinquena* y *Albicia* spp. tanto solos como en combinación con la hexazinona y el bromacil presentaron la mayor biomasa de malezas (>590 gMS/m²) a las 40 SDT (Cuadro 8).

Además, nuestros resultados con respecto a la biomasa de maleza acumulada hasta las 40 SDT (Cuadro 8) y el porcentaje de control (Figura 1) no presentó diferencias significativas entre

las estrategias de control que contenían triturado versus las estrategias de control combinadas con el triturado biodegradable y solos. La integración física-química comprende la combinación de ambas estrategias de control, provocando una mayor extensión de la eficacia a través del tiempo. Esta integración físico-química se pudo haber afectado por la poca permanencia del triturado biodegradable con el herbicida en el suelo. Se observa que si la pendiente es muy inclinada y se combina con eventos de lluvia que faciliten la escorrentía, el triturado biodegradable puede abandonar el lugar inicial donde fue establecido. Además, la volatilización del herbicida a causa de las altas temperaturas sobre el triturado pudo contribuir en la pérdida de eficacia y su movimiento en el suelo.

La media de peso de frutas reportadas en el experimento realizado en de la Estación Experimental Agrícola de Corozal en el 2011, no superó el peso mínimo establecido por el Departamento de Agricultura (2015) y '*Athenas pineapple*' de 1.8 kg (Figura 2). Los pesos de fruta obtenidos en las distintas estrategias de control tampoco cumplieron con el peso mínimo y establecido por Castalleda (2003) de 1.82 kg (Figura 2). Además, Paull y Duarte (2011) informaron que el peso de fruta en un predio con buen control de malezas es de 1.55 kg.

Según Uriza (2011) el contenido óptimo de sólidos solubles (°Brix) para una piña debe ser al menos de 10 °Brix. Nuestros resultados reportados en todas las estrategias de control cumplen con lo establecido (Cuadro 9). Sin embargo, no alcanzaron lo establecido por Morgan y Thompson (2000), Barrillas-Valdés (2011) y Bartholomew et al., 2003 los cuales reportan que la piña debe tener 12-14°Brix (Cuadro 9).

6.2 Corozal 2012

Diuron posee una vida media de 90 días (Ribiero et al., 2013) y 60 días para bromacil (en suelos limo-arenoso y arcillosos) (Wauchope et al., 1992). Debido a su vida media en el suelo arcilloso (Oxisol) de nuestro estudio, bromacil, diuron y sus combinaciones presentan una eficacia similar al transcurrir las 8 SDT. Se sugiere que el uso de fluazifop como medida postemergente contribuyó a la extensión de la eficacia de ambos. Según Hugo y colaboradores (2004), cuando se empleó diuron para el control de malezas en piña, se documentó un 100% de control a las 8 SDT semejante a nuestros resultados. En el mismo estudio, diuron y bromacil fueron superiores a los herbicidas linuron, pendimethalin y atrazina + ametrina a las 8 SDT, cuando solo controlaron un 70% (Hugo et al., 2004) (Figura 4).

A las 40 SDT, diuron, bromacil y sus combinaciones poseen una eficacia similar y no fueron significativamente diferentes entre sí (Figura 3). Sin embargo, con la ayuda de fluazifop estos extendieron su eficacia contra las malezas emergentes. Esto es costo efectivo ya que se controlaron las malezas en el cultivo de piña sin incurrir en aplicaciones esporádicas y más frecuentes. Existe el ahorro de mano de obra y herbicidas con solo dos aplicaciones durante la estancia del cultivo en el predio (Figura 3).

Debemos tomar en consideración el historial de uso del suelo en esta estación (Corozal, gastados y sobre uso suelos) como factor principal de la interrupción del crecimiento de malezas que pudiese promover la evaluación efectiva de las estrategias de control y sus respectivas diferencias en eficacia. Además, con excepción de la estrategia de control triturado biodegradable solo, todas las estrategias de control (incluyendo bromacil, diuron y combinaciones) mostraron una mayor eficacia (Figura 3). Estudios de Kaur (2013), en el efecto de las malezas en la producción y calidad de la ciruela han demostrado que cuando se utiliza

diuron a una dosis de 2.4 kg/ha se reporta una 65% de control. Cuando lo comparamos con el porcentaje de control a las 8 SDT; diuron y triturado biodegradable con 91% y 38% de control respectivamente (Figura 4). Según estudios de Ullah y colaboradores (2014) donde se emplearon diferentes tipos de cubiertas para el control de malezas en el cultivo del maíz, la biomasa de malezas en la paja de trigo y la caña de azúcar fue de 159 y 107 g/m² respectivamente. Cuando lo comparamos con nuestros resultados, la biomasa en el triturado alcanzó los 180 g/m² de biomasa de malezas a las 8 SDT (Cuadro 11). Estudios de Fuentes (2012), nos presenta que se acumularon más de 800 kg de biomasa de malezas en el cultivo de la sandía, cuando solo se empleó la cobertura de coco triturado y yerba elefante para el control de malezas. Esta cantidad sobrepasa los 400 kg de biomasa de malezas reportados en nuestro estudio (Figura 3).

La media de peso de fruta reportada en el experimento de la Estación Experimental Agrícola de Corozal en el 2012, reflejó que todas las frutas cosechadas no cumplieron con el peso mínimo de 1.8 kg establecido por Castallada (2003) al igual que el Departamento de Agricultura de Puerto Rico (2015) y la finca comercial '*Athenas pineapple*' localizada en el pueblo de Manatí. Sin embargo, Paull y Duarte (2011) informaron que el peso de fruta óptimo presente en un predio con excelentes prácticas de control de malezas es de 1.55 kg.

El rendimiento de piña en Corozal 2012 pudo haber sido afectado por la presencia de la bacteria *Erwinia* spp, en plantas en pleno desarrollo del fruto. Según el contenido de sólidos solubles (°Brix) obtenidos en esta investigación, todas las estrategias de control evaluadas, excepto la de desyerbo, cumplieron con los criterios establecidos por Morgan y Thompson (2000), Barrillas-Valdés (2011) y Bartholomew et al., 2003. Ellos reportan que una fruta de piña debe tener 12-14 °Brix (Cuadro 14). Los resultados de la Estación Experimental Agrícola de Corozal en el 2012 indican que todas las estrategias de control cumplen el grado de 10°Brix

establecido para una piña de exportación y corte (Uriza 2011) (Cuadro 14). El factor localidad y suelo presentó claras diferencias significativas pero no es un elemento a considerar. Se sugiere que el contenido de sólidos solubles no está directamente relacionado con la biomasa de maleza ya que este es independiente, donde solo esta medida se ve influenciada por el tiempo de permanencia de la fruta en la planta.

6.3 Isabela 2012

Bromacil posee una vida media de 60 días (Wauchope et al., 1992) y 90 días para diuron (en suelos limo-arenoso y arcillosos) (Ribiero et al., 2013). Diuron, bromacil y sus combinaciones presentan una eficacia similar al transcurrir las 8 SDT a consecuencia, en el suelo arcilloso (Oxisol) de nuestro estudio. El uso de fluazifop como medida postemergente contribuyó suficiente a las estrategias de control, extendiendo su eficacia (Wauchope et al., 1992). Según estudios de Benson (2013), el uso de diuron (2.1 kg ia/ha) para el control de malezas en el cultivo de *Colocasia esculentus* (L.) Schott, presentó 27 g/m² de biomasa de malezas a las 10 SDT (semanas después del trasplante). Cuando comparamos nuestros resultados correspondientes a las 8 SDT, diuron presentó una mayor biomasa de maleza con 71 g/m² (Cuadro 16).

Al transcurrir las 40 SDT se observa una extensión del efecto de diuron (Ribiero et al., 2013) y bromacil con la ayuda de fluazifop (Wauchope et al., 1992) (Figura 5). A las 40 SDT, diuron, bromacil y sus combinaciones poseen una eficacia similar y no fueron significativamente diferentes entre sí (Cuadro 16) (Figura 6). Esto resultó costo efectivo ya que controló las malezas dentro del cultivo de la piña sin incurrir en aplicaciones esporádicas y más frecuentes, resultantes en un ahorro de mano de obra y herbicidas (Figura 5).

Según estudios de Navas y colaboradores (2014), el uso de diuron a una dosis de 1.75 g ia/ha se documentó un 100% de control versus 0% de control en parcelas enmalezadas a los 120 días después de la aplicación (DDA). Cuando comparamos el estudio de Navas y colaboradores (2014), con nuestros resultados a las 40 SDT, diuron y sus combinaciones no sobrepasaron los 82% de control (Figura 6).

Según estudios de Islam y colaboradores (2014) donde emplearon diferentes cubiertas para el control de malezas en el cultivo del trigo, el rastrojo de maíz y guar produjo con 32 g/m² y 40 g/m² de biomasa de maleza respectivamente. Cuando lo comparamos con nuestros resultados a las 40 SDT, los herbicidas con el triturado biodegradable, se observó más de 368 g/m² de biomasa de malezas. Este resultado es mucho mayor a lo reportado por Islam y colaboradores (2014) (Cuadro 16). Según estudios de Laurie y colaboradores (2014) donde se emplearon diferentes cubiertas para el control de malezas en el cultivo de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), el uso de papel y paja de yerba controló las malezas hasta un 70% y 78% respectivamente. Cuando lo comparamos con nuestro resultados correspondientes a las 8 SDT, los herbicidas con el triturado biodegradable presentó más de 78% de control superando así el uso de papel y paja de yerba utilizado por Laurie y colaboradores (2014) (Figura 6). Por otra parte, el triturado biodegradable utilizado en nuestro estudio solo presentó un 48% de control de malezas lo cual es mucho menor que las cubiertas empleadas por Laurie y colaboradores (2014) (Figura 6).

La integración física-química comprende de la unión de ambas estrategias de control, provocando una mayor extensión de la eficacia de su uso por separado a través del tiempo. Esta integración físico-química se pudo haber afectado por la volatilización del herbicida a causa de las altas temperaturas sobre el triturado que pudo contribuir en la pérdida de eficacia y su movimiento en el suelo.

La media de peso de fruta reportada en el experimento de la Estación Experimental Agrícola de Isabela en el 2012, reflejó que todas las frutas cosechadas no cumplieron con el peso mínimo de 1.8 kg establecido por Castallada (2003) al igual que el Departamento de Agricultura de Puerto Rico (2015) y la finca comercial '*Athenas pineapple*' localizada en el pueblo de

Manatí (Figura 7). Sin embargo, Paull y Duarte (2011) informaron que el peso de fruta óptimo presente en un predio con excelentes prácticas de control de malezas es de 1.5 kg.

Los resultados reportados para el experimento de la Estación Experimental Agrícola de Isabela 2012 nos indican claramente que todos las estrategias de control cumplen con el grado de sólidos solubles de 10°Brix establecido para una piña de exportación y corte (Uriza 2011) (Cuadro 19). Según los grados de sólidos solubles (°Brix) obtenidos en el experimento, de todas las estrategias de control evaluadas solo la estrategia de bromacil + triturado biodegradable cumple con lo establecido: una fruta de 12-14 °Brix sugerido por Morgan y Thompson (2000), Barrillas-Valdés (2011) y Bartholomew et al., 2003 (Cuadro 19).

Por último, a causa de los daños provocados por los ratones en la frutas de Isabela para el año 2012; se decidió recolectar las frutas prematuramente sin completar su madurez para no se afectará el rendimiento. Por esta razón se sugiere que el contenido de sólidos solubles de Isabela para el año 2012 pudo haber sido afectado por la madurez de la fruta en la planta, como consecuencia, el contenido de solidos soluble en Corozal fue mayor que en Isabela.

7. Conclusión

La utilización de triturado biodegradable resultó en un método de control semejante a la utilización de herbicidas aplicados solamente en el suelo a las 8 SDT. El uso de diuron, bromacil y hexazinona y sus combinaciones resultó ser eficaz en la supresión de malezas en el cultivo de la piña. Esto debido a que se puede obtener hasta un 78% de control y extenderla hasta las 24 SDT con el uso de fluazifop. La utilización de triturado biodegradable resulta costo efectivo por la reducción de aplicaciones esporádicas, ahorro de mano de obra y ahorro de insumos (herbicidas) ya que solamente se realizaron dos aplicaciones durante el experimento. Esto va contrario a lo que típicamente los agricultores de piña utilizan. A la hora de establecer medidas de control de malezas en el cultivo de la piña, el factor localidad debería ser considerado. Esto porque todos los herbicidas se comportan y actúan dependiendo del suelo donde es aplicado.

Se deben realizar otros estudios con otros tipos de triturado biodegradable para analizar su comportamiento en el suelo y su atribución en el control de malezas. Además, se deben emplear otros triturados biodegradables con particulado más pesado para que se mantenga más tiempo en el suelo y así prolongar su acción de control físico. De esta manera podemos mantener este triturado más tiempo en el suelo evitando su arrastre y lavado a consecuencias de las lluvias. Emplear un triturado, que además de ejercer su control físico que no contengan muchos nutrientes para que no fomente el desarrollo de las malezas. Por otra parte, hacer estudios para determinar cuánto sería el espesor adecuado del triturado sobre el suelo para sí dilucidar su efectividad y permanencia en el suelo. Por otro lado, se sugiere emplear diferentes herbicidas y modos de acción para dilucidar su comportamiento en otros triturados biodegradables solos o en conjunto y saber si resultan costo efectivos en cuestión de eficacia, extensión y aumento de rendimiento.

8. Literatura citada:

- Anderson, W.P. 1996. Weed Science, Principles and Applications 3rd. edition. West Publishing company, St. Paul, MN. 376-388.
- Anónimo. 1984. Conjunto tecnológico para la producción de piña. (2da. ed.). Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. 1-14.
- Anzalone, A., A. Cirujela, J. Aibar, G. Pardo y C. Zaragoza. 2010. Effect of biodegradable mulch materials on weed control in processing tomatoes. *Weed Technology*. 24: 369-377.
- Banful, B, P.Y. Adjei y I.A. Idun. 2011. The influence of two pre and post-planting fungicides on the growth and fruiting of MD2 pineapple (*Ananas comosus*. L. (Meer). *Agriculture and biology journal of North America*. 2: 1 pp.
- Barillas-Valdés, A.F. 2011. Estudio de mercado y financiero para la exportación de piña MD2 hacia los Estados Unidos. Tesis Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 15 pp.
- Bartholomew, D.P., R.E. Paull y K.G. Rohrbach. 2003. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, Oxon, UK.
- Bartholomew, D.P. 2009. MD-2 Pineapple transforms the world's pineapple fresh fruit export industry. *Pineapple News, International Society Horticultural Science*. Hawaii. 8: 2-5.
- Benson Oluwafemi, A. 2013. Evaluation of weed management strategies in cocoyam (*Colocasia esculentus* (L.) schott) production in Ado-Ekiti, Ekiti State Nigeria. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. Vol. 3(2): 38-42pp
- Bilalis, D., N. Sidiras, G. Economou y C. Vakali. 2003. Effect of different levels of wheat straw soils surface coverage on weed flora in Vicia faba crops. *Agronomy and Crop Science*. 189: 233-241.
- Brenes-Prendas, S. y R. Agüero-Alvarado. 2007. Reconocimiento Taxonómico de Arvenses y Descripción de su Manejo, en Cuatro Fincas de Piñas (*Ananas comosus* L.) en Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Alajuela. *Agronomía Mesoamericana*. 18: 239-246
- Bunna, S., P. Sinath, O. Makara, J. Mitchell y S. Fukai. 2011. Effect of straw mulch on mungbean yield in rice fields with strongly compacted soils. *Field Crops Research*. 124: 295-301

- Castañeda de Pretelt, Panamá. 2003. Seminario sobre Producción y Manejo Post Cosecha de La Piña para la Exportación. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación No Tradicional-Vifinex, El Salvador, San Salvador.
- Cerrato, I. 2013. Parámetros de comercialización de la piña MD2 en los principales mercados Hondureños. Secretaria de Agricultura y Ganadería; Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario. <http://pronagro.sag.gob.hn/assets/display-anything/gallery/1/513/PARAMETROS-DE-COMERCIALIZACION-DE-LA-PINA-MD2.pdf> Activo en Noviembre 2014
- Cirujeda, A., A. Anzalone, J. Aibar, M.M. Moreno y C. Zaragoza. 2012. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control with paper mulch in processing tomato. Crop Protection 39: 66-71
- Collins, J.L. 1960. The Pineapple Botany, Cultivation and Utilization. World Crops Books, Interscience Publishers: New York. 39-150 pp.
- Corporación Proexant. 2005. Piña: Cultivo, Cosecha y Postcosecha. <http://www.proexant.org.ec/Manual%20de%20pi/%C3%A1a.htm> Activo en Noviembre 2014.
- De la Cruz, L., J.P. Morales-Payán, y A. González. 2011. A 2010 survey on weeds associated to fruit crops in northern Puerto Rico and their management. University of Puerto Rico-Mayaguez. 64th Annual Meeting of the Southern Weed Science Society. 415 pp.
- Departamento de Agricultura. 2014. Distribución del ingreso bruto agrícola de productos. <http://www2.pr.gov/agencias/Agricultura/estadísticas/Documents/Estadísticas/Ingreso%20Bruto%20Agricola%202009-2010.pdf>. Activo en Marzo 2015.
- Departamento de Agricultura. 2015. Distribución del ingreso bruto agrícola de productos. <http://www2.pr.gov/agencias/Agricultura/estadísticas/Documents/Estadísticas/IBA%202012-13%20y%202013-14%20Final%20Revisado.pdf>. Activo Mayo 2015.
- Dima, K.V., I.B Vasilakoglou, I.G. Eleftherohorinos y A.S. Lithourgidis. 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. Crop Science 46:345-352
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. Balzanari, L. González, M. Tablada, & C. W. Robledo. 2009. INFOSTAT, Software Estadístico. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina
- Duke, S. O. y F.E. Dayan. 2001. Classification and mode of action of the herbicides. In: Uso de Herbicidas en la Agricultura del Siglo XXI. De Prado, R. y J. V. Jorrín. eds. Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba, España. 31-44.

- Elizondo, A. 2006. Noticias del mercado internacional de piña fresca. Dirección de Mercadeo y Agroindustria. CNP-Mercanet. Boletín 1 año 11. <http://www.mercanet.cnp.go.cr>.
- Erenstein, O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implication (review). *Soil & Tillage Research*. 67: 115-133.
- FAO. 2007. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. https://docs.google.com/a/upr.edu/viewer?a=v&q=cache:I8AimtyboRAJ:ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1422s/a1422s00.pdf+&hl=en&gl=pr&pid=bl&srcid=ADGEESgHGG6YDpI0XEVrKxiqyEwdCu28Bjy3ne_rt9y7Ce6gkLANWKVqC338XTu1DRutLJyuw_Jt9gI0HNr-S_BD9fen9id8oCB7VYBrXIGonXowVCVPGIk57HjVdYLS7euU5nB-5cv&sig=AHIEtbQ90U3cdhpLBi2O5tde4EyqUcHFMA Activo en Marzo 2015.
- FAO. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Activo en Mayo 2015
- Fuentes-Fuster, J.L. 2012. Efectos de bioestimulantes y coberturas de suelo en el rendimiento de sandía y supresión de malezas en un sistema con manejo orgánico. Tesis de maestría publicada. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Fuerst, E.P. y M.A. Norman. 1991. Interactions of herbicides with photosynthetic electron transport. *Weed Science*. 39: 458-464.
- Gandia-Diaz, H. y G Samuels. 1958. Cultivo y elaboración de la piña en Puerto Rico. (Boletín145). Universidad de Puerto Rico, Estación Experimental Agrícola, Río Piedras.
- Griffin, J.L., V.H. Watson and W.F. Strachan. 1988. Selective broomsedge (*Andropogon virginicus* L.) control in permanent pastures. *Crop Protection* Vol. 7: 80-83.
- Holland, J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: Reviewing evidence. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 103: 1-25.
- Holm, L., J. Pancho, J. Herberger, y D. Plucknett. 1977. The world worst weeds: distribution and biology. The University Press of Hawaii. USA. 609 pp.
- Holm, L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho, y J.P. Herberger. 1991. The world' worst weeds: distribution and biology. Krieger Publishing Company Malabar, Florida. 506-507.
- Hugo, L., A. Segundo, O. Alberto y Hugo, V. 2004. Manejo Integrado de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de la piña en la selva central del Perú. Ministerio de Agricultura, Agrícola Italia S.A.C. 53-54.
- Islam, F., S. Zaheer, F. Jalal, M. Hussain, K., Muhammad-Kakar, M. Amin, M. Ali and S. Jan. 2014. Impact of crop residues mulch on weeds control and some agronomic aspects of wheat. *Pak. J. Weed Sci. Res.*, 20(4): 541-552.

- ITIS. 2014. ITIS Report.
http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=4233
 5 Activo en Marzo 2015.
- Kaur, K. y G.S. Kaundal. 2013. Economics and effect of various herbicidal treatments on fruit quality and yield of plum cv. SATLUJ PURPLE. *Asian J. Hort.*, 8 (1): 101-105
- Kissan, K. 2004. Pineapple (*Ananas comosus* L.) Kissan Kerala Operations Centre.
<http://www.kissankerala.net/kissan/kissancontents/pineapple.htm> Activo en Marzo 2015.
- Laurie, S.M., M. N. Maja, H. M. Ngoben and C. P. Du Plooy. 2015. Effect of Different Types of Mulching and Plant Spacing on Weed Control, Canopy Cover and Yield of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *American Journal of Experimental Agriculture*. 5(5): 450-458.
- Loeillet, D., C. Dawson, y T. Paqui. 2011. Fresh pineapple market: from the banal to the vulgar. *Acta Horticulturae*. 902: 587-594.
- Lopez, L. y J.P. Morales-Payán. 2010. A 2010 Survey on weeds associated to fruit crops and their management in southern Puerto Rico. University of Puerto Rico-Mayaguez. 64th Annual Meeting of the Southern Weed Science Society. 413 pp.
- Lugo-Torres, M.L. y N., Semidey-Laracuenta. 2002. Guía para el Reconociendo de Malezas Comunes en Zonas Agrícolas de Puerto Rico. Puerto Rico: Estación Experimental Agrícola, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Markwell, J., D. Namuth, E.L. Hernández-Ríos. (2005). Introducción a los herbicidas que actúan a través de la fotosíntesis. Library of Crop Technology Lessons Modules. University of Nebraska, Lincoln.
http://plantandsoil.unl.edu/croptechology2005/weed_science/?what=topicsD&informationModuleId=1024932941&topicOrder=1&max=8&min=0& Activo en Marzo 2015
- Mass E. y M. Lugo. 2013. Malezas comunes en Puerto Rico e Islas Vírgenes Americanas, Servicio de Conservación de Recursos Naturales.
- Model, N.S. y R. Favreto. 2009. Spontaneous plants and weed identified in five times in pineapple crop in Maquiné, Rio Grande do Sul, Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Gaúcha* 2009 Vol.15 No.1. 57-64
- Morgan, T y T. Thompson. 2000. Del Monte mixes and matches Costa Rican products. *America fruit*. 3: 45-47.

- Navas, R., M.R. Rocha-Pereira, G.S. de Souza y D. Martins. 2014. Physical and chemical methods for the control of *Marchantia polymorpha*. Científica, Jaboticabal, v.42, n.2, 198–202pp.
- Pardo, G.; Anzalone, A.; A. Cirujeda, S. Fernández-Cavada, J. Aibar y C. Zaragoza. 2005. Different weed control systems in tomato. 13rd European Weed Research Society Symposium, Bari, Italia.
- Paull, R.E. y O. Duarte. 2011. Tropical fruits, Volumen 1 (2da. ed).CAB International. 336-359.
- Pérez, M.E. 1957. Pineapple Gummosis in Puerto Rico and Ist Control. (Technical Paper 21) Universidad de Puerto Rico, Estación Experimental Agrícola, Río Piedras. 7 pp.
- Pitty, A. 1995. Modo de Acción y Síntomas de Fitotoxicidad de los Herbicidas. Zamorano Academic Press, Honduras, C.A. 63 pp.
- Py, C. 1969. La Piña Tropical. Colección Agricultura Tropical, Editorial Blume, Barcelona.
- Radics, L. y E. Székelyné. 2002. Comparision of different mulchings methods for weed control in organic green bean and tomato. In: Proceedings of 5th European Weed Research Society Workshop on Physical Weed Control. Pisa, Italia.
- Ramsey, C.L., J. Shibu, B.J. Brecke and S. Merritt. 2003. Growth response of longleaf pine (*Pinus palustris* Mill.) seedlings to fertilization and herbaceous weed control in an old field in southern USA. Forest Ecology and Management. 172: 281-289
- Ribiero-Rocha, P.R., A. Teixeira-Faria, G. Soares da Silva, M.E. Lopez-Ribeiro de Queiroz, F.C. Nunes-Guimaraes, S.P. Tironi, L. Galon, y A.A. da Silva. 2013. Half - life of diuron in soils with different physical and chemical attributes. Ciencia Rural, Santa María, v.43, n.11: .1961-1966.
- Sandmann, G., A. Schmidt, H. Linden y P. Boger. 1991. Phytoene desaturase, the essential target for bleaching herbicides. Weed Science 39: 474-479.
- Santos, B. M., J.P. Gilreath, R. Arbona y A.R. Pimentel. 2005. La estadística no paramétrica para el análisis e interpretación de estudios de plagas: alternativas al análisis de varianza. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No.75. 83-89.
- Semidey, N. y A., González-Vélez. 2006. Preplant and postemergence herbicide treatments for weed control in direct-seeded and transplanted calabaza (*Curcubita moschata*). J. Agric. Univ. P.R. 90 (3-4): 207-213.
- Sripaoraya, S., M.R. Davey y P. Srinives. 2010. F₁ Hybrid Pineapple Resistant to Bialaphos Herbicides. ISHS Acta Horticulturae 902: VII International Pineapple Symposium.

- Talavera, E. M. y J. R. Padilla. 2000. Evaluación de coberturas orgánicas y plásticas para el combate de malezas en tomate. *Agronomía Mesoamericana* 11:101-107
- Ullah-Shah, F., G. Mustafa-Sajid and S. Uddin Siddiqui. 2014. Evaluation of mulching materials as integrated weed management in maize crop. *Pakistan J. Agric. Res.* Vol. 27. No.2.
- Uriza Ávila, D.E. 2011. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de Mexico: Trópico Húmedo 2011. Paquete Tecnológico Piña MD2 (*Ananas comosus* var. *comosus*) Establecimiento y mantenimiento. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla / Papaloapan. Isla Veracruz. 13p
- USDA, (2012). 2012 Census of Agriculture Data Release. http://agcensus.usda.gov/Publications/2012/Full_Report/Outlying_Areas/prv1.pdf 18pp. Activo en Marzo 2015.
- USDA. 2007. 2007 Census of Agriculture Data Release. http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2007/Full_Report/Outlying_Areas/prv1.pdf. 29pp.
- USDA. 2012. 2012 Census of Agriculture Data Release. http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2011/Full_Report/Outlying_Areas/prv1.pdf. 146pp.
- Wauchope, R.D. Butler, T.M. Hornsby, A.G. Augusti, J.N. Beckers, P.W. and J.P. Burt. 1992. The SCS ARS CES pesticides properties database for environmental decision-making. *Rev. Environment. Contamin. Toxicol.* 123: 1-155.
- Zamora- Echevarría, J.L. 2006. La Piña Cayena Lisa Botánica, Cultivo y Mercadeo. Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extensión Agrícola, Mayagüez, Puerto Rico.

9. Anejos

Anejo 1: Fotos del estudio

Sistema de hileras dobles y diseño en bloques completos al azar con triturado biodegradable de *Spathodea campulata* en las parcelas en la localidad de Isabela 2012



Anejo 2: Aplicación de bromacil, diuron y hexazinona sobre las parcelas experimentales



Anejo 3: Muestreo de biomasa y densidad de malezas utilizando cuadrantes (0.05 m^2)

