

**INTEGRACIÓN DE LEGUMINOSAS COMO CULTIVO DE
COBERTURA EN PAPAYA (*Carica papaya*) Y PLÁTANO
(*Musa acuminata x balbisiana*) EN DOS
AGROECOSISTEMAS DE PUERTO RICO**

por

Gilberto Santiago Figueroa

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

MAESTRIA EN AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2016

Aprobado por:

Elide Valencia, Ph.D.
Presidente del Comité graduado

Fecha

Bryan Brunner Fulton, Ph.D.
Miembro, Comité graduado

Fecha

Ángela Linares Ramírez, Ph.D.
Miembro, Comité graduado

Fecha

Lynette Orellana Feliciano, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Elvin Román Paoli, Ph.D.
Director de Departamento

Fecha

RESUMEN

Tanto la papaya (*Carica papaya*), como el plátano (*Musa acuminata* x *balbisiana*) tienen como factor limitante las malezas que ocasionan una reducción en su producción. Por otro lado, uno de los grandes retos del sector agrícola productor de papaya es la lucha constante sobre el virus anulador de la papaya, con sus siglas en inglés PRSV. Entre las alternativas se encuentra, controlar las poblaciones de áfidos considerados vectores transeúntes de PRSV a través de la picada de prueba en la planta. Se llevaron a cabo dos estudios. Los objetivos del primer estudio fueron: (i) Evaluar el efecto de los sistemas integrados con leguminosas; crotalaria (*Crotalaria juncea*), canavalia (*Canavalia ensiformis*) y gandul (*Cajanus cajan*) sobre el control de malezas y el aporte de N (materia orgánica) al suelo en comparación a una siembra convencional, (ii) Analizar los efectos de un sistema integrado de leguminosas en papaya ('Red Lady') sobre la población de áfidos, y (iii) Estudiar la incidencia de papaya ringspot virus (PRSV) en siembras convencionales y siembras con leguminosas. El experimento se estableció a finales de junio de 2014, donde plántulas ('Red Lady') fueron trasplantadas en las instalaciones de Finca González del municipio de Guánica. Entre las hileras de papaya se colocaron 4 hileras de leguminosas como cultivos trampa (barrera) para el áfido. El diseño experimental fue uno de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones para las tres leguminosas y el manejo convencional. Semanalmente, desde el establecimiento del experimento hasta su conclusión se monitorearon plantas infectadas y poblaciones de áfidos, no encontrando diferencia significativa ($p>0.05$) entre los tratamientos. Esto

demuestra que no existe preferencia alguna del áfido por las leguminosas en la siembra de papaya. No obstante, se identificó la presencia de *Aphis gossypii* y *Aphis spiraecola*, dos tipos de áfidos vectores de virus en más de 50 de plantas, incluyendo papaya. Aunque las poblaciones de áfidos no variaron, si se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) para el control de malezas con leguminosas y manejo convencional. Las leguminosas controlaron el 100% de las malezas, no así el manejo convencional, obteniendo rendimientos de materia seca (MS) de 2,083 Kg/ha. Cada tres meses se tomaron medidas de altura para determinar el desarrollo del cultivo, mostrando diferencia significativa ($p < 0.05$) con crotalaria desde el tercer mes hasta el noveno (1.90, 2.51 y 2.90 m). Esta combinación reflejó un comportamiento anormal en la planta, no solo en altura sino también en peso y tamaño de fruta, como consecuencia de la sombra excesiva que ocasionó etiolación. En relación al análisis de suelo, se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el manejo convencional y aquel con leguminosas para los valores de pH, materia orgánica (%MO) y nitrógeno (%N). El manejo convencional mostró resultados de 7.40 (pH), 1.20 (%M) y 0.92 (%N), mientras las leguminosas obtuvieron promedios de 7.68 (pH), 2.79 (%MO) y 1.43 (%N), respectivamente.

Durante los años 2014 y 2015, se realizó el experimento de plátano en las facilidades de la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Isabela, perteneciente a la Universidad de Puerto Rico. Los objetivos de este segundo estudio fueron (i) Comparar los efectos que presentan los sistemas integrados con leguminosas canavalia (*Canavalia ensiformis*) y maní forrajero (*Arachis pintoï*) sobre el control de malezas, (ii) Estudiar el aporte de nitrógeno y materia orgánica de ambas

leguminosas en el suelo y en una siembra convencional con plátano ‘Maricongo’, y

(iii) Evaluar los rendimientos obtenidos para un sistema integrado con canavalia y maní forrajero con tres niveles de fertilización en una siembra de plátano y compararlos con una siembra convencional. El diseño experimental implementado fue un diseño completo al azar (DCA) con parcelas divididas, cuatro repeticiones y tres niveles de fertilización (primer nivel 388 g, segundo nivel 250 g y tercer nivel 144 g por planta). Las hileras de plátano fueron intercaladas con leguminosas (canavalia y maní), según el tratamiento. El propósito de las leguminosas fue controlar malezas y reducir las dosis de fertilizantes a través de la fijación nitrógeno. Además de utilizar canavalia y maní intercalado junto al plátano, también se colocaron cuatro hileras de estas leguminosas según el tratamiento entre las hileras de plátano. En los resultados para control de malezas se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$), obteniendo rendimientos de materia seca (MS) de 3,662 kg/ha para el manejo convencional y 3,591 kg/ha en maní forrajero. La maleza predominante fue pasto Johnson (*Sorghum halepense*), siendo solamente controlada por canavalia al cubrir el 100% de la superficie del suelo. El maní forrajero no pudo competir contra el Johnson, quedando totalmente cubierta en poco tiempo y afectado su desarrollo vegetativo por la obstrucción lumínica. En cuanto a altura y diámetro del pseudotallo del plátano, se realizaron muestreos al segundo, quinto y octavo mes de establecida la siembra. En altura solo se encontró diferencia significativa al quinto mes, y octavo mes de siembra siendo el tratamiento canavalia, con nivel de fertilización #2, el más alto (2.46m). Para diámetro se observó diferencia significativa al octavo mes, los 3 niveles de fertilización de canavalia prevalecieron sobre el resto de los tratamientos,

mostrando tener mayor diámetro. Los análisis de suelos no reflejaron diferencia significativa ($p > 0.05$) entre el manejo convencional y el uso de maní para pH, materia orgánica y nitrógeno (4.21, 2.69 y 1.57, respectivamente) pero si se obtuvo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre estos y canavalia (4.72, 2.99 y 2.12). Finalmente los datos de rendimientos bajo el tratamiento canavalia fueron satisfactorio, el peso de racimo fue mayor en comparación al resto de los tratamientos. Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en canavalia con nivel de fertilización 1 (388 g) y 2 (250 g) por planta sobre los tratamientos con maní forrajero y manejo convencional.

ABSTRACT

Weeds are a limiting factor in the production of both papaya (*Carica papaya*) and plantain (*Musa acuminata* x *balbisiana*), causing a reduction in yield. On the other hand, one of the biggest challenges of papaya producers is the constant struggle with papaya ringspot virus (PRSV). The main alternative is to control populations of aphid vectors of PRSV, which spread the virus while feeding. Two experiments were conducted. The objectives of the first experiment were to: (i) Evaluate the effects of integrated systems with legumes; crotalaria (*Crotalaria juncea*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*) on weed control and N contribution (organic matter) to the soil compared with a conventional planting, (ii) Analyze the effects of the integrated system of legumes with papaya ('Red Lady') on the aphid population, and (iii) Study the incidence of PRSV in conventional plantings and plantings with legumes. The experiment was established at the end of June 2014, where seedlings of 'Red Lady' were transplanted at the premises of the González Farm at Guanica. Four rows of legumes were placed between the rows of papaya to use as traps or barriers for aphids. The experimental design was a randomized complete block (RCB) with four replications for the three types of legumes and for the conventional treatment. Weekly, from establishment of the experiment through its conclusion, infected plants and aphid populations were monitored and no significant difference was found ($p > 0.05$) between treatments. This demonstrates that the aphids have no preference for legumes in papaya plantings. However, the presence of *Aphis*

gossypii and *Aphis spiraecola*, two types of aphid virus vectors found in over 50 plants, including papaya, were identified. Although aphid populations did not change, significant difference was found ($p < 0.05$) for weed control with legumes and the conventional management. Legumes controlled 100% of the weed spread, compared to the conventional method with, dry matter (DM) yields of 2,083 kg/ha. Every 3 months, height measurements were taken to determine crop development, showing significant difference ($p < 0.05$) with crotalaria from the third to the ninth month (1.90, 2.51 and 2.90 m). This combination showed abnormal growth and development, not only in height but also in fruit weight and size, as a result of excessive shading resulting in etiolated plants. In relation to soil analysis, a significant difference ($p < 0.05$) was found between the conventional method and legumes for values of pH, organic matter (% OM) and nitrogen (% N). The results for the conventional method showed 7.40 (pH), 1.20 (% OM) and 0.92 (% N), while the legumes obtained an average of 7.68 (pH), 2.79 (% OM) and 1.43 (% N), respectively.

During the years 2014 and 2015, the experiment was conducted in the facilities of the Agricultural Experimental Station (EEA) at Isabela, belonging to the University of Puerto Rico. The objectives of the second study were to: (i) Compare the effects of systems integrated with legumes canavalia (*Canavalia ensiformis*) and forage peanut (*Arachis pintoï*) on controlling weeds, (ii) Study the contribution of nitrogen and organic matter of both legumes in the soil and in a conventional planting with plantain 'Maricongo', and (iii) Evaluate yields obtained with canavalia and forage peanut with three levels of fertilization and compare them with a conventional

system. The experimental design was complete randomized design (CRD) in a split plot arrangement with four replications and three levels of fertilization (first level 388 g, second level 250 g and third level 144 g per plant). The plantain rows were interspersed with the legumes jackbean and forage peanuts, according to the treatment. The purpose of these legumes was to control weeds and to reduce the fertilizer rates through nitrogen fixation. In addition to using peanut and canavalia intercropped with plantain, four rows of these legumes were also placed between the plantain rows depending on the treatment. A significant difference ($p < 0.05$) was found for weed control, obtaining yields of dry matter (DM) of 3,662 kg/ha for the conventional planting and 3,591 kg / ha with perennial peanut. The predominant weed was Johnsongrass (*Sorghum halepense*), being only controlled by canavalia (100% cover of the soil surface). Forage peanut could not compete against Johnsongrass, thus being completely covered in a short time and having the vegetative growth affected by shading. Sampling of height and diameter of the pseudostems of plantain were taken the second, fifth and eighth month after establishment. A significant difference was found on the fifth month for the canavalia treatment, with fertilization level two being the highest (2.46m). For diameter, on the eighth month significant difference was observed, as the third level of fertilization of canavalia prevailed over the other treatments, showing greater diameter. Soil tests did not reflect significant difference ($p > 0.05$) between conventional management and the use of forage peanut for pH, organic matter and nitrogen (4.21, 2.69 and 1.57 respectively) but a significant difference ($p < 0.05$) was obtained between these and canavalia (4.72, 2.99 and 2.12). Finally, the data collected for the canavalia treatment were satisfactory, and had higher fruit weight

compared to other treatments. A significant difference ($p < 0.05$) was found in canavalia with level 1 and 2 of fertilization over treatments of forage peanut and conventional management.

© Gilberto Santiago Figueroa

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación principalmente se lo dedicado a Dios por proveerme cada día de mi vida brindándome la fortaleza, salud y sabiduría necesaria. A mis padres, Gilberto Santiago y Yaritza Figueroa, quienes han creído en mí, me han apoyado y gracias a sus sacrificios han hecho que logre mis sueños y metas. También se lo dedico a mi hermana Yomayra Santiago quien ha sido un gran ejemplo e inspiración durante todo este transcurso.

AGRADECIMIENTOS

Les agradezco grandemente a los miembros de comité, encabezado por mi mentor el Dr. Elide Valencia, por su asesoría, ayuda y oportunidad de realizar este proyecto, al Dr. Bryan Brunner y la Dra. Ángela Linares, por su disponibilidad y conocimiento en las ciencias agrícolas. Igualmente al Dr. David Jenkins quien contribuyó en el experimento de papaya y asistió en el área entomológica. El presente trabajo de investigación fue posible gracias a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, Estación Experimental Agrícola (EEA) de Isabela, Estación de Investigación en Agricultura Tropical del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA-TARS) y Finca González localizada en el municipio de Guánica. Durante el desarrollo del experimento fueron varias las personas que contribuyeron en diferentes áreas, haciendo posible la conclusión del mismo. Le agradezco al propietario de Finca González el Sr. Carlos González y su Agrónomo Moisés Soto, a los técnicos Robert McPhaills, Natanael Valentín y Verónica Rodríguez (Laboratorio de Entomología USDA-TARS), al químico Delvis Pérez (Laboratorio de Química USDA-TARS), Agro. Jorge Fuentes, Agro. Johana Parreño y al personal de la EEA de Isabela. Finalmente quiero añadir a los compañeros Melissa Rodríguez, Rafael Sierra, Emmanuel Matos, Aníbal Díaz, Coral Santiago, Edgar Quijia y todos aquellos que contribuyeron en el trabajo de campo y me motivaron a seguir trabajando.

.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	vi
DEDICATORIA	xi
AGRADECIMIENTOS	xii
LISTA DE TABLAS.....	xvi
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Prácticas agroecológicas	5
2.1.1 Manejo de policultivos	5
2.1.2 Uso de cultivos de cobertura	5
2.1.3 Plantas como barreras vivas	7
2.1.4 Rotación de cultivos	8
2.1.5 Fertilizantes orgánicos.....	8
2.1.6 Leguminosas perennes	10
2.2 Variedad ‘Red Lady’, papaya	12
2.3 Requerimientos de la papaya	12
2.3.1 Riego en papaya	12
2.3.2 Fertilización de la papaya.....	13
2.4 Principales problemas en el cultivo de papaya	14
2.4.1 Virus anulador de la papaya (PRSV, papaya ringspot virus).....	14
2.4.2 Áfidos	15
2.4.3 Malezas.....	16
2.5 Variedad ‘Maricongo’, plátano	17
2.6 Requerimientos del plátano.....	18
2.6.1 Riego	18
2.6.2 Fertilización.....	19
2.7 Principales problemas para el cultivo de plátano.....	19
2.7.1 Malezas.....	19
2.7.2 Sigatoka (<i>Mycosphaerella</i> spp).....	20

CAPÍTULO I:	21
INCIDENCIA DEL VIRUS ANULADOR DE LA PAPAYA (PRSV) Y POBLACIONES DE ÁFIDOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE PAPAYA (<i>Carica papaya</i>) EN UN SISTEMA INTEGRADO CON LEGUMINOSAS	21
1. INTRODUCCIÓN	21
2. OBJETIVOS	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Establecimiento del cultivo	25
3.1.1 Localización	25
3.1.2 Diseño experimental	25
3.1.3 Área y preparación del suelo	26
3.1.4 Muestreo de suelo y siembra	26
3.2 Cultivo de papaya	27
3.3 Fertilización y aplicaciones	27
3.4 Estimación de malezas y aporte de nitrógeno	28
3.4.1 Biomasa de malezas	28
3.4.2 Aportación de N de las leguminosas en el suelo	28
3.5 Crecimiento vegetativo	28
3.6 Análisis de tejido vegetal para analizar la presencia del virus	29
3.7 Incidencia de áfidos	29
3.8 Muestreo de insectos depredadores y parasitoides	30
3.9 Parámetros de producción y cosecha	30
3.10 Análisis estadístico	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Malezas	32
4.2 Identificación de áfidos	33
4.3 Incidencia del virus	35
4.4 Insectos depredadores y parasitoides	35
4.5 Análisis de suelo	37
4.6 Altura de plantas según tratamientos	39
4.7 Peso y número de frutas según tratamiento	40
4.8 Longitud y diámetro del fruto	41
5. CONCLUSIÓN	43

CAPÍTULO II:	44
ESTABLECIMIENTO DE PLATANO (<i>Musa acuminata</i> x <i>balbisiana</i>, AAB) EN UN SISTEMA INTEGRADO CON LEGUMINOSAS	44
1. INTRODUCCIÓN	44
2. OBJETIVOS	46
3. MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1 Establecimiento de los cultivos	47
3.1.1 Localización	47
3.1.2 Diseño experimental	48
3.1.3 Área y preparación del suelo	48
3.1.4 Muestreo de suelo	48
3.1.5 Establecimiento y siembra	49
3.3 Manejo cultural de sigatoka	50
4. FACTORES A MEDIR	50
4.1 Estimación de aportación de nitrógeno y cobertura de leguminosa	50
4.1.1 Aportación de N de las leguminosas	50
4.1.2 Cobertura de la leguminosa	51
4.1.3 Biomasa de malezas	51
4.1.4 Crecimiento vegetativo del plátano	51
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
6.1 Control de malezas	53
6.2 Análisis de suelo	54
6.3 Altura de plantas y diámetro de pseudotallos	55
6.4 Peso de racimo	57
7. CONCLUSIÓN	59
8. LITERATURA CITADA	60

LISTA DE TABLAS

Tablas	Pág.
Capítulo I: Incidencia del virus anulador de la papaya (PRSV) y poblaciones de áfidos en el establecimiento de papaya (Carica papaya) en un sistema integrado con leguminosas	
Tabla 1. Análisis final para pH, aportación de materia orgánica y concentración de nitrógeno en siembras de papaya Red Lady integrando leguminosas y manejo convencional en Guánica, Puerto Rico.....	38
Tabla 2. Alturas de papaya Red Lady en manejo convencional y siembras con leguminosas en el desarrollo del cultivo durante diferentes meses.....	39
Tabla 3. Peso de frutas en manejo convencional y siembras con leguminosas durante el periodo de cosecha.....	41
Tabla 4. Altura y diámetro de frutas en un manejo convencional y siembras con leguminosas durante los meses donde se encontraron diferencia significativa.....	42
Capítulo II: Establecimiento de plátano (<i>Musa acuminata</i> x <i>balbisiana</i>, AAB) en un sistema integrado con leguminosas.	
Tabla 5. Análisis final para pH, aportación de materia orgánica y concentración de nitrógeno en siembras de Plátano Maricongo integrando leguminosas y manejo convencional en Isabela, Puerto Rico.....	54
Tabla 6. Alturas promedio de plátano en diferentes tratamientos y niveles de fertilización durante 3 periodos de muestreos en Isabela, Puerto Rico...	56
Tabla 7. Diámetro de plátano en diferentes tratamientos y niveles de fertilización durante 3 periodos de muestreos en Isabela, Puerto Rico.....	57
Tabla 8. Peso promedio de racimo en plátano para diferentes tratamientos y niveles de fertilización en Isabela, Puerto Rico.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1. Precipitación promedio mensual (mm) en los pasados 30 años en Guánica, Puerto Rico.....	25
Figura 2. Cantidad de áfidos por tratamiento 12 de septiembre de 2014.....	34
Figura 3. Cantidad de áfidos por tratamiento hasta la conclusión del experimento	34
Figura 4. Número de insectos depredadores como <i>C. sanguinea</i> , <i>C.cacti</i> y <i>L.insularis</i>	36
Figura 5. Número de insectos parasitoides como <i>C.insularis</i> y <i>C.americana</i>	37
Figura 6. Precipitación promedio mensual (mm) en los pasados 30 años en Isabela, Puerto Rico.....	47

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La papaya (*Carica papaya*) y el plátano (*Musa acuminata x balbisiana*) se cultivan en más de 60 países alrededor del mundo. Para los años 2010 y 2011 la superficie total utilizada para ambos cultivos sobrepasaba las 400,000 hectáreas (ha), siendo el plátano el que mayor área superficial ocupaba. Los rendimientos para los cultivos de papaya y plátano fueron de 11.2 millones de toneladas y 37.7 millones de toneladas, respectivamente (FAOSTAT, 2013). Su distribución se centra en el trópico y subtrópico habiendo alrededor de 31 especies de papaya, aunque sólo cinco de estas especies poseen frutos comestibles y 500 variedades de plátano (Pico y Guadamud, 2004; Mabberley, 1993).

En Puerto Rico, la producción de papaya para el 2012 fue de 8,700 toneladas en un total de 250 hectáreas. Justamente para ese año Puerto Rico ocupó el puesto número 34 entre los países productores de papaya (FAOSTAT, 2013). Dicho cultivo en la isla tenía la posición número 11 y a nivel mundial la posición 13. Entre los primeros tres cultivos de mayor demanda y producción en la Isla se encuentra la piña, el plátano y el guineo. Para el mercado de plátano Puerto Rico ocupa la posición número 23 a nivel mundial con una producción de 92,000 (ton) anuales, mientras en el mercado local ocupa el primer lugar de producción. Esto se debe a su mecanización mínima la cual no requiere altos niveles de tecnología y como cultivo tropical se puede cosechar a través de todo el año (Alvarado y Díaz, 2007).

Aunque ambos cultivos presentan un fácil manejo, rápido crecimiento y producción, tienen ciertos factores limitantes como las malezas, requerimientos

nutricionales y en el caso de la papaya, problemas de virus y del cogollo racimoso producto de bacterias (Alvarado y Díaz, 2007; Robles et al., 2006). A causa de ésto fue necesario desarrollar estudios que permitan enmendar o reducir los problemas presentes en la producción de papaya y plátano. Por tal motivo se estuvo utilizando canavalia (*Canavalia ensiformis*), crotalaria (*Crotalaria juncea*) y gandul (*Cajanus cajan*) ‘Lazaro’ para el ecosistema con papaya; mientras en el establecimiento de plátano se utilizó canavalia (*Canavalia ensiformis*) y maní forrajero (*Arachis pintoi*). Cabe mencionar que la integración de estas plantas en el cultivo de papaya y plátano no ha sido documentada lo suficiente por lo que no existe suficiente información sobre estos sistemas, principalmente para papaya.

La agricultura convencional ha acaparado al sector agrícola limitando lo que respecta a la agricultura sostenible o agroecología. El objetivo de ésta es reducir la intervención del ser humano limitando el uso de agroquímicos y mejorando la calidad del medio ambiente. Los cultivos de cobertura como mucuna, se han utilizado en la agricultura sostenible para recuperar suelos degradados (Burkhill, 1968). Inclusive se ha documentado que la integración de leguminosas como *Lupinus albus* y *Vicia sativa* funcionan como abonos verdes y suprimen el desarrollo de malezas (Karlen et al., 1994). Los beneficios que otorgan las leguminosas como cultivos de cobertura son variados en sistemas de rotación, como cultivos intercalados o “living mulch” (Martin et al., 2007).

La gran adaptabilidad que poseen las leguminosas a diferentes climas y suelos ha permitido encontrarlas en varias formaciones ecológicas existentes (Eusse, 1994). Hay una gran necesidad de información sistemática que documente las fortalezas y limitaciones de los sistemas de cultivos de cobertura

en diferentes situaciones (Anderson et al., 1997). En Puerto Rico, el uso de cultivos de cobertura ha sido documentado escasamente y apenas en la actualidad se está tratando de implementar estas técnicas. Para los agricultores locales sería una buena herramienta conocer los beneficios que aporta esta práctica como abono verde, cobertura, controladora de plagas y fijadora de nitrógeno, reduciendo los costos de producción para ser competitivos local y mundialmente.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Prácticas agroecológicas

2.1.1 Manejo de policultivos

Los policultivos son una práctica en la que se combinan diferentes especies de plantas con diversos ciclos de vida (ej: anual, bienal o perennes) que pueden ser complementarias, con el fin de aumentar la producción y aprovechar la unidad de área disponible (Altieri, 2001; Liebman, 1997). En Latinoamérica, principalmente en zonas tropicales, la producción de cultivos básicos como: yuca (>40%), maíz (60%) y frijoles (80%); se realizan a través de policultivos (Liebman, 1997).

Según estudios realizados en Honduras, el tener maíz en un sistema de policultivo (yuca, maíz, habichuela, lechuga y rábano) logró rendimientos más altos que un monocultivo convencional (Pérez y Ruiz, 2010). Se observó que el policultivo obtuvo casi el doble de producción (12,030 Kg) versus el monocultivo (6,570 Kg). Por otra parte, el uso de policultivos proporciona otros beneficios, como por ejemplo un sistema de maíz y tomate. Treinta días antes del trasplante de tomate el maíz fue sembrado y la sombra que proporcionó dicho cultivo a las plantas de tomate con crecimiento determinado y benefició la producción fuera de su periodo óptimo gracias a la combinación de siembra adecuada y la orientación de siembra (Pino et al., 2003).

2.1.2 Uso de cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura, son especies anuales o perennes, principalmente leguminosas, que se establecen en una superficie de suelo con el propósito de

incorporarlas o que al introducir otro cultivo sean eliminadas ('dead mulch'). Incluso pueden ser establecidas contemporáneamente o en cultivos perennes como frutales "living mulch" (Altieri, 2001; Hartwig, 2002). Los cultivos de cobertura podrían ser perennes o anuales, de ser perennes no habría la necesidad de resembrar sino que se pueden mantener año tras año, minimizando la labranza (Hartwig, 2002). Los sistemas de cobertura y su integración en sus diferentes formas surten beneficios como la fijación de N, evitan la erosión del suelo, ayudan con el control de malezas y conservan la humedad del suelo, además de incrementar el contenido de materia orgánica (Altieri, 2001; Carlo, 2009; Hartwig, 2002).

El uso de cultivos de cobertura en los trópicos ha sido esencialmente para el control de malezas, manejo de plagas, conservación de agua, evitar erosión en suelos con pendientes y en sistemas de integración con otros cultivos para la fijación de N (Carlo, 2009; Negrete, 2013). Las leguminosas tienen la capacidad de competir con las malezas y establecer un control de las mismas. Éstas a través de sustancias alelopáticas logran inhibir el crecimiento y germinación de su competidor. En su desarrollo pueden modificar características del suelo como la temperatura y humedad (Creamer y Baldwin, 2000). En adición, algunas especies de leguminosas tienen una amplia capacidad de adaptación a sequía, pH bajo, altas temperaturas y bajos niveles de nutrientes, condiciones características de climas y suelos tropicales (Carlo, 2009; Negrete, 2013).

Entre estas leguminosas se encuentran especies anuales como: haba (*Vicia fava* L.), caupí (*Vigna unguiculata* L.), mucuna (*Mucuna pruriens* L.), soya (*Glycine*

max L.), crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), lablab (*Lablab purpureus* L.), y perennes como; canavalia (*Canavalia ensiformis* L.), gandul (*Cajanus cajan* L.), estilosantes (*Stylosanthes guianensis* Aubl.), maní estolonífero (*Arachis pintoii* Kaprov y Greg.), y maní rizomático (*Arachis glabrata* Benth.). Las leguminosas aportan N y biomasa al suelo, pero la cantidad es variable y depende principalmente de cuanto dure su crecimiento. Estudios en Carolina del Norte (E.U), muestran que el N acumulado a las siete semanas de sembrado el caupí (*Vigna unguiculata*) fue el doble que el acumulado a las cinco semanas de germinado (Creamer y Baldwin, 2000).

2.1.3 Plantas como barreras vivas

Se le llaman barreras vivas a plantas que se cultivan en los alrededores de un predio específico o en curvas a nivel, principalmente en las pendientes. Las barreras vivas tienen varias funciones como impedir la entrada de plagas, evitar la erosión ocasionada por escorrentía, mejorar el suelo, proveer albergue a enemigos naturales, repeler plagas, entre otros beneficios (FAO, 2011; Vázquez, 2007). Mayormente plantas como maíz y sorgo (millo) son utilizadas en Cuba con este fin, ya sean solas o en asociación. Se utiliza también el girasol, pues es un excelente hospedero para parasitoides y depredadores (Vázquez, 2007). En pruebas realizadas con la variedad de tabaco negro 'Sancti Spíritus 96', se utilizó como barrera viva la combinación de maíz con crotalaria, donde se evaluó el índice de intensidad de plagas, alcanzando un 5.21% en presencia de barrera viva versus 12.26% perteneciente a la parcela control (sin ningún tipo de barrera). Para el control de plagas las barreras vivas se muestran como albergue de enemigos naturales, logrando con esto la disminución de aplicaciones de plaguicidas (Hurtado et al., 2006). En investigaciones realizadas en un cultivo de zanahoria en

Venezuela, se probaron como barreras vivas cinco tipos de pastos, siendo el vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) el más eficiente, probando reducir significativamente la pérdida de suelo, humedad, materia orgánica y nutrientes (Andrade y Rodríguez, 2002).

2.1.4 Rotación de cultivos

La rotación de siembras promueve el uso de diferentes cultivos de forma alternada en un mismo lugar a través del tiempo para mantener la sostenibilidad del suelo y prácticas agrícolas (SAGARPA, 2009). Según estudios realizados en estaciones experimentales agrícolas de Inglaterra e Illinois este sistema influye en las propiedades físico-químicas del suelo, mejorando la fertilidad y reduciendo los problemas de erosión y agentes patogénicos (Summer, 1982). Para que una rotación de cultivos sea aceptable ésta debe realizarse si promueve una fertilidad equilibrada, incluye cultivos de leguminosas, detiene o reduce problemas de malezas y aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo (Millington et al., 1990). El utilizar plantas leguminosas permite elevar y mantener altos rendimientos, promoviendo que el cultivo de interés permanezca por más tiempo en la zona cultivada (García et al., 1994). Estudios realizados en México para el cultivo de piña utilizando mucuna (*Mucuna deeringiana*) mostraron efectos notables en parámetros de vigor y rendimientos en comparación a prácticas convencionales (García de la Cruz et al., 2006).

2.1.5 Fertilizantes orgánicos y biofertilizantes

Los fertilizantes orgánicos surgen principalmente del resultado de la descomposición de materia orgánica y desechos biológicos de animales. Algunos

de estos desechos provienen de animales (peces, estiércol), residuos de alimentos vegetales, compostaje de materia vegetal, además de que son una fuente importante de nitrógeno (N). La utilización de estos fertilizantes refleja grandes beneficios con respecto a la conservación del suelo. Dichos beneficios, muestran que los fertilizantes orgánicos actúan evitando la erosión y pérdida de nutrientes, incrementando la actividad biológica y el contenido de materia orgánica, controlando enfermedades y disminuyendo la contaminación de aguas (Bengtsson et al., 2005; Chen, 2006). La presencia de metales pesados ha sido razón de cuestionamiento de los resultados antes mencionados. Metales como cadmio, mercurio, plomo y níquel se encuentran en fertilizantes orgánicos (a base de estiércol y biosólidos) e inorgánicos; como los fosforados, los cuales afectan las relaciones químicas del suelo e inducen contaminación en fuentes de agua (Bastidas Romero, 2007; Mortvedt, 1996). En un esquema local las fincas orgánicas en Puerto Rico están aumentando en número y por consecuencia la utilización de estos productos (Armenta et al., 2010; Negrete, 2013).

Los biofertilizantes se obtienen de microorganismos como bacterias, hongos y algas. Estos se aplican al suelo o plantas, con el fin de obtener nutrientes, soportar condiciones extremas y resistir patógenos. Fue con el uso de fertilización biológica de nitrógeno que se logró la mayor producción de garbanzo y soya a nivel nacional en Sinaloa-México (Armenta et al., 2010). En Brasil, se obtuvieron rendimientos de 160 Kg/N/ha en leguminosas debido a la asociación de *Acetobacter diazotrophicus* con caña de azúcar (Baca et al., 2000).

2.1.6 Leguminosas perennes

Los sistemas con leguminosas perennes se enfocan principalmente en establecer ecosistemas agrícolas con el fin de promover la diversidad de especies con otros cultivos perennes como frutales y pasturas. Entre los beneficios en el uso de leguminosas perennes están retención de humedad, mejoramiento en las características del suelo, disminución en los requerimientos de fertilización y contribución a la conservación de la entomofauna. En adición, se utilizan para la producción de semillas en varios ciclos (Azevedo et al., 2006; Real et al., 2005; Rebuffo et al., 2004).

Dentro de las leguminosas perennes canavalia ha tomado cierta popularidad, sobre todo integrada con cultivos frutales (Carlo, 2009). Su popularidad se debe a que es un abono verde potencial, resistente a la sequía, sombra y se adapta a un amplio rango de suelos de bajo pH y baja fertilidad. Su producción de biomasa, puede ir de 5-10 toneladas de materia seca (MS) ha/año, además posee una gran capacidad de supresión de malezas y control de nemátodos. Sus centros principales de distribución son: 1) Centroamérica, México y el Caribe, 2) Paraguay, Norte de Argentina y Sur de Brasil, y 3) Norte de Brasil (Tropical Forages, 2013). En países como Honduras se ha demostrado la tolerancia de ésta leguminosa a la sombra, obteniendo una aportación de más de 200 Kg N/ha/año en asociaciones con café.

La canavalia como forraje se ha utilizado en alimentación de rumiantes (Carlo, 2009). En regiones tropicales de países como México, estudios revelan un aumento en rendimiento de 1,400 Kg/ha a 1,900 Kg/ha en cultivo de maíz al

evaluar estudios en maíz y tomate. El cambio en rendimiento se obtuvo aplicando cuatro leguminosas como abonos verdes, entre ellas canavalia, logrando un aumento de 56% en el control de malezas. La reducción de nemátodos fue observada en relación al cultivo de tomate. Esto se logró al incorporarla como mulch al 2%. Se halló como media 1.33 de índice de agallas de *Meloidogyne incognita* en las raíces de tomate, de la misma forma contribuyó añadiendo materia orgánica al suelo (Camal-Maldonado et al., 2001).

En la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Isabela, Puerto Rico, para el año 2009 se establecieron dos experimentos, obteniendo rendimientos de biomasa para las siguientes tres leguminosas: (a) mucuna determinada, 900 Kg/ha; (b) canavalia, 3,810 Kg/ha y (c) crotalaria, 2,268 Kg/ha. El área cubierta por las leguminosas fue de 82% para mucuna, 60% para canavalia y 73% para crotalaria. En el segundo de estos experimentos se observó nuevamente el comportamiento de las tres leguminosas en 20 fincas de cítricos con condiciones similares a la región montañosa de la Isla. Se obtuvieron los siguientes promedios en la producción de MS y aportación de N las siguientes leguminosas: (a) mucuna (1,816 Kg/ha; 69 Kg N/ha) (b) canavalia (2,477 Kg/ha ; 93 Kg N/ha); y (c) crotalaria (1,849 Kg/ha; 60 Kg N/ha) (Carlo, 2009)

El gandul es otra leguminosa de interés que varía entre perenne o anual, según su manejo. Mayormente se utiliza para obtención de su semilla para consumo humano y en algunas regiones es utilizada para alimentación de rumiantes. El gandul puede tener usos aún más diversos como: cultivos en callejones, leña, establecimiento de cultivos de sombra como café, abono verde y

control de malezas. Además tiene la capacidad de producir en condiciones semiáridas 2 ton MS/ha y en condiciones óptimas de 25-40 ton MS/ha con 100 Kg N/ha (Tropical Forages, 2013). En India según estudios realizados con gandul, se determinó que una vez establecido el sistema de intercultivo con sorgo, maíz o caupí el control de malezas se redujo entre 50 y 75 % (Shetty y Rao, 1981).

2.2 Variedad 'Red Lady', papaya

Es un híbrido F1 vigoroso, productivo y con cierto grado de tolerancia al virus anulador de la papaya (Contreras y Hernández, 1998). En el primer año la planta puede alcanzar una altura cercana a 20 pies y un diámetro en su tallo de 12 a 16 cm de grosor en la base. Su fruto pesa entre 675 a 900 gramos y posee una pulpa gruesa con tonalidades desde amarillo hasta colores naranja rojizos. La planta puede alcanzar una producción de 30 frutas (Rivas-Valencia et al., 2003).

2.3 Requerimientos de la papaya

2.3.1 Riego en papaya

La planta de papaya posee unos requerimientos mínimos de precipitación de 100 a 150 mm de agua por mes, lo que equivale a unos 1200 ó 1800 mm distribuidos a través de todo el año (Newcomer et al., 2010). El estrés hídrico en la papaya promueve esterilidad de las flores ocasionando una disminución en rendimientos (Terra et al., 2003). Si la zona geográfica no cumple con estos valores mínimos de precipitación es necesario implementar riego por goteo para no afectar la producción del cultivo. La planta de papaya aumenta su consumo de agua en función a su edad y su carga de fruta, pero existen otros factores como la evapotranspiración, la cual aumenta con la edad. Según estudios realizados en

Brasil, la planta de papaya adquiere su desarrollo máximo en biomasa entre 8 y 9 meses dependiendo la variedad (Coelho Filho et al., 2006). La transpiración por metro cuadrado por hoja en el cultivo de papaya puede llegar a los 3 litros por día en esos meses y en condiciones climáticas que promueven una alta evapotranspiración (Coelho et al, 2006).

2.3.2 Fertilización de la papaya

La papaya es un cultivo que requiere suministros constantes de nutrientes para obtener altos rendimientos en poco tiempo (Rodríguez, 1984). Su respuesta a la fertilización resulta ser muy eficiente y rápida, por lo que se recomienda manejar de manera intensiva este cultivo antes que adquiera el virus anulador de la papaya. La respuesta de la papaya a la fertilización es notoria, mayormente a la nitrogenada. La razón por la que se promueve la fertilización nitrogenada es porque este nutriente aumenta el tamaño de las frutas. Se recomienda realizar aspersiones de urea foliar entre 1 a 2 % de concentración. El potasio en la planta es muy importante, pues influye en el color, textura y sabor de las frutas. El fósforo incrementa la resistencia de la planta a la sequía (Rodríguez, 1984). La extracción total de macroelementos por tonelada de fruta fresca es de 1.8 kg nitrógeno, 0.2 kg fósforo, 2.1 kg potasio, 0.2 kg magnesio y 0.3 kg calcio (Bertsch, 2003). Una producción estimada de 120 toneladas durante un ciclo de cultivo de 14 meses, por lo tanto, extraerá como mínimo unos 144 kg de N, 24 kg de P (ó 55 kg de P_2O_5), 252 kg de K (ó 302 kg de K_2O), 24 kg de Mg (ó 40 kg de MgO) y 36 kg de Ca (ó 50 kg de CaO), (Bertsch, 2003).

2.4 Principales problemas en el cultivo de papaya

2.4.1 Virus anulador de la papaya (PRSV, Papaya ringspot virus)

El virus anulador de la papaya es considerado como la principal enfermedad de este cultivo y uno de los factores limitantes en su producción (Purcifull et al., 1984; Lima et al., 2001). Países productores de papaya como Puerto Rico, Florida, Hawai, Nigeria, Australia y Guam han visto mermada su producción y rendimientos, atribuyéndose este problema al virus anulador (Namba y Kawanishi 1966; Shaefers, 1969; McMillan, 1993; Abreu, 1994; Zimmerman, 1994; Davis y Ying, 1999; Medina y Franqui, 1999; Hernández, 2001; Pantoja et al 2002). El virus pertenece a la familia Potyviridae y género Potyvirus. La planta enferma presenta una serie de síntomas que van agravándose a través del tiempo. Las hojas jóvenes muestran moteados amarillentos y se observan manchas aceitosas en el tronco y peciolo entre 1 a 2 mm de diámetro (Fariñas, 1990). Los frutos enfermos pierden calidad de exportación, ya que presentan manchas aceitosas y quemaduras (Nieto-Angel et al., 1991). Cuando la planta es infectada en etapas tempranas ésta puede reducir considerablemente su crecimiento y la producción puede ser nula (GIIP, 1992; González-Hernández, 1994; Téliz-Ortiz et al., 1991).

El virus es transmitido rápidamente por insectos de la familia Aphididae, presentándose visiblemente los síntomas en ocasiones hasta las dos o tres semanas de la inoculación (Ramos y Ramos, 2002). Cabe mencionar que el virus anulador de la papaya o virus del mosaico no permanece de forma persistente o prolongada en el insecto infectado pero si en la planta. Investigaciones realizadas en México han mostrado que el tiempo productivo de la planta puede reducirse a

un año si ésta es infectada con el virus (Aguilar-Ruiz et al., 1999). Otras investigaciones implementando mallas anti-áfidos no mostraron casos de enfermedades virales por 1 año; mientras que en sistemas sin utilizar mallas las plantas se infectaron un 100% a los 6 meses (Briaden et al., 1986). Debido a que los problemas de virus en las plantas no tienen cura, se han desarrollado estrategias para el manejo de esta enfermedad a través de la ingeniería genética, creando variedades resistentes al virus con el gen de la proteína capsida (Tennant et al., 2005).

2.4.2 Áfidos

Pertenecen a la familia Aphididae la cual está dentro del orden Homóptera, un grupo muy extenso de insectos. Existen alrededor de 3,500 especies donde 500 de éstas son consideradas polífagas y monófagas de ciertos cultivos, incluyendo la papaya. La distribución geográfica puede variar desde el trópico hasta zonas templadas. Poseen un tamaño de 1 a 10 mm, con cuerpo blando en forma de pera, aparato bucal chupador (estilete), presentando o no alas. El color puede variar del blanco al negro, pasando por amarillo, verde y pardo. Los áfidos son considerados vectores transeúntes del PRSV con una capacidad de transmisión que puede mantenerse durante periodos no prolongados (Ng y Perry, 2004). En Brasil fue demostrado de manera experimental que las especies *A. gossipii*, *A. fabae* Scopoli, *A. coreopsidis* son eficientes vectores del virus (Rezende y Fancelli, 1997).

La transmisión de esta enfermedad es a través de picadas de prueba de plantas infectadas a plantas sanas (Raccah et al., 2001). Estos insectos pueden incidir en el ciclo del cultivo correspondiente a los primeros cinco meses, teniendo

mayor índice de peligrosidad durante los tres primeros (Hernández, 1994). Existen varias formas de control para reducir los problemas de áfidos, entre las que encontramos prácticas culturales, físicas, biológicas y químicas. El control cultural utiliza barreras vivas de algunos cultivos como sorgo y/o maíz (Mederos et al., 2013). Esta práctica fomenta que el insecto pueda limpiar su aparato bucal (estilete) para reducir su nivel de infección en plantas sanas, además fomenta una mayor biodiversidad de insectos beneficios. El control físico promueve el uso de trampas amarillas con pega, mientras que en el control biológico se liberan insectos depredadores y parasitoides. De estos insectos se destacan las familias Chrysopidae (Neuroptera), Coccinellidae (Coleoptera) y Syrphidae (Diptera). Finalmente, en el control químico se recomiendan productos como Dimetoato, Ometoato, Carbaril, Thiamethoxán, Imidacloprid, Pimetrozyne y Thiocloprid (Semillas del Caribe, 2009).

2.4.3 Malezas

Las malezas compiten por nutrientes, agua, luz y espacio, además son hospederas de plagas y enfermedades dañinas, especialmente áfidos (Ramos y Ramos, 2002). Por esta razón, las malezas constituyen riesgos naturales dentro de los intereses y actividades del hombre (Mortimer, 1990). Para el cultivo de papaya se ha documentado la relación existente entre incidencia de malezas en la llegada y permanencia de áfidos (Villanueva y Peña, 1991). Estudios realizados en Isabela, Puerto Rico, han demostrado que los niveles en las poblacionales de áfidos se han reducido en parcelas con plástico, atribuyéndose la disminución de áfidos a la cobertura de plástico en el suelo que reduce las malezas (Robles et al., 2006).

Estos resultados coinciden con investigaciones realizadas por Villanueva y Ortega (1993), utilizando cultivos de cobertura. Además, con la integración ya sea de plásticos y/o cultivos de cobertura se disminuyen los problemas de erosión por escorrentía sin afectar el rendimiento de este cultivo (Bogantes y Mora, 2004). Otro de los problemas que aqueja este cultivo es que presenta un sistema radical muy superficial, haciéndolo susceptible y poco tolerante contra las malezas localizadas en la base de la planta. Durante los primeros 2-3 meses, es recomendable limpiar en forma manual o inclusive aplicar glifosato y paraquat para reducir los problemas de malezas. Para ello se debe tener cuidado por problemas de fitotoxicidad en el cultivo de interés (Newcomer et al., 2010).

2.5 Variedad ‘Maricongo’, plátano

El origen del plátano ‘Maricongo’, pudo haber surgido de una mutación somática del cultivar ‘Congo’ (Irizarry et al., 1995). Por ser una planta muy resistente a enfermedades como la sigatoka, es la variedad más cultivada por los agricultores en Puerto Rico (Barret, 1925; Goenaga e Irizarry, 2006). En estudios que describen la susceptibilidad a sigatoka entre varios cultivares, ‘Maricongo’ presentó un índice de severidad de 34% en el momento de la floración y 68% a cosecha, esto implica un nivel intermedio de susceptibilidad (Irish et al., 2013). Propiedades culinarias y rasgos de la fruta, como el peso (entre 270 g o más) hacen de ‘Maricongo’ la preferida por el consumidor (Goenaga e Irizarry, 2006). Haciendo mención de sus características agronómicas, su altura se encuentra entre 3 a 5m, produce un promedio de 46 frutas por racimo, con peso promedio de 0.30 a 0.35 Kg/fruta. Su manejo es indispensable a nivel comercial, ya que por su

bajo valor comercial el manejo determinará su producción entre menos de 30 o más de 60 frutas/racimo (Irizarry et al., 1995).

2.6 Requerimientos del plátano

2.6.1 Riego

Debido a su morfología, el plátano requiere abundantes cantidades de agua para lograr un crecimiento y desarrollo normal, ya que es sensible a periodos de sequía (Belalcázar et al., 1991). La poca disponibilidad de este recurso afecta la inflorescencia de la planta, produciendo racimos torcidos y ocasionando problemas en la formación de hojas. (Doorenbos y Kassam, 1980). Sus necesidades hídricas se basan en el gran tamaño de la superficie foliar transpirante, siendo más exigente en agua que otras especies (Martínez, 1983). En zonas donde la precipitación no es suficiente, se recomienda utilizar un sistema de riego por goteo u aspersión para suministrar la cantidad de agua adecuada, ya que la planta también es susceptible a suelos inundados y de pobre drenaje. Se pueden presentar daños en el sistema radicular de la planta por asfixia, según el tiempo que dure el suelo bajo condiciones de saturación excesiva o inundación (Belalcázar, 1991). Durante el verano o temporadas secas, semanalmente las necesidades hídricas del plátano alcanzan unos 100 m³ de agua por hectárea. Estudios realizados muestran que las necesidades hídricas del plátano en zonas tropicales varían entre 1,200 y 2,314 mm/año, con un promedio de 1,756 mm/año (Peña, 2005; Doorenbos y Kassam, 1980; Sastry, 1988; Santacruz y Santacruz, 1995).

2.6.2 Fertilización

Las primeras etapas de crecimiento en las musáceas, específicamente en el plátano, son vitales para determinar el desarrollo futuro de la planta, ya que en esta fase se produce la formación de raíces, desarrollo del pseudotallo y hojas (Guerrero, 2010). Durante su establecimiento se recomienda utilizar abonos ricos en fósforo (P) para fortalecer el sistema radicular de la planta y de esta forma promover la extensión de raíces. Tanto el nitrógeno (N) como el potasio (K) son considerados nutrientes de mayor consumo en la planta y limitantes para el cultivo (Espinosa y Belalcázar, 1998; Combatt et al., 2004). Por ello durante el segundo y cuarto mes de establecida la siembra se sugiere utilizar fertilizantes ricos en nitrógeno como urea y nitrato de amonio. Compuestos nitrogenados como estos pueden ser lavados fácilmente a consecuencia de escorrentías, siendo necesario fraccionar las aplicaciones de abono. Para el sexto mes la fertilización debe ser rica en potasio, elemento necesario para lograr una buena fructificación, estos niveles en la hoja declinan después de la floración, lo que indica que este elemento es importante para el llenado del fruto (Mena, 1997). Entre las prácticas recomendadas se encuentra el uso de abonos orgánicos, responsables de mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, aumentando la capacidad de intercambio catiónico y enriqueciendo la estructura del mismo.

2.7 Principales problemas en el cultivo de plátano

2.7.1 Malezas

En un monocultivo donde se realizan manejos convencionales, las primeras cuatro semanas son de mucha importancia para el control de malezas, ya sea por un manejo químico o manual. La falta de manejo resulta en graves problemas

dado que el sistema radical del plátano es superficial y las malezas son muy competitivas por los recursos agua, luz y nutrientes. Debido al alto costo de los herbicidas se recomienda realizar un control manual hasta que el plátano tenga 12 semanas de establecido. Luego de este periodo se podrá utilizar herbicidas de contacto y herbicidas sistémicos de forma controlada ya que las malezas podrían crear resistencia al químico. Se ha reportado resistencia en al menos ocho especies de malezas tolerantes a glifosato por su uso desmedido mundialmente (Nandula et al., 2005).

2.7.2 Sigatoka (*Mycosphaerella* spp.)

Esta enfermedad posee como patógenos dos tipos de hongos, *Mycosphaerella musicola* (Sigatoka amarilla) y *Mycosphaerella fijiensis* (Sigatoka negra), ambos destruyen el tejido foliar del plátano, reducen la fotosíntesis y afectan el crecimiento del cultivo. Plantas con *M. musicola* inicialmente muestran manchas de color amarillo pálido en el haz de la hoja que van cubriendo la lámina según avanza su estado hasta formar unas manchas necróticas. El centro de la lesión se hunde levemente y los bordes cada vez se acentúan más con un halo de color amarillo intenso. La *M. fijiensis* resulta ser más agresiva y de mayor importancia económica (Marín et al., 2003). La enfermedad puede causar una reducción de peso en el racimo de un 50% y pérdidas de 100% por deterioro y calidad cuando no se implementan medidas de combate (Rodríguez-Gaviria y Cayón, 2008).

CAPÍTULO I

INCIDENCIA DEL VIRUS ANULADOR DE PAPAYA (PRSV) Y POBLACIONES DE ÁFIDOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE PAPAYA (*Carica papaya*) CON UN SISTEMA INTEGRADO DE LEGUMINOSAS

1. INTRODUCCIÓN

El lugar de procedencia de la papaya se le atribuye al sur de México o países vecinos de Centro América (León, 1987). Entre los países productores se encuentra Puerto Rico, Nigeria, Indonesia, México, India y Brasil, siendo estos últimos dos los mayores productores a nivel mundial (FAOSTAT, 2013). Este cultivo se ha convertido en uno de gran importancia representando el 15.36 % del total de la producción en frutales (Evans y Ballen, 2012). Su adaptabilidad es específica a los trópicos y subtrópicos, utilizándose como fruta fresca y en diversos procesos industriales (Herrera, 2012). Esto último hace referencia a la extracción de la enzima papaína para ser utilizada en la industria cervecera, carnes, farmacéutica, productos de belleza y cosmética (Evans y Ballen, 2012).

La papaya se desarrolla de forma óptima bajo temperaturas entre los 18 a 38 grados Celsius, fuera de estos parámetros el desarrollo vegetativo de la planta se detiene (Córdova, 2010). Los suelos deben tener un buen drenaje ya que no tolera suelos muy inundados, siendo sus raíces muy susceptibles a hongos. El pH del suelo debe fluctuar entre 5.5 a 7.5 y la cantidad de agua requerida anual está entre 152 a 203 centímetros. En lugares donde haya periodos muy secos se debe suministrar el agua a través de riego, de no ser así, podría haber retrasos en su crecimiento, aborto de flores y caída de frutos jóvenes (Córdova, 2010).

Uno de los grandes retos del sector agrícola productor de papaya es la lucha constante sobre el virus anulador de la papaya, con sus siglas en inglés PRSV (Higa y Namba, 1971). El virus fue descubierto en Hawai para el 1940, afectando y eliminando en su totalidad la producción, sucediendo lo mismo en siembras comerciales en Venezuela (Jensen, 1949). Este virus causa serias pérdidas en plantaciones infectadas ya que afecta el rendimiento de la planta, el tamaño de la fruta y la calidad de la misma. Los daños afectan desde 5% a un 100% de la producción y plantas de cualquier edad son susceptibles al virus (Evans y Ballen, 2012).

Los áfidos son considerados vectores transeúntes del virus los cuales no colonizan la papaya (Martorell, 1976; Abreu, 1994; Pantoja et al., 2002). La planta adquiere el virus por medio de la picadura de prueba de áfidos en la planta sana (Paez, 2003). En Puerto Rico 10 especies de áfidos están asociadas al cultivo de la papaya lo que dificulta la toma de decisiones de control, porque las especies no pueden ser distinguidas fácilmente y se desconoce la capacidad vectora de algunas de ellas (Pantoja et al., 2002, 2005). Por el momento la transmisión del PRSV por semillas no es significativa, aunque existen algunas referencias en este sentido (Bayot et al., 1990).

Hoy en día el sector agrícola ha estado en la búsqueda de prácticas que sean agro sostenibles y/o agroecológicas, tratando de reducir los problemas y malas prácticas de la agricultura convencional. Justamente estos sistemas fomentan la siembra de cultivos intercalados que promuevan un balance o control en su entorno. En un sistema intercalado hay una gama de diferentes especies con distintos requerimientos de manera que los recursos de la zona sean

utilizados al máximo (Moya y Varela, 1998). Las plantas leguminosas comúnmente son utilizadas por su capacidad de fijar nitrógeno de manera natural, disminuyendo el uso de fertilizantes (Motisi et al., 2007).

Durante los pasados años algunos agricultores han utilizado maíz como cultivo intercalado en papaya, encontrándose una reducción en la incidencia del virus (Mederos et al., 2013). Esto no implica que se evitó en su totalidad la llegada de insectos vectores en la papaya, sino que los áfidos obtuvieron mayor preferencia por el maíz. Uno de los factores que limita esta práctica es el constante manejo, ya que siendo el maíz un cultivo anual debe sembrarse varias veces antes de la primera cosecha en papaya. Por ello, esta investigación trabajó en un ecosistema integrando leguminosas perennes para ver los efectos que tiene en el cultivo de papaya.

2. OBJETIVOS

- a) Evaluar el efecto de los sistemas integrados con leguminosas; crotalaria (*Crotalaria juncea*), canavalia, (*Canavalia ensiformis*) y gandul (*Cajanus cajan*) sobre el control de malezas, aporte de nitrógeno y materia orgánica al suelo en comparación a una siembra convencional.
- b) Analizar los efectos de un sistema integrado de leguminosas en papaya 'Red Lady' sobre la población de áfidos.
- c) Estudiar la incidencia de papaya ringspot virus (PRSV) en siembras convencionales y siembras con leguminosas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Establecimiento del cultivo

3.1.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en los años 2014 y 2015 en Finca González localizada en Guánica, Puerto Rico. Finca González se encuentra al suroeste de Puerto Rico a 17° 58' latitud norte, 66° 54' longitud oeste y a 124 m.s.n.m. La temperatura promedio es de 28° C, mientras la precipitación promedio anual es de 813 mm, siendo el mes de octubre el más lluvioso durante los pasados 30 años (Fig 1). El tipo de suelo característico de esta área es un Aridisol de la serie Guayacan, Fine-loamy, mixed, superactive, isohyperthermic Typic Haplocalcids (Beinroth et al., 2002).

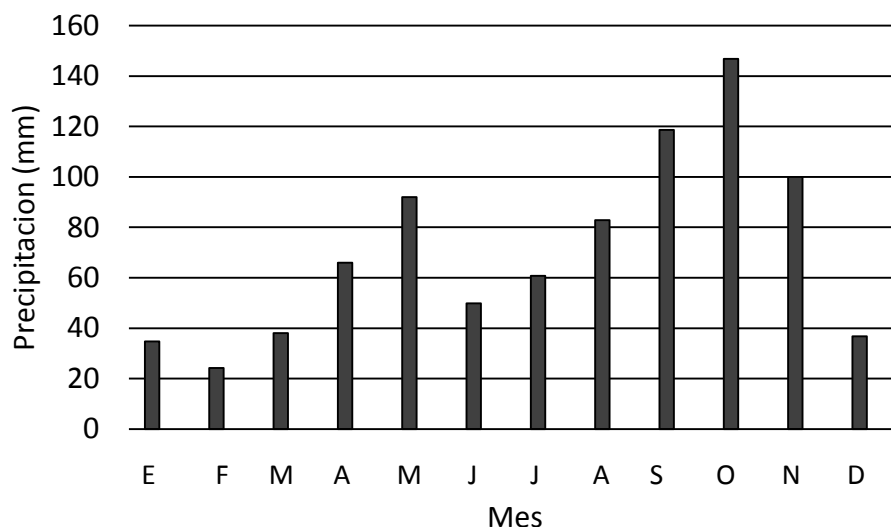


Figura 1. Precipitación promedio mensual (mm) en los pasados 30 años en Guánica, Puerto Rico.

3.1.2 Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue un DBCA (diseño en bloques completamente al azar) con cuatro tratamientos los cuales fueron: convencional (control químico y

manual de malezas, sin uso de plástico), crotalaria, canavalia y gandul ‘Lazaro’, cada uno con cuatro repeticiones con orientación norte-sur.

3.1.3 Área y preparación del suelo

El área experimental ha sido previamente cultivada con calabaza (*Cucurbita moschata*), pimiento (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*). Las malezas predominantes en dicha zona han sido: pata de gallina (*Eleusine indica*), bleo (*Amaranthus dubius*), y leche vana (*Euphorbia heterophylla*). Se utilizaron 1927.42 m² de área de siembra (144 m de largo x 144 m de ancho), donde se realizaron 12 bancos de 0.30 m de alto separados por 3.6 metros. Para la preparación del suelo se usó una labranza convencional (pase de arado y rastra).

3.1.4 Muestreo de suelo y siembra

Previo al establecimiento de los cultivos, se realizaron muestreos de suelo en forma de cuadrícula con un barreno. Se obtuvieron muestras entre 500 a 600 g de suelo los cuales posteriormente se usaron para realizar un análisis de contenido nutricional del suelo. Este análisis de suelo se utilizó para determinar materia orgánica, pH, nitrógeno total, fósforo, potasio, magnesio, calcio, aluminio y sodio. La siembra de papaya fue realizada manualmente con plántulas no tratadas con químicos de la variedad ‘Red Lady’. Pasadas siete semanas de haber germinado las papayas se trasplantaron en el campo, a esta edad las plantas tenían entre 15.24 a 20.32 cm de altura. La distancia entre bancos fue 3.66 m y 1.22 m entre plantas, cada banco contó con 28 plantas, para obtener un total de 336 plantas en el experimento. De estos 12 bancos, ocho se utilizaron como barreras vivas o bordes y cuatro como tratamiento dentro del experimento. Las

leguminosas (canavalia, crotalaria y gandul) fueron sembradas de forma directa en el campo, justo después de haber colocado la papaya. Las semillas de gandul, crotalaria y canavalia se colocaron a una distancia de siembra de 60 cm entre hilera de leguminosas y 15.24 cm entre planta.

3.2 Cultivo de papaya

Las variables que se registraron en el cultivo de papaya fueron tomadas en la hilera central, específicamente cinco de las siete plantas, descartando la primera y última planta de cada tratamiento para evitar el efecto de borde.

3.3 Fertilización y aplicaciones

El cultivo de papaya responde de manera rápida y eficiente a lo largo de su vida a diversos planes de fertilización. Este cultivo tiene un rápido crecimiento, desarrollo de hojas, flores y frutos. Por su producción temprana y profusa continuamente requiere grandes niveles de nutrientes. La fertilización de la papaya se realizó de forma foliar utilizando un fertilizante 15-15-15 con elementos menores. Es importante saber que este cultivo es muy exigente a elementos menores tales como boro, zinc y magnesio. La primera aplicación realizada fue de 59.14 mL por planta a los 8 días del trasplante, luego de esto se aumentó 29.57 mL de fertilizante en cada aplicación que se realizó. Este proceso se hizo cada 4 semanas hasta la etapa de floración. Una vez las plantas empezaron a florecer se aplicaron 227g por planta de abono granular 15-5-20 cada cuatro semanas hasta finalizada la producción.

3.4 Estimación de malezas y aporte de nitrógeno

3.4.1 Biomasa de malezas

Cada tres meses en todos los tratamientos se realizaron muestreos de malezas utilizando un metro cuadrado. El muestreo de malezas se hizo en cuatro puntos dentro de la hilera experimental de papaya y en las zonas donde se encontraban las leguminosas. Debido a que esta última área es muy amplia los cuatro puntos se tomaron en forma de zig-zag. El corte de malezas se realizó justo en la superficie del suelo, tomando el peso fresco y luego de 48 horas en un horno de 65°C el peso seco para calcular kg/ms/ha. Respecto al tratamiento convencional, se llevó un registro para documentar cuantas veces se tuvo que controlar estas plantas de forma manual o químicamente en comparación a los otros tratamientos.

3.4.2 Aportación de N de las leguminosas en el suelo

Se tomó una muestra de suelo entre 500 a 600 g por bloque donde se encontraban las leguminosas. Las muestras fueron secadas en un horno por periodos de 24 horas a una temperatura de 110° C, para luego ser analizadas en el Laboratorio de Química de la Estación de Investigación Tropical del Departamento de Agricultura Federal, conocida por sus siglas en inglés como USDA-TARS. Una vez pasadas las 24 horas se analizó el N total de las leguminosas, según el método de Kjeldahl.

3.5 Crecimiento vegetativo

Entre los parámetros de crecimiento vegetativo de la papaya se tomaron datos de altura, tiempo de floración, cantidad de frutas, diámetro, tamaño y peso.

La altura de la planta se tomó a los meses 1, 3, 6 y 9 a partir de la siembra. La altura fue medida desde la base de la planta hasta la base de las hojas en el ápice. Finalmente, se calcularon los días desde la siembra de trasplante hasta la floración y cosecha.

3.6 Análisis de tejido vegetal para analizar la presencia del virus

El análisis foliar se realizó en las plantas de papaya que mostraron los síntomas de PRSV a partir de la primera semana del establecimiento. Las muestras se recolectaron de hojas con los síntomas del virus y se analizaron en el Laboratorio de Química de la Estación de Investigaciones en Agricultura Tropical del USDA, utilizando la técnica de Ensayo por Inmunoabsorción Ligado a Enzimas, con sus respectivas siglas en inglés ELISA, la cual determinó si la planta posee el virus.

3.7 Incidencia de áfidos

Una vez a la semana, por periodos de 24 horas, se colocaron trampas redondas de plástico amarillo de 30-cm de diámetro y 7-cm de profundidad, en medio de cada parcela o tratamiento. Las trampas amarillas se llenaron con agua hasta 3/4 de su capacidad y se depositó 1 mL de jabón líquido para romper la tensión superficial del agua y facilitar la deposición de los áfidos. El material biológico que se recolectó cada semana se preservó en un frasco de cristal con alcohol al 70%, además se anotó la fecha cuando se obtuvo la muestra y el número de bloque al que perteneció la misma. Luego en el laboratorio utilizando el equipo pertinente se contabilizaron e identificaron las especies de áfidos colectados.

3.8 Muestreo de insectos depredadores y parasitoides

Luego de 4 meses desde el momento que se estableció el experimento se utilizó una red entomológica con un mango de 65 cm de largo y un aro de 38 cm de diámetro. El muestreo de insectos estuvo enfocado en los espacios con leguminosas y en el caso del control en las malezas. Cada estación de muestreo consistió en un recorrido aproximado de 10 pasos en el cual se realizaron 10 barridas con la red entomológica. Los insectos recolectados se depositaron en un envase con bromuro de metilo previamente identificado con el número de bloque y tratamiento para identificarlos y contabilizarlos en el laboratorio.

3.9 Parámetros de producción y cosecha

La cosecha se estudió según el orden gradual desde el momento de la floración de cada tratamiento. Se realizó de forma manual 2 veces a la semana cercano a los 9 meses desde el momento de la siembra una vez el fruto se desarrolló lo suficiente como para poder mercaderarlo. Es de gran importancia realizar una buena selección de frutos en el campo para así evitar la selección de frutas que no cumplan con los parámetros de calidad. El fruto no debe estar muy maduro o inmaduro, con deformaciones, heridas, golpes, manchas causadas por hongos, bacterias, virus e insectos. Además de estudiar los pasados parámetros en el cultivo también se tomaron datos de tamaño, peso y diámetro del fruto.

3.10 Análisis estadístico

Se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.1®) (SAS, 2009). Se realizaron contrastes ortogonales entre los tratamientos: leguminosas vs. convencional, crotalaria vs. gandul, crotalaria vs. canavalia,

gandul vs. canavalia, crotalaria vs. gandul y canavalia, gandul vs. canavalia y crotalaria, canavalia vs. crotalaria y gandul.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Malezas

Los tratamientos establecidos con cultivos de cobertura (canavalia, crotalaria y gandul) no presentaron problemas de malezas a partir de los 2 meses y medio de siembra (75 días aproximadamente), controlando el 100 por ciento de estas plantas no deseadas. Hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) en rendimientos de materia seca (MS) de malezas de siembras convencionales con 2,083 Kg MS/ha, presentando principalmente problemas con paraguíta morada (*Chloris inflata*) y bleo espinoso (*Amaranthus spinosus*). La eficacia de algunas leguminosas para el control de plantas no deseadas, se debe a su competencia por espacio, luz, agua, nutrientes y sustancias alelopáticas liberadas por estas que inhiben el crecimiento de otras plantas y organismos (Colegate et al., 2012). Precisamente estudios previos han mostrado los efectos de estos componentes presentes en leguminosas como crotalaria, utilizada en sistemas agroecológicos para el control de malezas y fijación de nitrógeno (Skinner et al., 2012). Las malas hierbas, además de competir por nutrientes, agua, luz y espacio, son hospederas de plagas y enfermedades dañinas como los áfidos, vectores de virus en el cultivo de papaya (Ramos y Ramos, 2002). La importancia de la presencia de malezas sobre la llegada y permanencia de áfidos en la papaya fue documentada por Villanueva y Peña (1991). Para los agricultores esto representa un serio problema, ya que afecta la producción de papaya de forma significativa cuando esta no es controlada (Inderjit y Keating, 1999). Las plantas de cobertura además de suprimir las poblaciones de malezas, resultan viables y sostenibles en aspectos económicos como también ecológicos (Morón et al., 2005). Aunque All (1999)

recomienda el uso de plásticos reflectivos en vegetales y ornamentales para el control de malezas, la mayoría de los agricultores no cuentan con los recursos necesarios para su uso. La integración de crotalaria no sería la única opción ya que el uso de canavalia y gandul en este estudio también resultó exitoso. Aunque en Puerto Rico se desconoce mucho el manejo de estas plantas (crotalaria y canavalia), estudios afirman su eficacia para controlar malezas, mejorar la calidad del suelo y reducir el uso excesivo de plaguicidas (Camal-Maldonado et al., 2001).

4.2 Identificación de áfidos

Semanalmente por periodos de 24 horas, desde el establecimiento de papaya hasta el último día de cosecha, se realizaron monitoreos de áfidos utilizando trampas con agua. Las primeras poblaciones de áfidos se recolectaron a partir del 12 de septiembre de 2014, no obteniendo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Para esa fecha el manejo convencional mostro aproximadamente un áfido, mientras gandul, canavalia y crotalaria dos áfidos en sus respectivos tratamientos (Fig 2). En ellas se identificaron dos especies de áfidos para todos los tratamientos, *Aphis gossypii* y *Aphis spiraecola*, ambos vectores de virus en 50 más de plantas incluyendo papaya (Blackman y Eastop, 1984). Estudios previos realizados en Puerto Rico, detectaron la presencia de ambas especies en Isabela y Corozal (Pantoja et al., 2005). Desde entonces hasta finalizado el experimento, aunque las poblaciones de áfidos aumentaron, no se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) Los promedios de áfidos para los tratamientos fueron; 4.09 (gandul), 4.44 (canavalia), 6.23 (convencional) y 4.23 (crotalaria) (Fig 3).

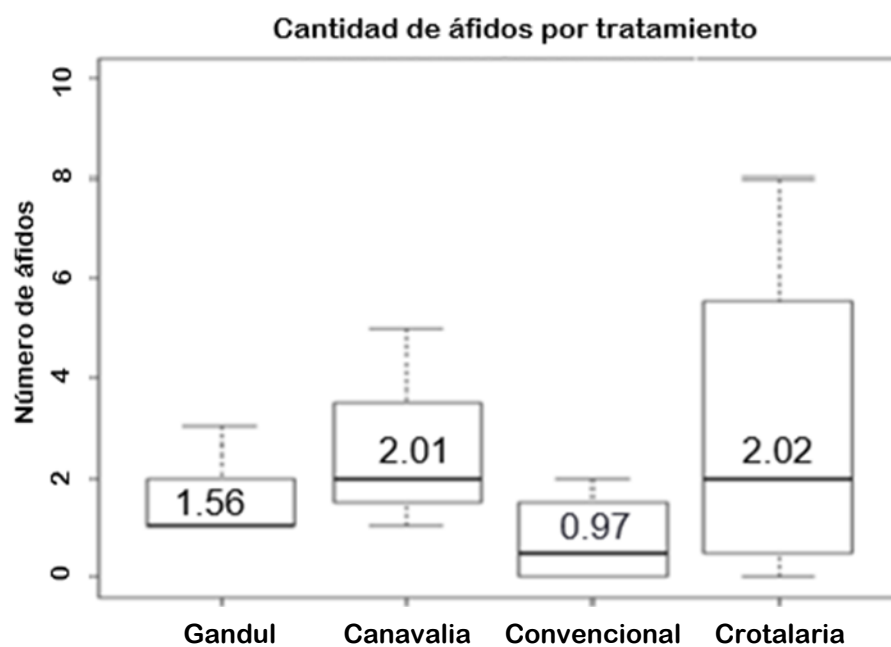


Figura 2. Cantidad de áfidos por tratamiento 12 de septiembre de 2014

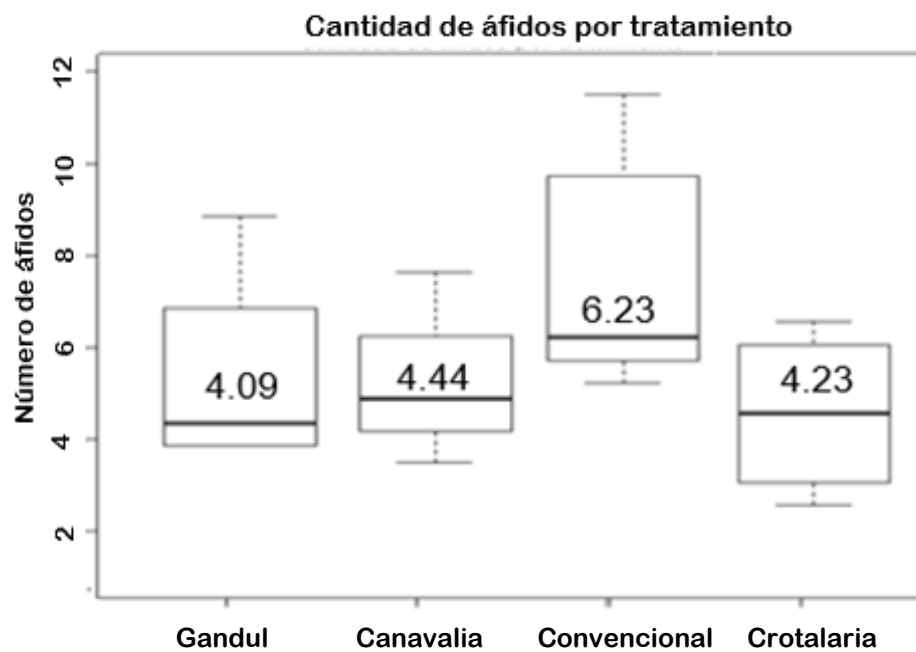


Figura 3. Cantidad de áfidos por tratamiento hasta la conclusión del experimento

4.3 Incidencia del virus

La incidencia del virus anulador de papaya (papaya ringspot virus) fue documentado tanto por medios visuales en el campo como a través de pruebas serológicas en laboratorio. Las pruebas realizadas en laboratorio fueron tanto para plantas asintomáticas como aquellas que mostraron alguna sintomatología. El primer caso de virus se identificó el 2 de octubre de 2014 en una de las plantas del manejo convencional y posteriormente en los restantes tratamientos. Esta fecha coincide con la llega del áfido reportada el mes anterior y la disponibilidad del inóculo es un factor determinante para la incidencia del virus en la papaya (Arenas et al., 1992). El monitoreo de plantas infectadas se continuó realizando hasta la conclusión del experimento, no encontrándose diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos y su tasa de infección. Enfermedades como estas son a menudo son los factores limitantes para la producción comercial de la fruta en diferentes áreas (Davis et al., 1996).

4.4 Insectos depredadores y parasitoides

La integración de cultivos de cobertura en la agricultura, promueve una gran biodiversidad y regulación de organismos indeseables a través de la depredación, el parasitismo y la competencia (Altieri, 1994). Con el fin de cumplir estos propósitos, se integraron leguminosas buscando reducir la incidencia de áfidos en el cultivo de papaya. Durante el muestreo se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) para insectos depredadores y parasitoides, entre el uso de cobertoras (canavalia, crotalaria y gandul) y manejo convencional. Este último, al no proveer un ecosistema diverso no pudo albergar insectos benéficos para el cultivo de papaya. Entre los insectos depredadores en las cobertoras se encontró *Cycloneda*

sanguinea, *Chilocorus cacti* y *Leucochrysa insularis*, depredadores de áfidos, chinches harinosas y queresas. La cantidad promedio de insectos según tratamiento fue el siguiente: 9.97 (gandul), 9.05 (canavalia), 1.71 (convencional) y 10.03 (crotalaria), donde no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las cobertoras (Fig.4).

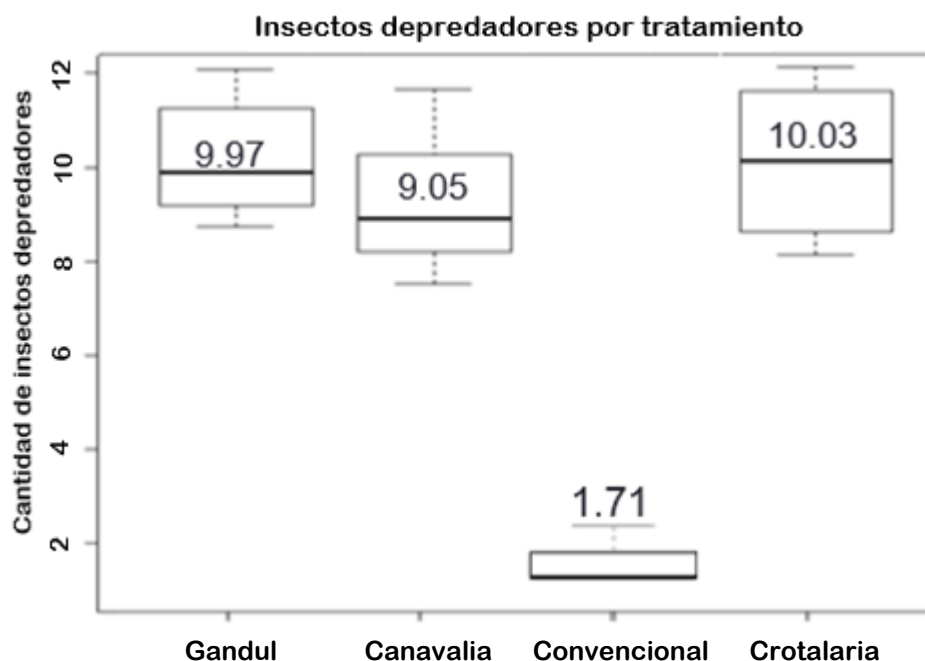


Figura 4. Número de insectos depredadores como *C. sanguinea*, *C.cacti* y *L.insularis*

Como insectos parasitoides se identificó *Chelonus insularis* y *Cotesia americana*, los cuales afectan larvas que se alimentan del tejido vegetal. El comportamiento de estas poblaciones fue similar al antes mostrado donde también se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el manejo convencional y uso de leguminosas (Fig 5). Estudios realizados en Maine (USA), muestran una correlación entre la depredación y la reducción de las poblaciones de áfidos en cultivos de papas (Croft, 1990). Bajo estas condiciones, el control biológico puede

convertirse en una estrategia que garantice un control a bajo costo y con mínimo o inexistente impacto ambiental (Flint y Roberts, 1989).

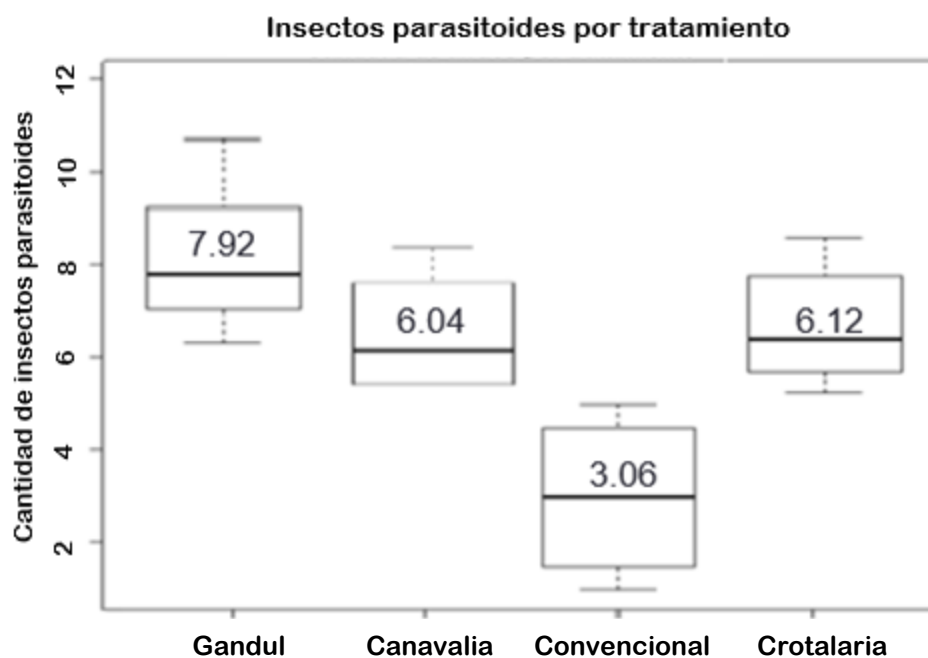


Figura 5. Número de insectos parasitoides como *C.insularis* y *C.americana*

4.5 Análisis de suelo

Al inicio de establecer el experimento se realizó un muestreo general de suelo para obtener una muestra representativa del predio. El nivel de pH fue de 7.54, siendo relativamente neutral y adecuado para la siembra de papaya mientras el porcentaje de materia orgánica (MO) y nitrógeno (N) fue de 2.26 y 0.94, respectivamente. Es importante recalcar que dicho predio ha sido utilizado anteriormente para la siembra de calabaza, pimiento y cebolla, el cual permaneció en barbecho por espacio de 10 meses al finalizar la cosecha de estos cultivos. Una vez establecido el experimento y terminada la cosecha de papaya, se realizó un muestreo para todas las parcelas en el experimento. Los niveles de pH, materia orgánica y concentración de nitrógeno según los tratamientos mostraron diferencia

significativa ($p < 0.05$) entre un manejo convencional y aquellos donde se integraron leguminosas (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis final para pH, aportación de materia orgánica y concentración de nitrógeno en siembras de papaya 'Red Lady' integrando leguminosas y manejo convencional en Guánica, Puerto Rico.

Tratamientos	pH (CaCl ₂)	Materia Orgánica (% OM)	Concentración de N (%)
Canavalia	7.71 ^{b2}	2.50 ^b	1.40 ^b
Crotalaria	7.62 ^b	2.95 ^b	1.37 ^b
Gandul	7.73 ^b	2.93 ^b	1.43 ^b
MC ¹	7.40 ^a	1.20 ^a	0.92 ^a
Error Estándar	0.05	0.07	0.05

¹Manejo convencional

²Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes según LSD ($p > 0.05$)

La aportación de material vegetativo y fijación de nitrógeno por las leguminosas fue el causante para que estos parámetros mencionados anteriormente aumentaran, tomando en cuenta que el tratamiento convencional poseía gran parte del suelo expuesto a las condiciones climáticas. Las plantas de cobertura protegen el suelo de las altas precipitaciones y proporcionan canales por medio de sus raíces a las capas superficiales, conduciendo a altas tasas de infiltración y agregados más estables en agua (Folorunso et al., 1992; McVay, 1989). Precisamente el establecimiento de cobertoras involucra una adición de materia orgánica fresca al suelo la cual es aprovechada por los organismos edáficos como fuente de nutrientes (Blanchart et al., 2006). Las plantas usadas como fuente de nitrógeno para los cultivos que no son leguminosas, tienen un gran potencial como substitutos parciales de los fertilizantes nitrogenados, además pueden translocar nutrientes presentes en el subsuelo (Melgar, 1989). Como beneficio y a diferencia de los fertilizantes de fuente mineral, las leguminosas

utilizadas como abono verde y como cultivos de cobertura, reducen la incidencia de lixiviación de compuestos nitrogenados (Cahn et al.,1993).

4.6 Altura de plantas según tratamientos

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las alturas de papaya bajo diferentes tratamientos con leguminosas y un manejo convencional a partir del tercer mes. El crecimiento y desarrollo de este cultivo fue uno anormal utilizando crotalaria, debido al exceso de sombra provista por esta leguminosa. Todas las plantas bajo este tratamiento mostraron síntomas de etiolación debido al rápido crecimiento y desarrollo de esta planta, a pesar de ser podada en diversas ocasiones. El comportamiento acelerado de la crotalaria durante el experimento se debe a su sensibilidad al fotoperiodo, produciendo gran parte de su biomasa en días largos (Carlo, 2009). Esto coincide con la época de siembra del experimento, los efectos se pudieron apreciar desde el tercer mes hasta el noveno respectivamente, con alturas de 1.90 m, 2.51 m y 2.90 m (Tabla 2). Además condiciones secas como las del municipio de Guánica son propicias para desarrollar competencia por agua, consecuentemente una cobertura viva podría ser menos benéfica que un mulch muerto (Cintra y Borges, 1988).

Tabla 2. Altura de papaya 'Red Lady' en manejo convencional y siembras con leguminosas en el desarrollo del cultivo durante diferentes meses.

Tratamientos	Altura de plantas en diferentes etapas de muestreos			
	Metro (m)			
	1 ^{er} mes	3 ^{er} mes	6 ^{to} mes	9 ^{no} mes
Canavalia	0.19 ^{a2}	1.20 ^a	1.76 ^a	2.31 ^a
Crotalaria	0.20 ^a	1.90 ^c	2.51 ^c	2.90 ^c
Gandul	0.21 ^a	1.58 ^b	2.12 ^b	2.55 ^{ab}
MC ¹	0.21 ^a	1.50 ^b	2.03 ^b	2.83 ^{bc}
Error Estándar	0.02	0.07	0.13	0.10

¹Manejo convencional ²Letras iguales no son significativamente diferente según LSD ($p > 0.05$)

4.7 Peso y número de frutas según tratamiento

El problema antes mencionado, además de influir en el crecimiento de papaya, produjo efectos significativos en peso, tamaño y número de frutas. Durante la primera cosecha, realizada para el mes de febrero, se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) utilizando crotalaria (Tabla 3). El peso promedio de fruta fue 0.47 kg mientras para canavalia, gandul y manejo convencional fue de 1.54 kg, considerándose no comercial todo fruto menor de 0.45 kg (Estación Experimental Agrícola, 1987). Igualmente se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) para la última cosecha realizada en mayo, el tratamiento gandul consiguió el mayor peso de fruta con 1.28 kg mientras crotalaria obtuvo la cifra más baja con 0.62 kg. La cantidad de frutas de este último no mostró ser satisfactorio finalizado el experimento, produciendo apenas 13 frutas por planta mientras el resto de los tratamientos promediaron 35 frutas. Tanto el peso como la cantidad de frutas al traducirlo en rendimientos para una siembra de 1,800 plantas/ha, mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) con 31 ton/ha para crotalaria, 114 ton/ha convencional, 129 ton/ha para canavalia y gandul. En México, uno de los países de mayor producción de papaya en el mundo, el rendimiento reportado para 'Red Lady' fué de 195 ton/ha (Sánchez-Sánchez y Samaniego-Russo, 1998). Precisamente la papaya 'Red Lady' se caracteriza por ser homogénea, con un rendimiento que supera las 30 frutas y cuyo peso oscila entre 1 y 1.5 kg (Bogantes y Mora, 2006). En Puerto Rico, según estudios realizados en Isabela y Corozal la variedad 'Red Lady' promedio rendimientos de 135 ton/ha y 75 ton/ha respectivamente (Goenaga y Irizarry, 2001)

Tabla 3. Peso promedio de una fruta (por planta) en manejo convencional y siembras con leguminosas durante el periodo de cosecha.

Tratamientos	Peso promedio de fruta por tratamiento			
	Kilogramos (kg)			
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Canavalia	1.49 ^b	1.77 ^{a2}	1.82 ^a	0.85 ^{ab}
Crotalaria	0.47 ^a	1.56 ^a	1.74 ^a	0.62 ^a
Gandul	1.73 ^b	1.55 ^a	1.96 ^a	1.28 ^b
MC ¹	1.40 ^b	1.44 ^a	1.55 ^a	0.92 ^{ab}
Error Estándar	0.32	0.13	0.18	0.24

¹Manejo convencional

²Letras iguales no son significativamente diferentes según LSD ($p>0.05$)

4.8 Longitud y diámetro del fruto

Para estos parámetros no se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) en longitud de fruta durante los meses de marzo y abril, con medidas promedios de 21.73 y 17.35 cm (Tabla 4). Este comportamiento no fue el mismo durante los meses de febrero y mayo donde se observó diferencia significativa ($p<0.05$) en crotalaria, produciendo frutas de menor tamaño (17.80 y 15.22 cm). Las señales en el cultivo de interés son un reflejo de los efectos negativos de la leguminosa y síntomas del virus, caracterizado por reducir el tamaño, la calidad y cantidad de frutas (Cook 1931; Adsuar, 1947). Respecto al diámetro este mostro ser persistente en todos los tratamientos en las cosechas realizadas en los meses de febrero marzo y abril, encontrándose solamente diferencia significativa para el último mes de cosecha (mayo) entre crotalaria (8.42 cm) y gandul (10.28 cm).

Tabla 4. Altura y diámetro de frutas en un manejo convencional y siembras con leguminosas durante los meses donde se encontraron diferencia significativa.

Tratamientos	Longitud y diámetro de frutas por tratamiento		
	Longitud (cm)		Diámetro (cm)
	Febrero	Mayo	Mayo
Canavalia	20.87 ^{ab2}	16.44 ^b	9.46 ^{ab}
Crotalaria	17.80 ^a	15.22 ^a	8.42 ^a
Gandul	23.13 ^b	18.00 ^b	10.28 ^b
MC ¹	20.90 ^{ab}	16.52 ^b	9.54 ^{ab}
Error Estándar	0.51	1.32	0.57

¹Manejo convencional

²Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes según LSD ($p > 0.05$)

5. CONCLUSIÓN

La integración de canavalia, crotalaria y gandul como cultivos de cobertura junto el cultivo de papaya no había sido documentada anteriormente. El presente estudio realizado al suroeste de Puerto Rico ofrece una idea clara sobre aquellas ventajas y desventajas con estos cultivos. Aunque su integración no resultó efectiva controlando poblaciones de áfidos y reduciendo la incidencia del virus, su aportación en otras áreas no pasa desapercibido. Las leguminosas mostraron un gran potencial controlando el 100% de las malezas, posibles hospederas de áfidos. Esto puede representar un sustituto al uso de plásticos cobertores para el control de plantas no deseadas, ya que resulta más práctico y conveniente para el agricultor. Su incorporación aumentó la biodiversidad en la siembra de policultivo, lo que atrajo insectos parasitoides y depredadores de áfidos como *Leucochrysa insularis*. El utilizar espacios vacíos con cultivos de cobertura produjo diferencia significativa ($p < 0.05$) en el suelo para pH, aportación de materia orgánica y concentración de nitrógeno (7.68, 2.80 y 1.43, respectivamente) en comparación a un manejo convencional (7.40, 1.20 y .92). Lamentablemente, la combinación de crotalaria afectó al cultivo de papaya por competencia lumínica, perjudicando su desarrollo, rendimiento y agravando la respuesta de la planta a la presencia del virus. Aun así, esta leguminosa podría utilizarse en predios dejados en barbecho para luego ser incorporada al suelo y obtener los beneficios antes mencionados. Aunque no se obtuvo diferencia significativa ($p > 0.05$) en la producción de fruta entre los tratamientos canavalia, gandul y convencional, la combinación de papaya y gandul representaría una fuente de ingreso alterna para el agricultor.

CAPÍTULO II

ESTABLECIMIENTO DE PLÁTANO (*Musa acuminata* x *balbisiana*, AAB) EN UN SISTEMA INTEGRADO CON LEGUMINOSAS.

1. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa acuminata* x *balbisiana*), nativo del sudeste asiático y de la familia Musaceae, es considerado uno de los cultivos de gran importancia en todo el mundo (Barret, 1925). Alrededor del 85% de la producción mundial del plátano proviene de parcelas relativamente pequeñas o huertos familiares (FAO, 2011). En el trópico es considerado como alimento básico, siendo una importante fuente de ingresos (Rengifo, 2003). Los cultivos de plátano y guineo ocupan los primeros lugares de producción en la Isla ya que las condiciones ambientales facilitan su producción, adaptándose a un alto nivel de tecnología con mínima mecanización (Alvarado y Diaz, 2007)

Según las características fisiológicas y morfológicas del plátano se considera una planta protectora del suelo según las cantidades de materia orgánica que puede aportar (Belalcázar et al., 1991). A pesar de ello, los rendimientos de este cultivo deben ser mejorados utilizando técnicas agroambientales. Tanto el guineo como el plátano pueden ser cultivados bajo diferentes sistemas de producción, ya sea como monocultivos o en sistemas agroforestales (Stover y Simmonds, 1987). En Puerto Rico la variedad de plátano más utilizada es 'Maricongo', produciendo alrededor de seis manos por racimo, lo que resulta ser entre 50 a 55 frutas por racimo tipo cuerno (Irizarry et al., 2002). Este fruto es el resultado del cruce entre *Musa acuminata* (AA) x *Musa balbisiana*

(BB) un híbrido triploide (Irish et al., 2009; Irizarry et al., 1995). Debido que el 90% de la producción de plátano en la isla pertenece a la variedad 'Maricongo', el Departamento de Agricultura Federal ha realizado estudios en base a la producción de esta variedad (Adams, 1995).

Lamentablemente, este sector agrícola a través de los años ha incurrido en malas prácticas ocasionadas por la agricultura convencional y los factores ambientales en el trópico. La pérdida de recursos como el suelo a través de la erosión han alterado los componentes físico, químicos y biológicos del suelo y por ende reduce la producción (Rosales et al., 2008). Existen otros factores limitantes como lo son las malezas, insectos, bacterias y hongos que también afectan significativamente causando pérdidas económicas (Alvarado y Díaz, 2007). Como estrategia para enmendar o aminorar estos problemas se debe fomentar el uso de cultivos de cobertura (Terry, 1996). Estudios realizados en México, utilizando plantas de cobertura en plátano, han ayudado a mejorar la calidad del suelo, reducir problemas de plagas e incrementar la producción del cultivo (Gutiérrez et al., 2002). Es por ello que nuestra investigación buscará obtener buenos resultados al intercalar o utilizar leguminosas como canavalia y maní forrajero en una siembra de plátano.

2. OBJETIVOS

- a) Comparar los efectos que presentan los sistemas integrados con leguminosas tales como: canavalia, (*Canavalia ensiformis*) y maní forrajero (*Arachis pintoï*) sobre el control de malezas.
- b) Estudiar el aporte de nitrógeno y materia orgánica de ambas leguminosas en el suelo y en una siembra convencional con plátano 'Maricongo'.
- c) Evaluar los rendimientos obtenidos para un sistema integrado con canavalia y maní forrajero con tres niveles de fertilización en una siembra de plátano y compararlos con una siembra convencional.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Establecimiento de los cultivos

3.1.1 Localización

El experimento se realizó en los años 2014 y 2015 en la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Isabela perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Puerto Rico. La Estación Experimental está situada al noroeste de Puerto Rico a una latitud de 18° 30' norte y longitud 67° oeste. La temperatura promedio de la zona es de 25° C, fluctuando entre 19 y 30° C. La precipitación promedio ronda los 1,675 mm a través de todo el año, siendo característico de esta zona que se encuentra a 128 metros sobre el nivel del mar. Según reportes el mes mas lluvioso durante los pasados 30 años ha sido mayo (Fig 6). El orden de suelo representativo de la estación es un Oxisol, específicamente serie Coto, fine, kaolinitic, isohyoertermic y tupoc eustrustox (Beinroth et al., 2002).

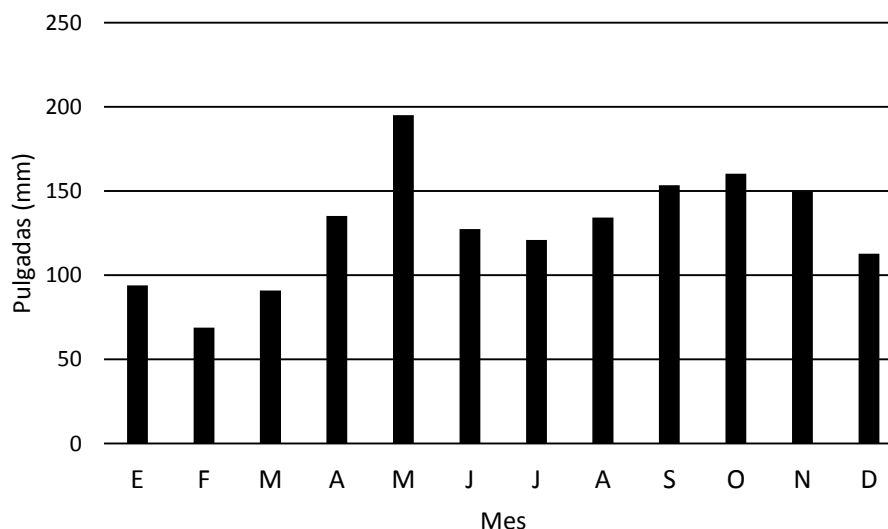


Figura 6. Precipitación promedio mensual (mm) en los pasados 30 años en Isabela, PR.

3.1.2 Diseño experimental

El diseño del experimento fue un DCA (diseño completo al azar) con cuatro repeticiones y tres tratamientos que fueron; canavalia, maní forrajero y manejo convencional, donde este último no contaba con cobertura. La orientación del experimento estuvo distribuido en tres parcelas de norte a sur que se repitieron cuatro veces de este a oeste, cada parcela contaba con tres hileras de plátano.

3.1.3 Área y preparación del suelo

El espacio que se utilizó fue de 25.5 m de largo x 33 m de ancho (841.5m²), el suelo se preparó de forma tradicional utilizando un arado y una rastra. De este a oeste se distribuyeron 12 bancos separados uno de otro por 3 metros. Justamente en dicha zona, al igual que en toda la Estación Experimental de Isabela, predominó grandemente el pasto Johnson (*Sorghum halepense*). Este pasto es una maleza agresiva y perjudicial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos debido a su alta competencia. Anteriormente el predio utilizado se encontraba cultivado por yautía (*Xanthosoma sagittifolium*) y también habichuela (*Phaseolus vulgaris*).

3.1.4 Muestreo de suelo

Antes de haber establecido el experimento en la zona delimitada se tomaron muestras de suelo lo más uniforme posible para que fuera representativo a todo el predio. Para ello fue necesario utilizar un barreno para recolectar una muestra de aproximadamente 500 a 600 gramos de suelo y cada muestra se tomó en forma de cuadrícula (0-15cm). Ésta fue analizada en el laboratorio realizando

las pruebas pertinentes para determinar pH, materia orgánica, nitrógeno y otros nutrientes en el suelo.

3.1 5 Establecimiento y siembra

La siembra del plátano se realizó de forma manual, para ello se utilizaron 216 cormos de plátanos sin ningún tratamiento químico de la variedad 'Maricongo'. Cada parcela tenía 3 hileras con 6 cormos por hilera para un total de 18 cormos por parcela. Los plátanos estuvieron separados unos de otros por 3 m entre hilera y 1.5 m entre plantas. En cada extremo de la hilera central se establecieron las leguminosas el mismo día que el plátano. Se realizó una siembra directa de la semilla de canavalia a una distancia de 15.24 cm entre plantas y 0.60 m entre hilera, mientras que el maní se colocó en grupos continuos de rizomas distribuidos en las 3 hileras, cada una a una distancia de 60 cm. Cabe mencionar que las 3 hileras de plátano tuvieron sembrado entre cada corno las leguminosas antes mencionadas.

3.2 Fertilización y aplicaciones

Según estudios el cultivo del plátano requiere grandes cantidades de nitrógeno y potasio, mientras que nutrientes como magnesio y fósforo la planta los requiere en menores cantidades (Irizarry et al., 1995). El fertilizante que se utilizó fue sulfato de amonio 21-0-0-24 (S) a los 2 meses de establecido el cultivo, siendo aplicado uniformemente alrededor del corno. Se utilizaron al azar 3 niveles de fertilización para cada una de las parcelas y las tres hileras de 6 plantas. Los niveles de fertilización fueron 388 g (Nivel 1), 250 g (Nivel 2) y 144 g (Nivel 3). La siguiente numeración 15-5-10-3 corresponde a N, P₂O₅, K₂O, MgO se utilizó a los

5 y 8 meses realizando los mismos niveles de fertilización mencionados anteriormente. Estas concentraciones se utilizaron hasta los 9 meses de establecida la siembra, pero en caso de continuar hasta la etapa de producción luego de los 9 meses se utilizarán un fertilizante 10-5-20-3 (N, P₂O₅, K₂O, MgO).

3.3 Manejo cultural de Sigatoka

Se realizó un control cultural para la sigatoka cortando las hojas que mostraron síntomas de esta enfermedad y colocándolas con el haz de la hoja de cara al suelo para evitar su propagación en la siembra. A los cinco meses de establecido el plátano se evaluaron los daños causados por Sigatoka que de haber sido necesario se debió utilizar un plan de rotación con los siguientes productos Tilt®, Scala® y Abbound.

4. FACTORES A MEDIR

4.1 Estimación de aportación de nitrógeno y cobertura de leguminosa

4.1.1 Aportación de N de las leguminosas

Para determinar el N de las leguminosas, se tomaron sub-muestras de plantas completas entre 500-600 g, de la hilera central de cada tratamiento. Las sub-muestras se secaron en un horno durante 48 horas a 65°C y se molieron hasta lograr partículas finas. El procesamiento de las muestras y análisis se realizaron en el Laboratorio de Química de la Estación de Investigaciones en Agricultura Tropical del USDA. Se analizó el N total de las leguminosas, acorde con el método de Kjeldahl, usando bloques de digestión y vapor de destilación

(Foss, 2002). Finalmente, se estimó la aportación de N (Kg/ha) de cada leguminosa [%N x producción de biomasa (Kg/ha)].

4.1.2 Cobertura de la leguminosa

Utilizando un marco de metal (1m²) dividido en cuadrículas, se tomaron datos de cobertura cada 3, 6, 9 y 12 semanas de haberse establecido la siembra. La cobertura se estimó según el espacio ocupado por la leguminosa en cada uno de los recuadros a través del tiempo. Desde la primera toma de datos se colocaron banderines para identificar y utilizar el mismo punto para todas las semanas asignadas.

4.1.3 Biomasa de malezas

La producción de biomasa en las malezas se midió cada 60 días en cuatro puntos de muestreo de cada tratamiento utilizando un cuadrante de 0.25 m². El corte se realizó desde la superficie del suelo y se pesaron en materia fresca para luego ser secadas en un horno durante 48 horas a 65°C. Finalmente, se tomó la materia seca y se calculó el promedio para ser expresada en Kg MS/ha/tratamiento (Ramos-Hernández et al., 2011).

4.1.4 Crecimiento vegetativo del plátano

Entre los parámetros de crecimiento vegetativo del plátano que se midieron se encuentran: altura, diámetro, hojas funcionales, número de brotes, tiempo de floración y cosecha. En cuanto a la altura y diámetro del pseudotallo, se midieron a los dos, cinco y ocho meses, al igual que a inicios de floración (Irizarry et al., 2002). La altura fue medida desde la base de la planta hasta el punto donde el racimo emerge y el diámetro alrededor de 0.50 m a los tres meses, después se

determinó a un metro sobre el nivel del suelo. Con respecto al número de brotes (hijos de espada y agua) y el número de hojas funcionales, se contabilizaron cuando el racimo brotó. Finalmente, se calcularon los días desde la siembra hasta la floración y cosecha. Además, los días desde floración hasta cosecha (Irizarry et al., 2002; Al-Busaidi, 2013; Shiyam y Bello, 2011).

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.1®) (SAS, 2009). Se realizaron contrastes ortogonales entre los tratamientos: mani + canavalia vs. convencional, maní forrajero vs. canavalia.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Control de malezas

La maleza predominante en el área experimental fue pasto Johnson (*Sorghum halepense*), aunque también se identificó pequeñas cantidades de *Amaranthus hybridus*, *Commelina diffusa*, *Eleusine indica* y *Echinochloa colona*. Específicamente *Sorghum halepense* resultó muy competitivo en espacio para el manejo convencional y el uso de maní forrajero, comportándose de igual forma en ambos tratamientos. Estos presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$) con canavalia obteniendo rendimientos de materia seca de malezas de 3,662 y 3,591kg/ha, respectivamente. El porcentaje de cobertura del maní se afectó debido al rápido crecimiento y diversas formas de propagación del pasto Johnson, reduciendo la capacidad de esta leguminosa y haciendo infructuoso su establecimiento. Canavalia no presentó ningún inconveniente cubriendo el 100 por ciento de la superficie del suelo a partir del tercer mes y compitiendo satisfactoriamente contra las malezas. Se ha reportado que el maní forrajero se adapta a suelos ácidos de mediana fertilidad y textura franca-arcillosa con alta saturación de aluminio (Argel y Villarreal, 1998). Precisamente características como estas prevalecen en los suelos de Isabela utilizados para la siembra del experimento. Además de las malezas, la combinación plátano y maní pudo ser perjudicial para esta leguminosa, se ha demostrado que el plátano posee una gran captación de radiación fotosintética o captación de luz incidente a través de sus hojas, esto disminuye la radiación aprovechable para maní forrajero (Cayón Salinas, 2004). Estudios en Perú con *Arachis pinto* mostraron una cobertura de

98% a los 7 meses, considerándose un cultivo tardío que debe establecerse previo al cultivo de interés (Puertas et al., 2008).

6.2 Análisis de suelo

Al inicio de establecer el experimento se realizó un muestreo de suelo general para obtener muestras representativas del predio. El nivel de pH obtenido fue 4.22, resultando ser ácido como era de esperar para un suelo de orden oxisol. El porcentaje de materia orgánica (MO) y nitrógeno (N) fue 2.60 y 1.51, respectivamente. Anteriormente dicho predio había sido utilizado para la siembra de yautía (*Xanthosoma sagittifolium*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris*). Una vez establecido el experimento y pasado 10 meses se volvió a realizar un muestreo para cada una de las parcelas de los respectivos tratamientos. Los niveles de pH, materia orgánica y concentración de nitrógeno mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la implementación de canavalia y los otros 2 tratamientos (manejo convencional y maní forrajero) independientemente el nivel de fertilización utilizado según se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Análisis final para pH, aportación de materia orgánica y concentración de nitrógeno en siembras de Plátano 'Maricongo' integrando leguminosas y manejo convencional en Isabela, PR

Tratamientos	Nivel de fertilización	pH (CaCl ₂)	Materia Orgánica (%MO)	Concentración de N (%)
Canavalia	1 ²	4.74 ^{b3}	3.03 ^b	2.14 ^c
Canavalia	2	4.75 ^b	2.98 ^b	2.13 ^c
Canavalia	3	4.68 ^b	2.96 ^b	2.08 ^c
Maní	1	4.20 ^a	2.65 ^a	1.73 ^b
Maní	2	4.22 ^a	2.71 ^a	1.52 ^a
Maní	3	4.21 ^a	2.69 ^a	1.55 ^a
MC ¹	1	4.19 ^a	2.67 ^a	1.58 ^a
MC	2	4.24 ^a	2.73 ^a	1.52 ^a
MC	3	4.20 ^a	2.68 ^a	1.52 ^a
Error Estándar		0.03	0.05	0.03

¹Manejo convencional ²Nivel 1 (388g), Nivel 2 (250g) y Nivel 3 (144g)

6.3 Altura de plantas y diámetro de pseudotallos

La toma de datos para altura se realizó en tres periodos, durante el segundo, quinto y octavo mes a partir de la siembra, correspondientes a los meses de enero, abril y julio. Respecto las precipitaciones, se informó un total de 3.11 pulgadas de lluvia con 2.56 pulgadas por debajo de lo usual (NOAA, 2015). La integración de cultivos de cobertura busca proveer una cubierta de residuos que conserven la humedad y regulen la temperatura para reducir problemas de sequía como estos (Lal,1990). Durante las primeras 3 semanas del experimento se utilizó un sistema de riego aéreo, siendo otro factor limitante para la plantación, no fue hasta finalizado el mes de noviembre que se incorpora el riego por goteo y se empiezan a ver mejorías en el desarrollo vegetativo de las plantas. A pesar de estos percances no se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las alturas del plátano del primer muestreo, no así durante el quinto y octavo mes de la siembra. Como era de esperar se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre niveles de fertilización bajo un mismo tratamiento (maní y manejo convencional), logrando alturas mayores para el nivel 1, establecido según Furcal-Beriguete y Barquero-Badilla (2014). Respecto al tratamiento canavalia, este alcanzó medidas mayores bajo el segundo nivel de fertilización, mostrando una posible respuesta a la leguminosa. La diferencia en altura resaltó más aún para el octavo mes donde nuevamente aquellas plantas con canavalia, mostraron una diferencia significativa ($p < 0.05$) notable en comparación al resto de los tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Alturas promedio de plátano en diferentes tratamientos y niveles de fertilización durante 3 periodos de muestreos en Isabela, Puerto Rico.

Tratamientos	Nivel de fertilización	Altura promedio de plantas por tratamiento (m)		
		Segundo mes	Quinto mes	Octavo mes
Canavalia	1 ¹	0.67 ^{a3}	1.30 ^{bc}	2.35 ^{bc}
Canavalia	2	0.68 ^a	1.33 ^c	2.46 ^c
Canavalia	3	0.64 ^a	1.23 ^{bc}	2.29 ^b
Mani	1	0.64 ^a	1.14 ^b	2.12 ^a
Mani	2	0.62 ^a	1.08 ^a	2.08 ^a
Mani	3	0.60 ^a	1.08 ^a	2.06 ^a
MC ¹	1	0.60 ^a	1.15 ^b	2.10 ^a
MC	2	0.57 ^a	0.99 ^a	2.06 ^a
MC	3	0.60 ^a	0.93 ^a	2.02 ^a
Error Estándar		0.02	0.06	0.09

¹Manejo convencional

²Nivel 1 (388g), Nivel 2 (250g) y Nivel 3 (144g)

³Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes según LSD ($p>0.05$)

Los resultados en diámetro se asemejan a los datos obtenidos en altura para el tratamiento canavalia. Estos guardan cierta simetría en cuando su desarrollo, mostrando pseudotallos de mayor grosor a partir del quinto mes donde se obtuvo diferencia significativa ($p<0.05$) con el nivel de fertilización 2 (Tabla 7). Conjuntamente plantas bajo este tratamiento durante el octavo mes fueron significativamente diferentes ($p<0.05$) sobre el manejo convencional y la integración de maní forrajero, promediando 11.39 cm de diámetro en sus tres niveles de fertilización. Según Ghavami (1976) existe una correlación positiva entre la calidad del suelo, desarrollo vegetativo y aumento el peso de racimo según el diámetro del pseudotallo.

Tabla 7. Diámetro de plátano en diferentes tratamientos y niveles de fertilización durante 3 periodos de muestreos en Isabela, Puerto Rico.

Tratamientos	Nivel de fertilización	Diámetro promedio de pseudotallo por tratamiento (cm)		
		Segundo mes	Quinto mes	Octavo mes
Canavalia	1 ²	5.05 ^{a3}	7.77 ^b	11.08 ^b
Canavalia	2	5.18 ^a	8.30 ^c	11.85 ^b
Canavalia	3	4.87 ^a	7.46 ^{ab}	11.24 ^b
Maní	1	4.54 ^a	7.48 ^{ab}	9.40 ^a
Maní	2	4.92 ^a	7.36 ^{ab}	9.38 ^a
Maní	3	4.63 ^a	7.33 ^{ab}	9.29 ^a
MC ¹	1	4.19 ^a	7.46 ^{ab}	9.38 ^a
MC	2	4.48 ^a	7.27 ^{ab}	9.41 ^a
MC	3	4.63 ^a	7.05 ^a	9.25 ^a
Error Estándar		0.50	0.41	0.54

¹Manejo convencional

²Nivel 1 (388g), Nivel 2(250g) y Nivel 3(144g)

³Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes según LSD ($p>0.05$)

6.4 Peso de racimo

Se encontró diferencia significativa ($p< 0.05$) en peso de racimo para los niveles 1 y 2 de fertilización con canavalia, demostrando obtener mejores rendimientos que el resto de los tratamientos (Tabla 8). Estudios previos además de señalar un aumento en productividad al integrar leguminosas con plátano, muestran la reducción entre días de siembra y días de cosecha (Azevedo et al., 2006) Esta aportación no suele suceder siempre al integrar cualquier leguminosa, se ha reportado que el uso de *Stylosanthes guianensis* y *Centrosema plumieri* no representa un aumento en rendimientos cuando se compara con un manejo tradicional (Gutierrez et al., 2002). Inclusive la integración de ciertas leguminosas puede resultar perjudicial debido a sus efectos alelopáticos que llegan a inhibir el crecimiento radicular (Bradow y Connick, 1998).

Tabla 8. Peso promedio de racimo en plátano para diferentes tratamientos y niveles de fertilización en Isabela, Puerto Rico.

Tratamientos	Nivel de fertilización	Peso promedio de racimo por tratamiento (kg)
Canavalia	1 ²	14.73 ^{b3}
Canavalia	2	14.74 ^b
Canavalia	3	10.76 ^a
Maní	1	10.68 ^a
Maní	2	10.48 ^a
Maní	3	10.65 ^a
MC ¹	1	11.03 ^a
MC	2	10.59 ^a
MC	3	10.57 ^a
Error Estándar		1.12

¹Manejo convencional

² Nivel 1 (388g), Nivel 2 (250g) y Nivel 3 (144g)

³Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes según LSD ($p>0.05$)

7. CONCLUSIÓN

En este estudio se observa la capacidad y limitaciones según su morfología de dos leguminosas como plantas de cobertura en un sistema integrado con plátano. La leguminosa canavalia demostró ser muy competitiva para el control de pasto Johnson debido a su rápido crecimiento, mientras el maní forrajero apenas pudo establecerse. Es por ello que canavalia fue el único tratamiento en controlar las malezas en su totalidad, abarcando el 100% de la superficie del suelo a partir del tercer mes. Respecto el análisis de suelo, maní forrajero no mostró tener diferencia significativa ($p > 0.05$) con el manejo convencional (control), obteniendo el mismo patrón de desarrollo para el plátano. El pobre desempeño del maní forrajero fue influenciado por la alta captación lumínica del plátano, reduciendo el aprovechamiento de luz por esta otra leguminosa. Cercana la etapa de producción los tres niveles de fertilización junto canavalia mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) sobre los otros 2 manejos, obteniendo medias para altura y diámetro de pseudotallo de 2.36 m y 11.39 cm respectivamente. Aunque los pesos por racimo en los niveles de fertilización 1 (388g) y 2 (250g) con canavalia fueron iguales, es evidente que la planta logró mejores rendimientos bajo esta combinación, donde inclusive se observó una correlación entre diámetro de pseudotallo y peso de racimo. La integración de canavalia podría representar un sustituto parcial de fertilizantes nitrogenados para el cultivo de plátano debido a su capacidad fijadora de nitrógeno.

8. LITERATURA CITADA

- Abreu, E. 1994. Insectos de la papaya y prácticas de control. En Foro: Cultivo, Producción y Manejo de Papaya (Estación Experimental Agrícola de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, 1994). Memorias. Aguadilla, Puerto Rico. p. 58-62.
- Adams, S. 1995. Mayagüez lab helps farmers in the tropics. Agricultural Research Magazine. 3 p.
- Adsuar, J. 1947. Studies on virus diseases of papaya (*Carica papaya*) in Puerto Rico: I Transmission of papaya mosaic. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 31(3):248-256.
- Aguilar-Ruiz, G., Ávila-Quezada, G., Barrios-Díaz, B., Chavarín-Palacios, J., Cristóbal-Alejo, J., González-Medina, R., Gutiérrez-Ayala, H., Hernández-Martínez, M., Higuera-Salazar, V., Jaraba-Navas, J., Monsiváis-Loza, Y., Mora-Aguilera, G., Muñoz-Rodríguez, R., Ramírez-Suárez, A., Rivas-Valencia, P., Romero-Hijo, R. y Tovar-Soto, A. 1999. Patrones espaciales de la incidencia de la mancha anular y su efecto en el tamaño y esquemas de muestreo. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, X Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México. p. 286.
- Al-Busaidi, K. 2013. Effects of organic and inorganic fertilizer addition on growth and yield of banana (*Musa* AAA cv. Malindi) on a saline and non-saline soil in Oman. Journal of Horticulture and Forestry 5(9):146-155.
- All, J. 1999. Cultural approaches to managing arthropod pests. In Ruberson, JR. ed. Handbook of pest management. New York, US, Marcel Dekker. p. 395-415
- Altieri, M. A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Haworth Press, N.Y. p. 185
- Altieri, M. 2001. Agroecología: Principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Universidad de California, Berkeley. p. 27-33.
- Alvarado, A. y Díaz, M. 2007. Guía práctica de plagas y enfermedades en plátano y guineo. Servicio de Extensión Agrícola Colegio de Ciencias Agrícolas Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 1p.
- Anderson, S. Ferraes, N. Gundel, S. Keane, B. y Pound, B (Eds.) 1997. Cultivos de Cobertura: Componentes de sistemas integrados. Taller Regional Latino-Americano. 3-6 de Febrero 1997. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

- Andrade, O. y Rodríguez, O. 2002. Actividad de los enemigos naturales de plagas en barreras vivas asociadas con tabaco. *Bioagro* 14(3):123-133.
- Arenas, L; Ávila, C; Cárdenas, E; Etchévers, J; Flores, C; García, E; González, V; Matheis, L; Mora, A; Mora, G; Nieto, D; Riestra, D; Téliz, D; Velásquez, J; Villanueva, J. 1992. La virosis del papayo en Veracruz: Etiología y control. Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz (5, 1992). Resultados y Avances de Investigación. Veracruz, Mexico. p. 62-71.
- Argel, J.P. y Villareal, C.M. 1998. Cultivar Porvenir: Nuevo Maní Forrajero Perenne (*Arachis pintoi* Krap. y Greg. nom. nud., CIAT 18744) Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Boletín técnico 32.
- Armenta, A., García, C., Camacho, J., Apodaca, M., Montoya, L. y Nava, E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai* 6:51-56.
- Azevedo, J., Marinho, J., Perin, A., Grandi, M., Lopes, D., Urquiaga, S. y Nei, R. 2006. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. *Pesq. Agropec. Bras.* 41(3):415-420.
- Baca, B., Soto, L. y Pardo, M. 2000. Fijación biológica de nitrógeno. *Elementos* 38:43-49.
- Barret, O. 1925. The food plants of Puerto Rico. *J. Dept. Agric. P.R.* 9(2):170-174.
- Bastidas Romero, J.A. 2007. Uso y manejo del fertilizante orgánico gallinazo. Efectos sobre el ambiente y la salud de la población rural, Estado Trujillo-Venezuela. *Geoenseñanza*, Enero-Junio, 65-80.
- Bayot, R.G. Villegas, V.N. Magdalita, P.M. Jovel-Lana, M.D. Espino, T.M. y Exconde, S.B. (1990). Seed transmissibility of papaya ringspot virus. *Philippine Journal of Crop Science* 15:107-111.
- Beinroth, F., Engel, R., Lugo, J., Santiago, C., Ríos, S. y Brannon G. 2002. Updated taxonomic classification of the soils of Puerto Rico. Bulletin 303. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. College of Agricultural Sciences Agricultural Experiment Station. San Juan, Puerto Rico. 38 p.
- Belalcázar, S. Cayón, G. y Lozada, J.E. 1991. Ecofisiología del cultivo. En: Belalcázar, S. (ed.). El cultivo del plátano en el trópico. ICA-INIBAP-CIID-COMITECAFE Quindío. Feriva, Cali. p. 91-109.

- Bengtsson, J., Ahnström, J. y Weibull, C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42:261-269.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- Blackman R.L. y Eastop V.F. 2000. Aphids on the world's crops. An identification and information guide. John Wiley Chichester, UK.
- Blanchart E, Villenave C, Viallatoux A , Barthes B, Girardin C, Azontonde A, Feller C. 2006. Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in southern Benin. *European Journal Soil Biology* N0 42. 136:144.
- Bradow, J.M. y Connick, W.J. Jr 1998 Inhibition of cotton seedling root growth by rhizosphere volatiles. In: Proceedings, Beltwide Cotton Products Research Conference. Memphis, Tennessee: National Cotton Council.
- Briaden T., Camejo O. y W. Rivero Y.W.1986. El uso del cheese cloth en papaya como protección contra fitopatógenos y adversidades climáticas. Principales resultados de las investigaciones obtenidos durante el año. ENF. MINAGRI. Cuba. p. 1-3.
- Bogantes, A. y Mora, E. 2004. Factibilidad técnica de la utilización de cobertura vegetal en papaya (*Carica papaya*) mediante la aplicación localizada de herbicidas. *Agronomía Mesoamericana* 15(2):193-199
- Bogantes A. y Mora, E. 2006. Validación del rendimiento del híbrido de papaya "Pococi" (*Carica papaya*) en el Caribe de Costa Rica. *Revista Alcances Tecnológicos* 4 (1):53-58.
- Burkhill, I.H. 1968. A Dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Cahn, M.D., Boulding, D.R., Cravo, M.S. y Bowen, W.T. 1993. Cation and nitrate leaching in an oxisol of the Brazilian Amazon. *Agron. J.*, 85: 334-340
- Camal- Maldonado, J., Jiménez-Osornio, J., Torres-Barragán, A. y Anaya, A. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy Journal* 93: 27-36.
- Carlo, S. 2009. Promoting the use of tropical legumes as cover crops in Puerto Rico. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico. 79 p.

- Cayón Salinas, D. 2004. Eco fisiología y productividad del plátano *Musa AAB Simmonds*. p. 172- 183. In: XVI Reunión internacional ACORBAT 2004, Oaxaca, México
- Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. National Chung Hsing University, Taiwan. 11 p.
- Cintra, F.L.D. y Borges, A.L. 1988. Use of a legume and a mulch in banana production systems. *Fruits*.43(4) 211-217.
- Coelho Filho, M.A; Ferreira, E.; Lopez, J. 2006. Uso de transpiração máxima do mamoeiro para o manejo de irrigação por gotejamento em regiões úmidas e sub-úmidas. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura (Documentos/ Embrapa Mandioca e Fruticultura, 162) 30 p
- Colegate, S., D. Gardner, R. Joy, M. Betz y E. Panter. 2012. Dehydropyrrolizidine alkaloids, including monoesters with an unusual esterifying acid, from cultivated *Crotalaria juncea* (Sunn Hemp cv. 'Tropic Sun'). *J. Agric. Food Chem.* 60:3541- 3550
- Combatt, E.M., G. Martínez, y J. L. Barrera. 2004. Efecto de la interacción de N y K sobre las variables de rendimiento del cultivo de plátano (*Musa AAB Simmonds*) en San Juan de Uraba-Antioquia. *Rev. Temas Agrarios* 9:5-12.
- Contreras, M.R. y Hernández, R.O. 1998. Evaluación de siete variedades de papaya en la región Huasteca. IX Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Conkal, Yucatán, México. 126 p.
- Cook, MT. 1931. New virus diseases of plants in Porto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 15:193-195.
- Córdova, E. 2010. Guia tecnica del cultivo de la papaya. Consultado el 11 de marzo del 2015. Disponible en <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&qintitle:Guia+tecnica+del +cultivo+de+la+papaya#0>.
- Creamer, N. y Baldwin, K. 2000. An evaluation of summer cover crops for use in vegetable production systems in North Carolina. *HortScience*35(4):600-603.
- Croft, B. A.1990.Arthropod biological control agents and pesticides. J. Wiley and Sons, New York. 235 p
- Davis, MJ y Ying, Z. 1999. Genetic diversity of the papaya ringspot virus in Florida. *Proceedings Florida State Horticultural Society* 112:194-196.

- Davis, M. Y., J. B Kramer, F. H. Ferwerda y Brunner, B.R 1996. Association of a bacterium and not a phytoplasma with bunchy top disease. *Phytopatology* 86:102-109.
- Doorenbos, J. y Kassam, A.H. 1980. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio de Riego y Drenaje N° 33. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio de Riego y Drenaje N° 24. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma.
- Espinosa, J., y S. Belalcázar. 1998. Fertilization of plantain in high densities.
- Estación Experimental Agrícola (EEA). 1987. Conjunto tecnológico para la producción de papaya. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 16 p.
- Eusse, B. J. 1994. Pastos y forrajes tropicales. 3era Edición. Banco Ganadero, Santa Fé de Bogotá, D. C., Colombia. p. 320-420.
- Evans, E. A. y Ballen, F. H. 2012. Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial. University of Florida. IFAS extensión. Consultado el 21 de marzo del 2015 <https://edis.ifas.ufl.edu/fe917>
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2011. Buenas prácticas: Barreras vivas. SERVIPRENSA. Guatemala. 6 p.
- FAOSTAT, 2013. Producción y rendimiento de cultivos en Puerto Rico (en línea). Consultado el 4 de noviembre del 2013. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S>
- Fariñas, M. E. 1990. Principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de la papaya en Cuba. CIDA, La Habana. 32 p.
- Flint, M. L., y Roberts, P. A, 1989, Using crop diversity to manage pest problems: Some California examples, *American Journal of Alternative Agriculture* 3:164–167.
- Folorunso, O.A., Rolston, D.E., Prichard T. y Louie, D.T. 1992. Cover crops lower soil surface strength, may improve soil permeability. *California Agriculture*, 46. (6): 26-27.
- Foss, T. 2002. The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation. Application Note. Höganäs, Sweden. 20 p.
- Furcal-Beriguete, P. y Barquero-Badilla, A. 2014. Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana* 25(2):267-278.

- García E, R., Quiroga M, R. y Granados A, N. 1994. Agroecosistemas de productividad sostenida de maíz, en las regiones cálido húmedas de México. En: Thurston, Smith, Abawi, Kearl. (eds) Tapado: los sistemas de siembra con cobertura. CATIE y CIIFAD. p. 97-108.
- García de la Cruz, R., García Espinosa, R., Rodríguez Guzmán, M., González Hernández, H. y Palma López. 2006. Efecto de la rotación con leguminosas sobre la productividad del cultivo de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) y cultivos intercalados en Tabasco, México. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 77:32-37.
- García, F., Ernst, O., Siri, G. y Terra, J. 2004. Integrating no-till into crop–pasture rotations in Uruguay. Soil & Tillage Research 77:1–13.
- Ghavami, M. (1976). Banana response to watertable levels. Transactions of ASAE 19(14):675-677.
- GIIP (Grupo Interdisciplinario e Interinstitucional de Investigación en Papayo).1992. La virosis del papayo en Veracruz: Etiología y control. V Reunión científica del sector agropecuario y forestal del Estado de Veracruz. Veracruz, México. p. 6362-71.
- Goenaga, R. y Irizarry, H. 2001. Yield and fruit quality of papaya cultivars grown at two locations in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 85:127-134.
- Goenaga, R. y Irizarry, H. 2006. Yield performance of two French-type plantain clones subjected to bunch pruning. J. Agric. Univ. P.R. 90(3-4):173-182.
- Gonzalez-Hernandez, V.1994. Effect of papaya ringspot virus on leaf gas exchange rates of papaya. Revista Mexicana de Fitopatología 12:174-177.
- Guerrero, M. 2010. Guía técnica del cultivo del plátano. Programa MAG-CENTA-Frutales. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova), El Salvador.
- Gutiérrez, I., Pérez, G., Benega, R. y Gómez, L. 2002. Coberturas vivas de leguminosas en el plátano (*Musa* spp.) FHIA 03. Cultivos Tropicales 23(3):11-17.
- Hartwing, N. 2002. Cover crops and living mulches. Weed Science 50:688-699.
- Hernández, E. 2001. Comportamiento del virus de la mancha anular del papayo, bajo tres sistemas de manejo en el cv. 'Maradol Roja', en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Tesis Maestría, Veracruz, Mexico, Colegio de Postgraduados. 93 p.

- Hernández, R. 1994 Estudio sobre el virus de la mancha anular de la fruta bomba (*Carica papaya* L.). Señalización de vectores y control e integración con otras medidas fitosanitarias. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. IBP, Universidad Central 'Marta Abreu' de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Herrera, S. 2012. Tabla de contenido. Boletín Unilibre. Consultado el 16 de enero del 2015. Disponible en <http://190.143.97.130/unilibrebaq/revistas2/index.php/boletinunilibre/article/view/>
- Higa, S.Y. y Namba, R. 1971. Vectors of the papaya mosaic virus in Hawaii. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 21:93-96.
- Hurtado, L., Núñez, A., Quintana, G. y Rodríguez, Y. 2006. Actividad de los enemigos naturales de plagas en barreras vivas asociadas con tabaco. Centro Agrícola 33: 45-50.
- Inderjit, K. y Keating, I. 1999. Allelopathy: Principles, procedures, processes and promises for biological control. Adv. Agron. 67:141-231.
- Irish, B., Crespo, A., Goenaga, R., Randall, N. y Ayala, T. 2009. Ploidy level and genomic composition of *Musa* spp. accessions at the USDA-ARS Tropical Agriculture Research Station. J.Agric. Univ. PR. 93(1-2):1-21.
- Irish, B., Goenaga, R., Rios, C., Chavarria, J. y Ploetz, R. 2013. Evaluation of banana hybrids for tolerance to black leaf streak (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in Puerto Rico. Crop Protection 54:229-238.
- Irizarry, H., Rodríguez-García, J. y Díaz, N. 1995. Selection and evaluation of high yielding horn-type plantain clones in Puerto Rico: An explanation for their behavior. J. Agric. Univ. P.R. 69(3):407-420.
- Irizarry, H., Goenaga, R. y Chardón, U. 2002. Nitrogen fertilization in banana grown on a highly weathered soil of the humid mountain region of Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 86(1-2):15-26.
- Irizarry, H. y Goenaga, R. 1995. Yield and quality of 'Superplátano' (*Musa*, AAB) grown with drip irrigation in the semiarid region of Puerto Rico. J. Agric. Univ. PR. 79(1-2):1-11.
- Jensen, D.D. 1949 Papaya virus diseases with special reference to papaya ringspot. Phytopathology 39:191-211.
- Karlen, D.L., Carvel, G.E., Bullock, D.G. y Cruse, R.M. 1994 Crop rotations for the 21st century. Advances in Agronomy 53:1-45

- Lal, R. 1990. Soil erosion in the tropics: principles and management., McGraw-Hill. New York. p.367-375.
- Leon, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- Liebman, M. 1997. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable: Sistemas de policultivos. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Argentina. p.191-202.
- Lima R, Lima J, Sousa M, Pio-Ribeuro G y Andrade G. 2001. Etiología e estrategias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. Fitopatol. Bras 26:689-702.
- Mabberley, D. J. 1993. The plant book. A portable dictionary of the higher plants. Cambridge University Press. Londres. 707 p
- Marín, D.H. Romero, R.A. Guzmán, M y Sutton, T.B. 2003. Black sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. Plant Disease 87(3):208-222.
- Martin, G., Rouws, J., Urquiaga, S. y Rivera, R. 2007. Rotación del abono verde *Canavalia ensiformis* con maíz y micorrizas arbusculares en un suelo nitisól ródico éutrico de Cuba. Agronomía Tropical 57(4):313-321.
- Martínez, A. 1983. Ecología del Cultivo del Plátano. En: Memorias del I Seminario Internacional sobre el Plátano. Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia
- Martorell, LF. 1976. Annotated food plants catalog of the insects of Puerto Rico. Puerto Rico, University of Puerto Rico, Agricultural Experiment Station. Rio Piedras 303 p.
- McMillan, RT. 1993. Reoccurrence of papaya mosaic potexvirus in Florida. Proceedings Florida State Horticultural Society 106:146-147.
- McVay, K.A., Radcliffe, D.E. y Hargrove, W.L. 1989 Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirement. Soil science society of America Journal, 53(6): 1856-1862
- Melgar, R.J. 1989. Nitrogen utilization by annual crops in the central Amazon. Raleigh, NC, USA, North Carolina State University. (Ph.D. dissertation)
- Mena, V.J. 1997. Manejo agronómico y levantamiento de malezas prevalecientes en una plantación de plátano "Curraré" en la finca La Vega, en la región Huetar Norte. Tesis de Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos, Costa Rica

- Medina, S. y Franqui, R.A. 1999. La entomología económica en Puerto Rico. Insectos y ácaros de los frutales en Puerto Rico VI: Plagas de la papaya, *Carica papaya* L. Agrotemas de Puerto Rico 10(4):20-22.
- Mederos, D. C., Hernández, D. G., González, J. E., y Portal, O. 2013. Manejo de epifitias del Virus de la mancha anular de la papaya utilizando barreras de *Zea mays* L. en *Carica papaya* L. Revista De Proteccion Vegetal 28(2): 127-131.
- Millington S., Stopes C.E, Woodward L y Vogtmann H. 1990. Rotational design and the limits of organic systems – the stockless organic farm? BCPC Monograph No.45: Crop protection in organic and low input agriculture. p.163-173.
- Morales, R. 2006. Manejo de nemátodos fitoparasíticos utilizando productos naturales y biológicos. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico. 87 p.
- Morón, B., Soria, M., Ault, J., Verrolos, G., Noreen, S., Rodriguez, D., Gil, A., Oates, J., Megias, M. y Sousa, C. 2005. Low pH changes the profile of nodulation factors produces by *Rhizobium tropici* CIAT899. Chem. Biol. 12:1029-1040.
- Mortimer A. M. 1990. The biology of weeds. En: R.J. Hance y K. Holly (Eds.), Weed control handbook: Principles. pp 1-42. 8va edn. Blackwell Scientific Publications. New York.
- Mortvedt, J. 1996. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers. Fertilizer Research 3(1-3): 55-61
- Motisi, N., Tournebize, R. y Sierra, J. 2007. Evaluación del método de la abundancia natural ¹⁵N en la estimación del efecto de la transferencia de nitrógeno de la leguminosa *Canavalia ensiformis* (canavalia) sobre la nutrición nitrogenada de las planta asociada *Musa acuminata* (plátano). Cultivos Tropicales .28(1):77-83.
- Moya, C. y Varela, M. 1998. Los sistemas de policultivos, una alternativa sostenible para pequeñas unidades de producción. Cultivos Tropicales 19(1):56-60.
- Namba, R. y Kawanishi, CY. 1966. Transmission of papaya mosaic virus by the green peach aphid. Journal of Economic Entomology 59:669-671.
- Nandula, V., K. Reddy, S. Duke y D. Poston. 2005. Glyphosate-resistant weeds: Current status and future outlook. Outlooks on Pest Management p. 183-187.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2015. 2014 Climate review for Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands (en línea). Consultado el

28 de febrero del 2015. Disponible en
http://www.srh.noaa.gov/images/sju/climo/monthly_reports/2014/2014Climate_Review.pdf

- Negrete, A. 2013. Organic sweet pepper yield and soil microbial communities as affected by a commercial organic fertilizer and sunn hemp as a cover crop in Puerto Rico. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico. 71 p.
- Newcomer, E. M., Luis, C., y Quirós, L. 2010. Guía para la producción de la papaya en Costa Rica. Ministerio de agricultura y ganadería. p.21
- Ng, J.C.K y Perry K.L. 2004. Transmission of plant viruses by aphid vectors. *Molecular Plant Pathology* 5:505-511.
- Nieto-Angel, D., Téliz-Ortiz, D. y Matheis, T. L. 1991. Efecto del virus de la mancha anular del papayo en algunos parámetros de calidad de fruto. *Memorias del XVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Puebla, Puebla, México. p. 83.
- Paez, R.A.R. 2003. Manejo del virus de la mancha anular de la papaya en la región caribe colombiana. *Boletín Técnico* no. 8. Valledupar, Colombia. 10 p,
- Pantoja, A., Follet, P. y Villanueva, J.A. 2002. Pests of papaya. En Peña, J., Sharp, J. y Wysoki, M. (eds). *Tropical fruit pests and pollinators: Biology, economic importance, natural enemies, and control*. Londres, UK, CAB International. p. 131-156.
- Pantoja, A., Peña, J., Robles, W., Abreu, E., Halbert, S., Lourdes Lugo, M de, Hernández, E y Ortiz, J. 2005. Aphids associated with papaya plants in Puerto Rico and Florida. *J. Agric. Univ. P.R.* 90:99-107.
- Peña, E. 2005. Necesidades hídricas del banano y el plátano. [En línea] Consulta: diciembre de 2015. http://www.revistas.mes.edu.cu/eduniv/02-Libros-por-ISBN/959-16-0400/0349-Necesidades_Hidricas_Banano_Platano.pdf
- Pérez, A. y Ruiz, K. 2010. Evaluación de un sistema de policultivos de maíz dulce, habichuela, lechuga, rábano y yuca en el uso equivalente de terreno, ingresos y control de malezas en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 31 p.
- Pico, J. y Guadamud, N. 2004. Manejo de los principales problemas fitosanitarios en el cultivo de plátano.. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador 146 p.
- Pino, M., Terry, E. y Soto, F. 2003. Genotipos de tomate en policultivo con maíz y su efecto de la orientación de las hileras norte-sur y este-oeste. *Cultivos Tropicales* 24:9-13.

- Puertas, F.; Arévalo, E.; Zuñiga, L.; Alegre, J.; Loli, O.; Soplin, H. y Baligar, V. 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la amazonía Peruana. *Ecología Aplicada*. 7(1,2):23-28.
- Purcifull, D.E., Edwardson, J.R., Hiebert, E. y Gonsalves, D. 1984. Papaya ring spot virus. CMI/AAB. Descriptions of Plant Viruses N 292. Willingford, UK: CAB International
- Racchah, B., Huet H. y Blanc S. 2001. Potyviruses. En: Harris, K.F. Smith O.P. y Duffus J.E. (eds) Virus-insect plant interactions. pp.181-206. Academic Press, New York.
- Ramos-Hernández, E., Sol-Sánchez, A., Guerrero-Peña, A., Obrador-Olán, J. y Carrillo-Ávila, E. 2011. Efecto de *Arachis pinto* sobre las arvenses asociadas al plátano macho (*Musa* AAB), Cárdenas, Tabasco, México. *Agronomía Mesoamericana* 22(1):51-62.
- Ramos, R. y Ramos, J. E. 2002. Instrucciones técnicas para el cultivo de la papaya Maradol Roja. Manual técnico Ed. Empresa de Semillas. 34 p.
- Real, D., C.A. Labandera, y J.G. Howieson. 2005. Performance of temperate and subtropical forage legumes when over-seeding native pastures in the basaltic region of Uruguay. (Special issue: Application of rhizobial inoculants to Australian agriculture.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45:279-287.
- Rebuffo M, Bemhaja M, y Risso D. 2004. Utilization of forage legumes in pastoral systems : State of art in Uruguay. *Lotus Newsletter* 36:22-33.
- Rengifo, J. 2003. Bacterias asociadas al cultivo de plátano (*Musa* sp.) y su relación con el aborto del racimo. Mayagüez, Puerto Rico. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 103 p.
- Rezende, J.A.M. y Fancelli, M.I. 1997. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.). En: Kimati, H., Amorim, L., Bergamin Filho, A., Camargo, L.E.A. y Rezende, J.A.M. (eds.) Manual de Fitopatología. Volume 2: Doenças das plantas cultivadas. pp. 486-496.
- Rivas-Valencia., Mora-Aguilera., Téliz-Ortiz y Mora Aguilera,. 2003. Influencia de variedades y densidades de plantación de papayo (*Carica papaya* L.) sobre las epidemias de mancha anular. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21(2):109-116.
- Robles, W., Pantoja, A., Abreu, E., Ortiz, J., y Macchiavelli, R. 2006. El efecto de prácticas agronómicas sobre el nivel poblacional de áfidos y virosis en *Carica papaya* L. *Journal*. 77:38-43.

- Rodríguez-Gaviria, A.A, y Cayón, G. 2008. Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. *Agronomía Colombiana* 26(2):256-265.
- Rodríguez, H. 1984. Nutrición en frutales. *Psidium guajaba* y *Carica papaya*. Boletín de reseñas. Cítricos y otros frutales. CIDA. MINAGRI, Cuba. p. 27 - 51.
- Rosales, F., Alvarez, J. y Vargas, A. 2008. Guía práctica para la producción de plátano con altas densidades Experiencias de América Latina y el Caribe (F.E. Rosales, ed.). Biodiversity International. Montpellier, Francia. 24 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura). 2009. Manual de la rotación de cultivos. Dirección general de apoyos para el desarrollo rural. Mexico. 1-8 p.
- Santacruz, G. y Santacruz, E.E. 1995. Necesidades hídricas del cultivo del banano en El Soconusco, Chiapas, México.
- Sánchez-Sánchez, E. y Samaniego-Russo, A. 1998. Comportamiento fenológico de variedades de papayo en el sur de Sonora. Memorias del XVII Congreso de Fitogenética. Acapulco, Guerrero, México. p. 75.
- SAS. 2009. SAS user guide. Statistical Analysis Institute Inc. Cary,N.C.
- Sastry, P.S.N. 1988. Agrometeorology of the banana crop. Agricultural Meteorology Report N° 29. World Meteorological Organization.pp.14-20
- Semillas del Caribe. 2009. Especialistas en papayas. Consultado el 11 de enero del 2013. Disponible en línea : http://www.semilladelcaribe.com.mx/sc/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=2
- Shaefers, G.A. 1969. Aphid vectors of the papaya mosaic viruses in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 53:1-13.
- Shetty, S. y Rao, M. 1981. Weed management studies in pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) based intercropping. ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India. p. 655-672.
- Shiyam, J. y Bello, O. 2011. Response of plant and ratoon crop plantain to potassium fertilization in the tropical rain forest zone of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* 2(10):1351-1354.
- Skinner, E., Díaz, J., Phatak, S., Schomberg, H., y Vencil, W. 2012. Allelopathic effects of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) on germination of vegetables and weeds. *HortScience* 47 (1):138-142.
- Stover, R.H. y Simmonds, N.W. 1987. Bananas. 3 edición, Longman Scientific & Technical, Harlow, U.K.

- Summer, D. 1982. Crop rotation and plant productivity. En: Handbook of Agricultural Productivity. Vol I. CRC Press. . Florida
- Tennant, P, Ahmad MH, Gonsalves D (2005) Field resistance of coat protein transgenic papaya to Papaya ringspot virus in Jamaica. Plant Disease 80:841-847.
- Terra, F., Sales, C., Fernandez, E., y Grippa, S. 2003. Expressão sexual do mamoeiro sob diferentes laminas de irrigação na região norte Fluminense. Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal 25(3):383-385.
- Téliz-Ortiz, D., Mora-Aguilera, A., Nieto-Angel, D., Gonsalves, D., García-Pérez, E., Matheis, L. y Ávila-Resdendiz, C. 1991. Mancha anular del papayo en México. Revista Mexicana de Fitopatología 9:64-68.
- Terry, P. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo: Manejo de malezas y frutales (en línea). FAO Producción y Protección Vegetal. Consultado el 26 de octubre del 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s0k.htm>
- Tropical Forages. 2013. Especies Forrajeras Multipropósito: *Canavalia ensiformis* (L.) DC y *Cajanus cajan*. Consultado el 31 de marzo del 2013. Disponible en: <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Canavalia%20ensiformis.htm>
- Vázquez, L. 2007. Desarrollo del manejo agroecológico de plagas en los sistemas agrarios de Cuba. Fitosanidad 11(3):29-39.
- Villanueva, J.A. y Ortega, L.D. 1993. Cintas reflejantes contra áfidos alados vectores del virus de la mancha anular, en manejo integrado de papayo. Congreso Nacional de Horticultura (Veracruz, 1993). Programa Científico y Memoria. Veracruz, México. p. 104.
- Villanueva y Peña, R. 1991. Áfidos (Homoptera: Aphididae) colectados en “trampas amarillas de agua” en la planicie costera de Veracruz, México. Agrociencia, Serie Protección Vegetal 2(1):7-20.
- Zimmerman, TW. 1994. Papaya ringspot virus: A scourge to papaya production. En Foro: Cultivo, producción y manejo de papaya. Estación Experimental Agrícola de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. p. 38.