

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERIA AGRONÓMICA**



TRABAJO DIRIGIDO

“CONTROL DEL GUSANO DEFOLIADOR (*Erinnyis ello*, L.) CON EXTRACTOS NATURALES EN EL CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*, C.) EN EL MUNICIPIO DE PALOS BLANCOS, DEPARTAMENTO DE LA PAZ”.

GERARDO FERNANDEZ VALENCIA

**La Paz - Bolivia
2018**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“CONTROL DEL GUSANO DEFOLIADOR (*Erinnyis ello*, L.) CON EXTRACTOS
NATURALES EN EL CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*, C.) EN EL MUNICIPIO
DE PALOS BLANCOS, DEPARTAMENTO DE LA PAZ”.**

Trabajo Dirigido presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

GERARDO FERNANDEZ VALENCIA

Asesor:

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

.....

Revisores:

Ing. M. Sc. Carlos López Blanco

.....

Ing. Freddy Cadena Miranda

.....

Aprobado

Presidente Tribunal Revisor

.....

**La Paz - Bolivia
2018**

DEDICATORIA

A mí querida familia, mi papa Teodoro Fernández, mi mama Antonia Valencia, mis hermanos: Rosa, Claudio (†), Sonia, María, Víctor, Juan, José y Miguel, mi esposa María Eugenia y mis hijos Camilo y Lucia Belén, quienes me apoyaron moralmente y con su amor infinito.

A mi amigo entrañable Juan Reynaldo Conde Miranda (†) por su empuje y su infinita amistad sincera.

AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a mis padres quienes con cariño, esfuerzo y dedicación me supieron dar la oportunidad de forjarme profesionalmente, también un especial agradecimiento a toda mi familia, en especial a mis hermanas Rosa, Sonia y María, por brindarme su apoyo incondicional en las buenas y malas, que con su empuje pude sobrellevar dificultades.

Agradecer a mi esposa María Eugenia, por estar siempre presente a mi lado, con quien comparto momentos de alegría y momentos de tristeza, pero siempre juntos sonriéndole y dando la cara a las dificultades de la vida. No sería completa nuestra alegría sino estuvieran nuestros hijos Camilo y Lucía Belén, quienes son nuestra fuente de fortaleza y nuestro empuje para seguir batallando.

Agradezco a la Universidad Mayor de San Andrés – Facultad de Agronomía, por abrirme sus puertas y poder lograr mi formación profesional.

Un agradecimiento distinguido a mí asesor el Ing. Freddy Carlos Mena Herrera, por brindarme su apoyo para realizar el presente trabajo, a mi revisor Ing. Freddy Cadena por su tiempo y paciencia en la mejora de este documento.

Al Ing. M. Sc. Carlos López Blanco (revisor) un enorme agradecimiento, por su apoyo desinteresado, por su paciencia, por su contribución en el presente trabajo y por su amistad.

No puedo olvidarme de mi querido y entrañable amigo y compañero Ing. Juan Reynaldo Conde Miranda (†), por su amistad sincera y por ser el artífice de que se realice este trabajo y que Dios lo tenga en su gloria.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Metas.....	4
2. MARCO NORMATIVO.....	5
2.1. Contexto normativo.....	5
2.2. Marco conceptual.....	6
2.2.1. Generalidades del cultivo yuca.....	6
2.2.1.1. Origen y distribución geográfica.....	7
2.2.1.2. Taxonomía.....	7
2.2.1.3. Morfología de la yuca.....	8
2.2.1.4. Ciclo vegetativo de la yuca.....	12
2.2.1.5. Métodos de propagación.....	13
2.2.1.6. Requerimientos edafoclimaticos de la yuca.....	14

2.2.1.7. Métodos de siembra.....	19
2.2.1.8. Labores culturales.....	20
2.2.2. Generalidades del <i>Erinnyis ello</i>	22
2.2.2.1. Origen y distribución geográfica del <i>E. ello</i>	22
2.2.2.2. Taxonomía de <i>E. ello</i>	24
2.2.2.3. Biología de <i>E. ello</i>	25
2.2.2.3.1. Ciclo biológico.....	25
2.2.2.4. Importancia económica.....	28
2.2.2.5. Umbral económico.....	28
2.2.2.6. Ecología de <i>E. ello</i>	29
2.2.2.7. Causas de la aparición de altas poblaciones de larvas.....	30
2.2.3. Métodos de control.....	30
2.2.3.1. Control con extractos naturales.....	31
2.2.3.2. Insecticidas orgánicos.....	31
2.2.3.3. Extracto de itapallu (<i>Urtica sp.</i>).....	32
2.2.3.3.1. Descripción de la planta.....	32
2.2.3.3.2. Preparación del extracto.....	33
2.2.3.3.3. Composición química.....	33
2.2.3.3.4. Sintomatología sobre insectos plaga.....	33
2.2.3.4. Extracto de sachá (<i>Derris elliptica</i>).....	34
2.2.3.4.1. Descripción de la planta.....	34
2.2.3.4.2. Preparación del extracto.....	34
2.2.3.4.3. Composición química.....	35
2.2.3.4.4. Sintomatología sobre insectos plaga.....	35
2.2.3.5. Modo de acción de insecticidas orgánicos.....	35

2.2.3.6. Resistencia de los insectos a insecticidas orgánicos.....	36
3. SECCION DIAGNOSTICA.....	37
3.1. Localización.....	37
3.1.1. Ubicación geográfica del trabajo de campo.....	37
3.1.2. Características climáticas.....	38
3.1.2.1. Temperatura.....	38
3.1.2.2. Precipitaciones pluviales.....	38
3.1.2.3. Sequia.....	39
3.1.2.4. Viento.....	39
3.1.2.5. Suelo.....	39
3.1.2.6. Flora.....	40
3.1.2.7. Fauna.....	40
3.1.2.8. Ecosistema.....	40
3.1.2.9. Clasificación de la zona.....	41
3.2. Materiales y métodos.....	41
3.2.1. Materiales.....	41
3.2.1.1. Material biológico.....	41
3.2.1.2. Equipos.....	41
3.2.2. Métodos.....	42
3.2.2.1. Procedimiento del trabajo.....	42
3.2.3. Variables de respuesta.....	47
3.2.4. Diseño experimental.....	48
3.2.4.1. Factores de estudio.....	48
3.2.4.2. Tratamientos.....	48
3.2.4.3. Croquis del experimento.....	49

3.2.4.4. Análisis estadístico.....	49
4. SECCION PROPOSITIVA.....	50
4.1. Características socioeconómicas.....	50
4.2. Grado de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria.....	50
4.3. Ingresos económicos.....	51
4.4. Insectos plaga.....	51
4.5. Implementación de MIP.....	52
4.5.1. Principios básicos del MIP.....	53
4.6. Resultados del trabajo.....	53
4.6.1. Incidencia de la plaga <i>E. ello</i>	53
4.6.2. Análisis de varianza del efecto de extractos.....	54
4.6.2.1. Análisis de efectos simples de la interacción AxB.....	55
4.6.2.1.1. Análisis de varianza de efectos simples de los factores AxB...	56
5. CONCLUSIONES.....	61
6. RECOMENDACIONES.....	62
7. BIBLIOGRAFIA.....	63
ANEXOS.....	67

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Temperaturas para el cultivo de yuca.....	15
Cuadro 2. Distribución de <i>E. ello</i> en Bolivia.....	23
Cuadro 3. Principales diferencias entre estadios de las larvas de <i>E. ello</i>	26
Cuadro 4. Características del cuerno caudal en cada instar larval de <i>E. ello</i>	27
Cuadro 5. Ventajas y desventajas del uso de insecticidas.....	32
Cuadro 6. Análisis de Varianza del efecto del extracto de sachá.....	55
Cuadro 7. Combinación de factores (mortalidad).....	55
Cuadro 8. Análisis de Varianza de efectos del factor B en niveles de A.....	56
Cuadro 9. Comparación de mortalidad del factor B en niveles de a_1 y a_2	56
Cuadro 10. Análisis de varianza de efectos simples del factor A en los niveles de B...58	
Cuadro 11. Comparación de mortalidad del factor A en niveles de b_1 , b_2 y b_3	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de yuca.....	8
Figura 2. Tallo de yuca.....	9
Figura 3. Hojas de yuca.....	9
Figura 4. Flores de yuca.....	10
Figura 5. Fruto de yuca.....	11
Figura 6. Raíz de yuca.....	11
Figura 7. Estacas de yuca.....	12
Figura 8. Mapa de distribución de <i>E. ello</i> en Bolivia.....	24
Figura 9. Ciclo biológico de <i>E. ello</i>	25
Figura 10. Adultos del <i>E. ello</i>	26
Figura 11. Planta de Itapallu.....	33
Figura 12. Planta de Sacha.....	34
Figura 13. Imagen satelital del municipio de Palos Blancos y la central Puerto Carmen.....	37
Figura 14. Ubicación del municipio de Palos Blancos.....	38
Figura 15. Marbeteado de la parcela de estudio.....	43
Figura 16. Colocado de plásticos.....	43
Figura 17. Recolección de la Sacha para el estudio.....	44
Figura 18. Recolección de itapallu.....	44

Figura 19. Preparación del extracto de Sacha.....	45
Figura 20. Preparación del extracto de Itapallu.....	45
Figura 21. Incidencia de la plaga <i>E. ello</i> sobre el cultivo de yuca.....	53
Figura 22. Comportamiento de mortandad de extractos sobre dosis de aplicación.....	56
Figura 23. Comportamiento de mortandad de dosis sobre extractos de plantas.....	58

RESUMEN

El cultivo de yuca es uno de los más importantes como fuente de energía, es tolerante a la sequía y a suelos infértiles, es así que en el sector del municipio de Palos Blancos, esta planta es cultivada básicamente por pequeños agricultores. La yuca es un cultivo perenne y se ve afectada por una gran cantidad de plagas entre las cuales se destaca el *Erinnyis ello* llamado comúnmente gusano defoliador o gusano Cachón, el cual daños de gran magnitud si es que no se la controla ya que la propagación de esta plaga es rápida.

Es así que, a partir de la necesidad de encontrar alternativas que no dañen al medio ambiente para el control de la plaga y minimizar el uso de pesticidas sintéticos, los insecticidas botánicos se convierten en una buena opción para este cometido.

El presente trabajo “Control del Gusano Defoliador (*Erinnyis Ello*, L.) con extractos naturales en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*, C.) en el municipio de Palos Blancos, del departamento de La Paz”, se propone como una alternativa para los agricultores del lugar y se incentive al uso de plantas con características o propiedades biopesticidas como son la sacha (*Derris elliptica*) e itapallu (*Urtica sp.*).

En este trabajo, para el control del *E. ello* se utilizó los extractos de Itapallu y Sacha, en tres diferentes niveles de dosis cada uno (2 L, 4 L y 6 L para una mochila de 20 L), obteniendo como resultado que ambos extractos surtieron efecto sobre la plaga causando mortalidad y disminuyendo su población.

El extracto de sacha en sus diferentes niveles tuvo mayor efecto sobre el *E. ello* con relación al extracto de itapallu, obteniéndose en el tratamiento sacha a 6 L un 34.67% de mortalidad, seguido del tratamiento sacha a 4 L con 26% y sacha a 2 L con 17% de mortalidad de la plaga.

Para el caso del extracto de Itapallu, con relación al efecto sobre la plaga del *E. ello*, el más efectivo fue la dosis de Itapallu a 6 L con 8.33%, dosis de itapallu a 4 L con 3.33% y dosis de itapallu a 2 L con 0.33% de mortalidad.

Por lo que el extracto de sacha fue el más eficiente en el control del *E. ello*, lo que demuestra la importancia del el uso de extractos naturales de las plantas que contienen propiedades biopesticidas, no solo para el control de plagas si también para el cuidar y mantener el equilibrio del medio ambiente.

1. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot sculenta*, Crantz) es uno de los cultivos más importantes como fuente de energía. Esta planta es cultivada básicamente por pequeños agricultores de países en vías de desarrollo, quienes para hacerlo utilizan poca tecnología, debido a lo cual este cultivo ha recibido poca atención por parte de los científicos dedicados a la investigación agrícola (CIAT, 1983).

La yuca es un tubérculo originario del trópico americano, que ha surgido de una relativa oscuridad en las últimas décadas para convertirse en la cuarta fuente más importante de energía alimentaria del mundo después del arroz, la caña de azúcar y el maíz. Apreciada por los pequeños agricultores por su tolerancia a la sequía y a los suelos infértiles, el cultivo es eco-eficiente por naturaleza y brinda una fuente confiable de alimentación, así como ingresos provenientes de los mercados para una amplia variedad de alimentos, forrajes y productos industriales (Boletín mensual: INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, 2016).

Aunque la yuca ha sido considerada como un cultivo libre de plagas artrópodas, hasta el presente se han identificado aproximadamente 200 especies de insectos y ácaros que atacan la planta, algunas de las cuales causan daño de poca o ninguna importancia económica, en tanto que otras, según lo indican investigaciones recientes, pueden causar grandes pérdidas en los cultivos, razón por la cual se consideran plagas de importancia económica (CIAT, 1983).

Los insectos pueden causar diferentes daños en la yuca, disminuyendo el área fotosintética, atacando el material de propagación, otros cortando las raíces poco después de su emergencia, entre otros. El gusano de flota o cachón como es también llamado en otros lugares (*Erinnyis ello*), generalmente se considera como una de las plagas más severas de la yuca en América (disponible en: http://www.idiaf.gov.do/i_tecnologico/pdf/cbc8d0_textocompleto.cias-sia.yuca.40.pdf).

1.1. Planteamiento del problema

Böhrt J.P. (2004); citado por MMAyA, (2010), considera que la “Seguridad Alimentaria del país”, está asociada a aspectos de la población en términos de ingresos económicos, consumo y nutrición, niveles de pobreza, acceso a servicios, poblaciones vulnerables, disponibilidad de alimentos y otros aspectos.

Según MACIA (2003); citado por MMAyA, (2010), menciona que, investigaciones recientes identificaron zonas de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria. Dicha proyección señala que el 52,86 % de las comunidades bolivianas se encuentran en grupos de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria, asociados a los riesgos climáticos, superficie utilizada para la producción agropecuaria. Y finalmente resaltar que los rendimientos productivos de los cultivos constituyen los más bajos en Latinoamérica debido al atraso tecnológico que no valoran ni fomentan la investigación destinada al mejoramiento genético de las especies nativas.

En Bolivia la mayor producción de yuca se registra en las tierras tropicales de los departamentos de Santa Cruz, Beni y Cochabamba, pero su cultivo no es limitado a estos tres departamentos, en menor cantidad se han observado campos de cultivo en provincias y municipios de La Paz y Tarija llegando incluso hasta Pando, donde se registraron y recolectaron especímenes de yuca cultivada de las variedades amarilla y roja (MMAyA, 2010).

Por ser una planta perenne la yuca se ve afectada por una gran cantidad de plagas entre las cuales se destaca el *E. ello*, llamado comúnmente gusano defoliador o cachón, el cual causa daños especialmente en plantas jóvenes, encontrándose en la mayoría de las zonas yuqueras. El incremento del área cultivada y el uso indiscriminado de insecticidas alteran el equilibrio ecológico entre las poblaciones insectiles en muchas regiones, dando lugar a que algunos insectos que antes aparecían esporádicamente (plagas secundarias) se conviertan en plagas causantes de daños de importancia económica (Conde, 2011).

1.2. Justificación

Es evidente que las pérdidas provocadas por *E. ello* en las plantaciones de yuca y papaya se torna en un problema socioeconómico, ya que la plaga en poblaciones altas defolia completamente las hojas o el follaje de la planta hospedera, provocando posteriores daños fisiológicos en la planta y esto se expresa en la producción provocando pérdidas.

Cuando *E. ello* se presenta en altas poblaciones se convierte en plaga de importancia económica, sobre todo si ataca plantaciones jóvenes, siendo necesario controlarlo para evitar reducciones apreciables en el rendimiento. El control del gusano cachón puede efectuarse a través de varios métodos: cultural, mecánico, químico y biológico (CIAT, 1989).

Siendo el área de estudio, una zona con cultivos agroecológicos, principalmente de cacao asociados al CEIBO y producción bananera a BANABENI y productos cítricos de mayor importancia, se pretende evitar la fumigación con agroquímicos, aplicándose más bien un control con Extractos Naturales como la Sacha (*Derris elliptica*) e Itapallo (*Urtica sp.*).

El daño que causa esta plaga es de gran magnitud si es que no se la controla, ya que la propagación es rápida, y si no se toman las precauciones seguirá avanzando, es así que a partir de la necesidad de encontrar alternativas que no dañen al medio ambiente para el control de insectos plagas y minimizar así el uso de los pesticidas sintéticos, los insecticidas botánicos se convierten en una buena opción ya que ofrecen seguridad para el medioambiente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Control del gusano defoliador (*Erinnyis ello*, L.) con extractos naturales en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*, C.) en el municipio de Palos Blancos, departamento de La Paz.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el grado de incidencia de la plaga *E. ello* sobre el cultivo de yuca en condiciones de campo.
- Evaluar el efecto de extractos naturales de las plantas nativas Sacha (*Derris. elliptica*) e Itapallu (*Urtica. sp.*) sobre la plaga *E. ello*.

1.4. Metas

La finalidad del presente trabajo, fue incentivar la producción orgánica con el uso de productos naturales como son los extractos naturales de plantas que tienen características o propiedades biopesticidas (sacha e itapallu), para el control de plagas y proponer a los productores del municipio de Palos Blancos, otra alternativa de control que no afecten al medio ambiente ni causen desequilibrio en el mismo.

2. MARCO NORMATIVO

2.1. Contexto normativo

La Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, en la Ley 300 (2012), “Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral Para vivir bien”, Capítulo I, Artículo 1, indica que: La presente Ley tiene por objeto establecer la visión y los fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida de la Madre Tierra, recuperando y fortaleciendo los saberes locales y conocimientos ancestrales, en el marco de la complementariedad de derechos, obligaciones y deberes; así como los objetivos del desarrollo integral como medio para lograr el Vivir Bien, las bases para la planificación, gestión pública e inversiones y el marco institucional estratégico para su implementación.

En la misma Constitución, la ley 1333 (1992), “Ley del Medio Ambiente”, indica que: La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

La misma Ley en su Artículo 342, indica: Es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

La ley 3525 (2006), “Regulación y Promoción de la Producción Agropecuaria y Forestal no Maderable Ecológica”, Capítulo I, Artículo 1, indica, declarar de interés y necesidad nacional la presente Ley que tiene por objeto: Regular, promover y fortalecer sosteniblemente el desarrollo de la Producción Agropecuaria y Forestal no Maderable Ecológica en Bolivia, la misma se basa en el principio que para la lucha contra el hambre en el mundo no solo basta producir más alimentos sino que estos sean de calidad, inocuos para la salud humana y biodiversidad, asimismo sean accesibles y estén al alcance de todos los seres humanos; y los procesos de producción,

transformación, industrialización y comercialización no deberán causar impacto negativo o dañar el medio ambiente.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Generalidades del cultivo yuca

La yuca (*M. esculenta*, C.) es uno de los cultivos más importantes como fuente de energía. Esta planta es cultivada básicamente por pequeños agricultores de países en vías de desarrollo, quienes para hacerlo utilizan poca tecnología, debido a lo cual este cultivo ha recibido poca atención por parte de los científicos dedicados a la investigación agrícola (CIAT, 1983).

Montaldo, A. (1985); citado por Bautista, (2003), menciona que el cultivo de *M. esculenta*, C., es conocida por varios nombres dependiendo la región de producción: Yuca (en Taíno, la raíz tuberosa); Yucubía (en taíno, la planta). Con el nombre de yuca es conocida en Venezuela, Colombia, Panamá, Ecuador, Perú, Bolivia, Puerto Rico, Cuba, Santo Domingo, C. Rica, Salvador, Honduras, Nicaragua.

La yuca es cultivada principalmente por pequeños agricultores, con métodos tradicionales; aunque su consumo es más alto en las áreas rurales, no se debe considerar simplemente como un cultivo de subsistencia ya que la mayor parte de la producción se vende o mercadea fuera de las fincas que la producen. En los trópicos bajos, la yuca (especialmente seca) es frecuentemente la más barata fuente de calorías, y los nuevos métodos que están en desarrollo prometen reducir aún más los costos (Cock, 1989).

La yuca (*M. esculenta*, C.) es un cultivo muy versátil, plantado por pequeños campesinos en más de 100 países, como alimento, tiene la facilidad de deshidratarse y almacenarse durante varios años. La producción mundial de yuca en el año 2012 alcanzó los 282 millones de toneladas, lo que representó un incremento del 7 % con respecto al volumen del 2011. Las perspectivas futuras apuntan a una continua expansión de la producción de yuca, pues continúa siendo un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria en el alivio de la pobreza (Suárez, *et al*, 2015).

2.2.1.1. Origen y distribución geográfica

Aunque no se tiene el sitio exacto donde fue domesticada la yuca, Ceballos y de la Cruz (2002), afirman que fue en la cuenca amazónica del Brasil (Nordeste), donde inicio su domesticación y había un segundo lugar México y parte de América central donde también existían núcleos de abundante variabilidad genética, según (Simmonds, 1976) afirma que la zona donde se llevó la domesticación abarcaba desde México hasta el Brasil, y que por lo menos hace 5000 años se cultiva, pero no existen evidencias arqueológicas que determinen este hecho (Montaldo, 1985; citado por Ceballos, *et al*, 2002).

La mayoría de los botánicos y ecólogos consideran la yuca como originaria de América Tropical, y el Nordeste del Brasil como el más probable centro de origen. La diversidad más amplia del género *Manihot* se encuentra en el Brasil, suroccidente de México y Guatemala (Domínguez, *et al*, 1983; citado por Alzate, 2009).

2.2.1.2. Taxonomía

El nombre científico de la yuca fue dado originalmente por Crantz en 1766. Posteriormente, fue reclasificada por Pohl en 1827 y Pax en 1910 en dos especies diferentes: yuca amarga *Manihot utilissima* y yuca dulce *M. aipi*. Sin embargo, Ciferri (1938) reconoció prioridad al trabajo de Crantz en el que se propone el nombre utilizado actualmente (Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s01.pdf>, visitado el 01/06/2017).

Según Valdez, *et al.*, (2014), la clasificación del cultivo de yuca es:

División: Fanerógama

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Euforbiales

Familia: Euforbiáceas

Género: *Manihot*

Especie: *esculenta*

Nombre científico: *Manihot esculenta*, Crantz

2.2.1.3. Morfología de la yuca

- **Planta:** la yuca es un arbusto perenne, leñoso, de tamaño variable y fotoperiodo corto. Es monoica, de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 5 metros, aunque la altura máxima generalmente no excede los 3 metros (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2011).



Fuente: fotografía propia

Figura 1. Planta de yuca

- **Tallo:** el tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de 2 a 6 centímetros (cm). Se pueden observar tres colores básicos de tallo maduro: gris-plateado, morado y amarillo verdoso. Tanto el diámetro como el color de los tallos varía significativamente con la edad de la planta y, obviamente, con la variedad. Los tallos están formados por la alternación de nudos y entrenudos. En las partes más viejas se observan unas protuberancias que marcan en los nudos la posición que ocuparon inicialmente las hojas. En el nudo se insertan el pecíolo de la hoja, una yema axilar protegida por una escama y dos estípulas laterales (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2011).



Fuente: Armas, F. (2012)

Figura 2. Tallo de la yuca

- **Hojas:** de forma palmipartida, con 5-7 lóbulos, que pueden tener forma aovada o linear. Son simples, alternas, con vida corta y una longitud de 15 cm aproximadamente. Los peciolo son largos y delgados, de 20-40 cm de longitud y de un color que varía entre el rojo y el verde. La epidermis superior es brillante con una cutícula definida. Según la defoliación en la estación seca, las variedades de yuca pueden retener algo de follaje, o gran parte de follaje (60% aproximadamente).



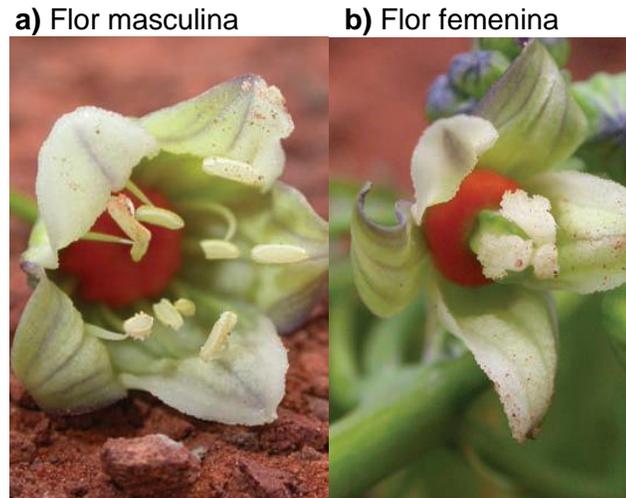
Fuente: Armas, F. (2012)

Figura 3. Hojas de yuca

- **Flores:** es una especie monoica por lo que la planta produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta, y son menores en número que las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. Las flores masculinas son más pequeñas.

La yuca es una planta monoica, ya que tiene flores masculinas y femeninas en una misma planta. La polinización de la yuca es cruzada y se realiza básicamente por la acción de los insectos, de ahí que la yuca sea una planta altamente heterocigoto (Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>).

En las flores de yuca se da la dicogamia, que es la maduración de los estigmas y de los estambres de la misma flor en épocas diferentes (protoginia y protandria, respectivamente). En una misma inflorescencia, las flores femeninas abren primero que las masculinas, una o dos semanas antes (protoginia). También sucede que las flores masculinas y femeninas de la misma planta pero de distinta ramificación abren al mismo tiempo (Renaud, 2003).¹⁰



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010)

Figura 4. Flores de la yuca

- **Fruto:** el fruto de la yuca es en capsula drupácea, trilocular provista de seis alas en la maduración, formada a los 90 o 120 días de la floración, es de color verde claro, mate, verde o morado cuando pequeño. En fruto posee varios tejidos, muy bien diferenciadas. La formación del fruto aproximado de 1-1,07 cm, y ancho de 0,8 a 1,00 cm, posee de 2 a 3 semillas desarrolladas (Armas, 2012)



Fuente: Armas, F. (2012)

Figura 5. Fruto de yuca

- **Raíz:** La parte subterránea está compuesta por el sistema radicular, siendo más importantes las tuberosas que provienen del engrosamiento secundario de las raíces fibrosas, pudiendo encontrarse también raíces adventicias. Las raíces se unen al tallo por medio del pedúnculo que puede estar ausente o alcanzar un tamaño de hasta más de 6 cm de largo (Renaud, 2003).

Las raíces son fibrosas, unas son utilizadas por la planta para la absorción de nutrientes y las otras se engosan para almacenamiento de carbohidratos (almidón). Este último tipo de raíces, a las que se les denomina raíces tuberosas, son la parte aprovechable y pueden tener un tamaño aproximado de 1 m, con un peso de 1-8 kg cada una, de formas cilíndricas, cónicas, fusiformes e irregulares. El color de la pulpa puede ser blanco o amarillo (MAG, 1991).



Fuente: fotografía propia

Figura 6. Raíz de yuca

- **Propagación de la yuca:** La yuca es un cultivo que se propaga vegetativamente por medio de estacas-semillas provenientes de los tallos. La calidad de la estaca-semilla es de importancia fundamental y tiene una relación directa con la brotación, el vigor de la

futura planta y la producción de raíces (Cuadernillo: “Producción de Mandioca y sus Usos”, 2008).

- **Estaca:** Segmento de tallo con yemas, de consistencia leñosa que se separa de una planta. Las estacas, por consiguiente, son un medio para la propagación vegetativa o asexual de muchas especies, sean estas arbóreas o arbustivas (Aguilar, *et al.*, 2016).



Fuente: Cuadernillo “Producción de Mandioca y sus Usos” (2008).

Figura 7. Estacas de yuca para siembra

2.2.1.4. Ciclo vegetativo de la planta

Por el período vegetativo los clones de yuca se pueden clasificar en:

- a) Yucas precoces: 7 – 8 meses.
- b) Yucas intermedias: 10 – 11 meses.
- c) Yucas tardías: 17 – 24 meses.

La yuca es una especie perenne, cuando no se cosecha a su debido tiempo, la raíz reservante seguirá creciendo y concentrándose más fibra (Renaud, 2003).

La planta de yuca sigue cuatro fases principales de desarrollo que son: brotación de las estacas, formación del sistema radicular, desarrollo de tallos y hojas, engrosamiento de las raíces reservantes y acumulación de almidón en sus tejidos.

- Brotación de las estacas.

Las primeras raíces se forman al nivel de los nudos de las estacas (5 a 7 días después de la plantación). Poco después se desarrollan los tallos aéreos y a los 10 o 12 días aparecen las hojas.

A los 15 días la plántula está constituida y la fase de brotación ha terminado.

- Formación del sistema radicular.

Es la fase de instalación (2 y ½ meses). Las primeras raíces formadas desaparecen casi enteramente. Las otras llegan hasta 50 cm de profundidad.

- Desarrollo de los tallos y las hojas.

Los tallos se ramifican y toman el aspecto típico de la planta y las hojas se desarrollan en gran número sobre los tallos y las ramas esto en 3 meses.

Las hojas adquieren su tamaño máximo de 10 – 12 días y duran 60 – 70 días en las variedades precoces y 85 – 95 días en las tardías.

- Engrosamiento de las raíces.

La migración de las materias de reserva, especialmente almidón, comienza en la fase precedente. Y luego se acelera y las ramas se lignifican. En este periodo (5 meses), aparecen nuevas hojas, especialmente a comienzos, pero su número disminuye progresivamente en la planta.

- Reposo.

La planta ha perdido la mayor parte de sus hojas. La actividad vegetativa disminuye, aunque el almidón, continua migrando a las raíces (1 mes) (Renaud, 2003).

2.2.1.5. Métodos de propagación

Aunque la planta produce semillas viables, éstas no se usan para la reproducción del cultivo. Se emplea la propagación asexual, mediante la siembra de tallos. Estos, cortados en varas de 15 a 30 centímetros de largo, se entierran a una profundidad de

10 centímetros, con distancias entre plantas de aproximadamente 60 centímetros. Los tallos cortados de plantas maduras dan mejores rendimientos que los de plantas jóvenes.

Actualmente, la producción comercial de yuca a través del mundo está casi completamente basada en la propagación vegetativa. Se planta los tallos (estacas) y éstos producen nuevas plantas y raíces reservantes que tienen un genotipo idéntico al de la planta madre.

- Criterios para seleccionar el material vegetativo (características de las estacas para siembra)

Los criterios para seleccionar material para la siembra son:

- a) Separar estacas de las plantas más productivas,
- b) Escoger estacas libres de plagas y enfermedades,
- c) Utilizar varetas que tengan la madurez apropiada de 8 – 12 meses, si tienen más de un año y medio es aconsejable tomar la parte superior, y
- d) Reducir al mínimo el almacenamiento (Renaud, 2003).

2.2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos de la yuca

- Clima

La yuca es un cultivo de zonas tropicales y subtropicales. La temperatura media ideal para su desarrollo oscila entre los 18 y los 35° C y la temperatura mínima que puede tolerar es de 10° C. Pudiendo, bajo esas condiciones, desarrollarse en alturas hasta de 2, 000 metros. Es además, resistente a las sequías. Durante éstas, la planta pierde las hojas para así conservar el agua en las raíces; las hojas rápidamente crecen de nuevo, cuando se reinician las lluvias; por ello, el riego artificial no se emplea casi nunca. Una precipitación mínima de 500 milímetros por año es suficiente para obtener producción. El engrosamiento de las raíces es mayor en días cortos, menos de 12 horas de luz, y disminuye cuando la exposición a la luz es mayor.

- Temperatura

La temperatura media llega a 30° C, pero no debe bajar de 16° C, porque a esta temperatura, todo crecimiento se detiene. El señala que los rendimientos máximos se obtienen con 25° - 27° C siempre que haya suficiente humedad disponible en el período de crecimiento. Cuando ocurren bajas temperaturas acompañadas de períodos lluviosos, aún en las tierras bajas tropicales, aparecen deformaciones en las hojas nuevas parecidas en sus síntomas a los producidos por el mosaico (Montaldo A. 1985; citado por: Renaud, 2003).

Cuadro 1. Temperaturas para el cultivo de yuca

Óptimas	26 – 28 °C
Buena	19 – 26 °C
Regular	17 – 19 °C
Restringida	16 – 17 °C
No apta para el cultivo	< 16 °C

Fuente: Renaud (2003)

En general los períodos con temperaturas favorables al cultivo de la yuca en los climas tropicales – húmedos son continuos durante todo el año, lo que hace a estas regiones de alta productividad potencial, cuando se las compara con las regiones subtropicales en que también se cultiva yuca. Pero existe un periodo con temperaturas bajo 16° C, en que no se observa crecimiento de las plantas.

- Horas luz (fotoperiodo)

La yuca es una planta que crece bien en condiciones de buena luz. Sus rendimientos dependen en primer lugar de este factor, que juega un papel esencial en la fotosíntesis y en las reacciones fotoperiódicas. Dos aspectos de la fotosíntesis que se deben determinar en la yuca, son: 1) la cantidad total de luz apropiada para la fotosíntesis, y 2) la cantidad de luz que el cultivo está en condiciones de aprovechar. La primera sirve para determinar el límite máximo de crecimiento del cultivo, ya que 90-95 % de la materia seca de la planta proviene de la fotosíntesis.

La yuca es una planta típica de fotoperiodo corto: 10 – 12 horas. Los rendimientos medios de los países, están condicionados a la presencia o falta de tecnología en el cultivo, y el largo del período vegetativo, que va desde los 10 a los 24 meses, sin embargo algunos estudios han demostrado que los diversos cultivares de yuca tienen una capacidad de adaptación a condiciones entre 10 y 14 horas de iluminación.

- Humedad

La yuca se adapta a diversas condiciones de humedad. Pero preferentemente se debe cultivar en suelos que tengan un buen drenaje. Y para los mejores rendimientos, el lugar de producción debe tener una estación seca (4 – 6 meses).

La yuca necesita para su brotación y enraizamiento de suelo húmedo, la falta de ésta puede ocasionar pérdidas en la brotación, si ocurre en los primeros 20 días después de plantadas.

El cultivo se adapta a diversas condiciones hídricas que van desde los 750 mm a 2000 mm, dependiendo de la zona geográfica donde se desarrolla.

- Precipitación

La yuca es resistente a las sequías. Durante éstas, la planta pierde las hojas para así conservar el agua en las raíces; las hojas rápidamente crecen de nuevo, cuando se reinician las lluvias; por ello, el riego artificial no se emplea casi nunca. Como consecuencia, el cultivo se adaptaría bastante bien, a una gran cantidad de regiones tropicales y subtropicales.

James H. C., 1985 La mayor producción de mandioca se haya en áreas donde la precipitación media anual es arriba de los 1000 mm. La mandioca se adapta bien a un rango de precipitación que se encuentra entre los 1000 a 3000 milímetros por año, pero necesita de un buen drenaje. En suelos pesados, un día de inundación puede destruir el cultivo.

Aunque la mandioca no tolera las inundaciones o incluso períodos prolongados con suelos muy húmedos, es altamente tolerante a la sequía, y la mayor producción de este

cultivo se da en las áreas que tienen estaciones secas largas, de 6 meses. En el inicio de la época seca, la planta reduce su área foliar produciendo pocas hojas nuevas, mientras que continúa tirando las hojas más viejas. Las hojas que quedan cierran parcialmente sus estomas, para disminuir el índice de transpiración de la planta y conserva el agua. Si el período seco continúa, más hojas se caen, disminuyendo el área foliar a niveles mínimos, y el crecimiento de la raíz y parte superior (ramas y hojas) cesa. La planta llega a ser esencialmente inactiva. Cuando las lluvias se reanudan, la planta aprovecha las reservas de carbohidratos que tiene en los vástagos y raíces para producir hojas nuevas, y la planta llega a ser otra vez productiva.

Una vez que esté establecida, la mandioca, a diferencia de otros cultivos, no tiene ningún período crítico en que la carencia de la lluvia causará falta de producción. Una temporada seca reducirá la producción, pero solamente si esta se extiende demasiado. Por lo tanto, la mandioca está extraordinariamente bien adaptada a las áreas en las cuales la precipitación es incierta. Además, porque no tiene ningún período de vulnerabilidad agudo para el periodo seco, la mandioca tiene un rango de plantación más amplio que la mayoría de los cultivos, dando como resultado una amplia gama de sistemas de plantación.

- Tipo de suelo

La yuca puede plantarse en una gran variedad de suelos. El cultivo se da desde los suelos muy pobres en elementos nutritivos hasta aquellos con alta fertilidad.

Los suelos deben ser sueltos, porosos, friables, con cierta cantidad de materia orgánica y con un pH entre 6 y 7.

Para producir la yuca en forma económica, no debe ser cultivada en: suelos con exceso de agua; suelos desérticos; o en cualquier tipo de suelo, donde la lluvia esté ausente por largos periodos, 4 – 5 meses, ya que el cultivo se efectúa predominantemente de secano.

El factor suelo está íntimamente ligado al factor disponibilidad de humedad, para tener éxito económico del cultivo.

Desde el punto de vista agrícola, las principales características de los suelos que afectan el crecimiento y la producción de raíces reservantes de yuca son aquellas que:

- a) Proporcionen un buen anclaje a las raíces fibrosas de la planta y un buen medio físico a las raíces reservantes, para penetrar y desarrollarse.
- b) Poseen una profundidad apropiada de la zona de enraizamiento, 30 – 40 cm. Son limitantes, la presencia de capas impermeables en el perfil, de fragmentos de material rocoso o de una mesa de agua que dificulte la ramificación y desarrollo de las raíces.
- c) Presenten una buena capacidad de retención del agua en la zona de enraizamiento y un adecuado drenaje interno.
- d) Tengan un buen contenido en nutrimentos y que éstos estén disponibles a la planta de yuca.
- e) Presenten un suelo que sea fácilmente cultivable.

- Textura

La yuca produce bien en suelos de textura franca a franca – arenosa, con buen drenaje. Esto para evitar la proliferación de hongos que dañen a las raíces reservantes (que son las que se consumen como alimento)

Los suelos arenosos y arcillosos favorecen el crecimiento de la yuca, pero en realidad ésta se adapta a todos los tipos de ellos, con excepción de los fangosos; por esa razón, se encuentra frecuentemente en ecosistemas muy degradados. Tolera altos niveles de aluminio y manganeso, que son propios de los suelos tropicales y que resultan tóxicos para la mayoría de los vegetales. Aquellos suelos que tengan una capa impenetrable a una profundidad entre los 30 y 40 centímetros son aconsejables, pues, al impedir la profundización de las raíces, facilitan la cosecha.

- pH del suelo

Los cultivos de yuca más desarrollados y productivos se encuentran en suelos con pH 6 a 7, y los más débiles a menudo con incidencia de bacteriosis, se encuentran en suelos con pH 4.5 a 5.

- Fertilidad

Es difícil conservar la fertilidad de un suelo que se dedique a la producción de yuca sin el empleo de fertilizantes. Cada cosecha extrae diversas cantidades de nutrimentos del suelo; esto depende del crecimiento obtenido en raíces reservantes y en el follaje. El cultivo de yuca extrae grandes cantidades de nitrógeno, el cual se utiliza preferencialmente por las raíces reservantes. La extracción de fósforo es mínima. La absorción de potasio es alta y está directamente relacionada con el contenido en almidón y el rendimiento en raíces reservantes, cuando está disponible, como en el caso de los suelos aluviofluviales.

Cuando se siembra por primera vez en un terreno, no se fertiliza. Cuando se cultiva consecutivamente en un mismo terreno se recomienda hacer una fertilización para reponer los nutrientes extraídos (Renaud, 2003).

2.2.1.7. Métodos de siembra

- densidad de siembra

La población y los rendimientos adecuados, varían de un país a otro, e incluso dentro del mismo país y zona ecológica. En general, los suelos pobres muestran buenas respuestas a los aumentos de poblaciones, mientras que en los suelos ricos los incrementos de poblaciones dependen del hábito de crecimiento (Renaud 2003).

Según el Gerente Técnico de El Vallecito, los productores no están haciendo una siembra con densidad poblacional adecuada para obtener buenos rendimientos en campo, tomando en cuenta que el promedio nacional es de 12 toneladas de yuca por hectárea. “Hay productores que siembran 10.000, 12.000 plantas por hectáreas; pero

dependiendo de la arquitectura de planta debe hacerse la siembra de un determinado número de plantas” (disponible en: <http://www.notiboliviarrural.com>).

Los rendimientos de la yuca trabajando un buen manejo, los productores pueden sacar 20 toneladas por hectárea, pero el promedio nacional es de 13 toneladas de yuca por hectárea.

Víctor Hugo Vaca, indicó que muchas veces los productores utilizan ramas delgaditas en momento de la siembra, por lo que El Vallecito aconseja elegir variedades de yuca que hayan estado 8 meses en el suelo, con lo cual se puede colectar ramas que tengan 15 centímetros de longitud (disponible en: <http://www.notiboliviarrural.com>).

La siembra se puede hacer:

- En platabandas convexas, de dimensiones 1,60 x 1,80 m de ancho sobre las que se plantan dos hileras de yuca. Cuando la precipitación anual supera los 1.300 mm.
- En caballones (camellones), a una distancia de 0,80 m, en suelos poco profundos o cuando hay riesgo de humedad permanente.
- En suelos planos, para suelos poco profundos y de estructura pobre. Es el más rápido y económico (<http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>).

Se estima, como recomendación general, para la producción de raíces reservantes de yuca para la industria, utilizar densidades de 8300 (1.20 x 1 m) ó 10375 (1.20 x 0.80 m) plantas por hectárea; y para la producción semimecanizada para casabe y almidón densidades de 12509 (1 x 0.80 m). La densidad también dependerá de que la siembra vaya a ser en monocultivo o en asociación con otras plantas (Renaud, 2003).

2.2.1.8. Labores culturales

- Desmalezado

Las labores de limpieza deben comenzarse en la yuca cuando la planta tiene 20 – 30 cm, es decir, a las 4 – 5 semanas de la plantación. Se recomienda una segunda labor a los dos meses, la que debe repetirse hasta que el cultivo cierre totalmente las entrelíneas.

El deshierbe es una de las actividades culturales importantes en el manejo integrado del cultivo, por cuanto su manejo representa el 18 - 20% o más del costo de producción, principalmente en la selva.

El manejo de las malezas se efectúa desde la plantación hasta cuando las plantas producen el completo sombreamiento del campo (fenómeno de parasol), esto es a los 3.5 meses de la plantación.

Las formas del control de malezas se hacen de forma manual (escardas con muchos jornales) y en forma química (Renaud, 2003)

- Aporque

En cultivos no mecanizados se acostumbra a realizar un aporque a la yuca a los 2 a 3 meses de vegetación, para formar al pie de la planta un cubo de tierra donde las raíces reservantes puedan desarrollarse en buena forma, también para evitar que las raíces estén expuestas a la acción de rayos solares o al daño de roedores u otros animales, para facilitar el drenaje en suelos húmedos (Renaud, 2003)

- Cosecha

La edad para cosechar es variable y depende de la variedad, la zona y del uso final que se le dé a la raíz.

Un indicador de que la yuca se encuentra próxima a la madurez es el requebramiento del suelo alrededor de la planta. Suele cosecharse entre los 7 y los 10 meses, en función de la variedad. Es importante no adelantarse demasiado a la cosecha pues tendrá demasiado contenido en látex y no será apto para el consumo. Entre los 12-24 meses del ciclo de cultivo es el periodo óptimo para la recolección de la yuca cuando su destino es la industria del almidón, pues es cuando se alcanza el máximo rendimiento en raíces.

La recolección puede ser manual o mecánica. En ambos casos es importante no dañar las raíces. La cosecha manual, es la más común y resulta más sencilla en suelos con una textura arenosa a franca (<http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>).

2.2.2. Generalidades del *Erinnyis ello*

Este insecto lepidóptero de la familia Sphingidae, es la plaga masticadora más importante del cultivo de la yuca en América. Puede defoliar un cultivo entero (100% de defoliación) (Álvarez, et al., 2002)

En cualquier época del año, la yuca puede ser atacada también por el gusano cachón (*E. ello*). Esta plaga defolia por completo un yucal en breve tiempo (CIAT, 1987).

2.2.2.1. Origen y distribución geográfica del *E. ello*

E. ello, (Lepidoptera: Sphingidae) es un insecto conocido desde 1750 y también de vieja ocurrencia en el país, es oriundo del continente americano y probablemente en el Brasil donde también tiene su origen. (Maes.1999).

Existen varias razones para la amplia distribución de este insecto, las cuales parecen ser: a) su gran capacidad de vuelo y adaptabilidad a un amplio rango de climas. Han sido capturados adultos en el mar, en regiones frías y en altitudes inhóspitas de los Andes, al igual que en las islas Galapagos a 600 millas de la costa; b) hábito polífago de las larvas; c) la abundancia y amplia distribución de las plantas que le sirven de alimento.

E. ello (Sphingidae), es una de las plagas más importantes de la yuca en el Neotropico (Bellotti et. al., 1992; 1999), tiene un amplio rango geográfico, extendiéndose desde el Sureste del Brasil, Argentina y Paraguay hasta la cuenca del Caribe y el Sureste de los Estados Unidos. La capacidad migratoria de *E. ello*, su amplia adaptación climática y rango de hospederos, probablemente es la causa de su extensa distribución y de sus ataques esporádicos (Janzen, 1987), (disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/ipm/pdfs/curso_corpoica_bellotti.pdf).

Su distribución del *E. ello* va desde: USA, Dominicana, Jamaica, México, Belize, Nicaragua, Costa Rica, Guiana francesa, Bolivia, Brasil, Uruguay, Argentina (<http://www.bio-nica.info/Ento/Lepido/sphingidae/Erinnyis%20alope.htm>).

El primer reporte del *E. ello* en Bolivia fue por Steinbach (1888–1889) en la localidad de Espiritu Santo, Provincia Chapare del departamento de Cochabamba. (Guerra, 2010).

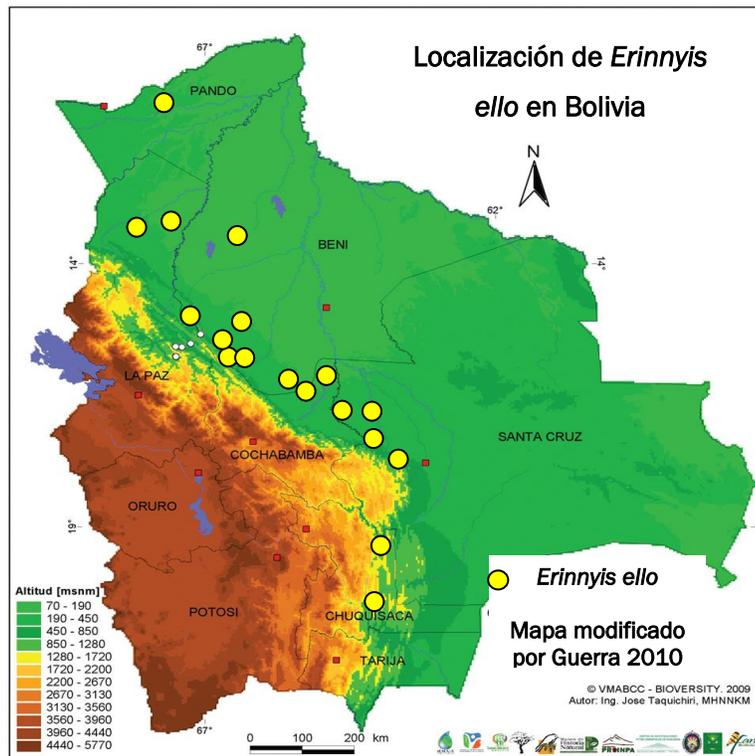
El mismo autor, señala que *E. ello* está distribuida en casi toda Bolivia, a excepción de los departamentos de Oruro y Potosí, donde no se tiene ningún registro, pero se presume la existencia de la especie en los valles mesotermicos potosinos. Además que *E. ello* ha sido reportado para Bolivia en las siguientes localidades:

Cuadro 2. Distribución de *E. ello* en Bolivia

Departamento	Provincia	Localidad	Año
SANTA CRUZ	Andrés Ibáñez	Santa Cruz	1915, Stienbach
	Ichilo	Potrerillos Güenda	1996, J.B.
	Andrés Ibáñez	Santa Cruz	1987, 1988, 1990 (PB, JLA).
	Florida	Santa Rosa	1994
		Pampa Grande	1995, A.L.
	Caballero	San Juan Potrero	1996, F.C.
	Ichilo	Buena Vista	1990, (RR, PB)
	Ichilo	Buena Vista	1906, 1907, 1914 1915, Stienbach
Ichilo – Florida	Par. Nal. Ámboro	1987, RR.	
LA PAZ	Sud Yungas	Inicua	2010, FG.
	Caranavi	El Porvenir	1983, 1986 – 1987 (AC, FG).
	Sud Yungas	Agua Dulce	2010, FG.
	Nor Yungas	El Chairó	2007, FG.
	Sud Yungas	Cocochi	2010, FG.
	Sud Yungas	Sapecho	2010, FG.
	Sud Yungas	Puerto Carmen	2010, FG.
	Caranavi	San Antonio	2010, FG.
BENI	Yacuma	Espíritu	1985, EF.
	Ballivian	Est. Biol. del Beni	1987, (MGP).
	Ballivian	Rurrenabaque	1982, FG.
TARIJA	O´ Connor	Entre Ríos	1991, FG.
CHUQUISACA	Hernando Siles	Monteagudo	1991, FG.
PANDO	Manuripi	Luz de América	2010, FG.
	Manuripi	Puerto América	2010, FG.
COCHABAMBA	Chapare	Espíritu Santo	1888 – 1889, J. Stienbach

Fuente: Guerra (2010).

Figura 8. Mapa de distribución de *E. ello* en Bolivia



Fuente: Conde (2011)

2.2.2.2. Taxonomía de *E. ello*

Su clasificación taxonómica según, Bayer de Perú S.A de C.V. (2008), citado por Conde (2011).

Nombre vulgar - Gusano Cachón

Reino	: Animal
División	: Endopterigota
Clase	: Insecta
Orden	: Lepidoptera
Familia	: Sphingidae
Género	: <i>Erinnyis</i>
Especie	: <i>ello</i>

2.2.2.3. Biología de *E. ello*

2.2.2.3.1. Ciclo Biológico

El ciclo biológico completo de *E. ello* dura aproximadamente entre 32 y 49 días, según las condiciones ambientales (CIAT, 1989).

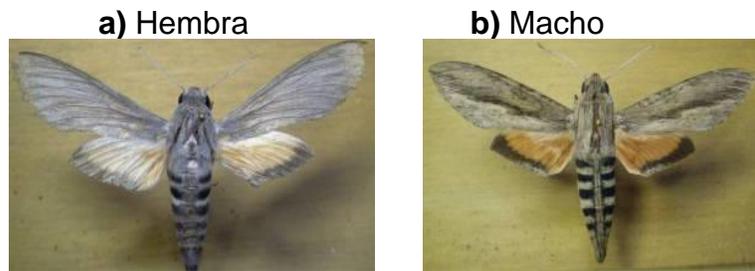
Figura 9. Ciclo biológico de *E. ello*



Fuente: CIAT (1989)

- **Adulto.**- el adulto es una mariposa de hábitos nocturnos con una coloración grisácea. Generalmente presenta unas 5 o 6 bandas negras en el abdomen. Las alas anteriores son de color gris mientras que las posteriores pueden presentar una coloración ferruginosa; las primeras pueden medir de 34 a 48 milímetros. Por lo general los machos son más pequeños que las hembras, de color más oscuro y presentan una banda negra longitudinal en las alas anteriores (CIAT, 1989).

La hembra puede ovipositar durante todo su ciclo, pero algunas observaciones indican que más de 70% de sus huevos son puestos durante los primeros 7 días de oviposición, preferiblemente sobre la haz de la hoja, aunque puede ocurrir también sobre el envés o incluso el peciolo y los tallos (CIAT, 1989).



Fuente: Conde (2011)

Figura 10. Adultos del *E. ello*.

- **Huevo.**- Los huevos de *E. ello* son redondos, miden de 1 a 1,5 milímetros de diámetro, y generalmente son puestos individualmente. El total de huevos que la hembra pone durante toda su vida puede llegar a 1850, pudiendo colocar en una sola noche un máximo de 500 huevos. En general los huevos presentan una coloración verde o amarilla y la eclosión ocurre 3 o 5 días después de la oviposición (CIAT, 1989).

- **Larva.**- La etapa larval tiene una duración de 12 a 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas (CIAT, 1989).

E. ello, en sus estados larvales, es un voraz consumidor de follaje y es considerado generalmente, como una de las plagas más importantes de la yuca en las Américas. Su habilidad para causar una rápida defoliación en las plantaciones, causa alarma entre los cultivadores de yuca (Ospina *et al.*, 2002).

Los estados larvales (cinco instares) duran aproximadamente 15 días, tiempo durante el cual consume 1107 cm² de área foliar; sin embargo, 75% de esta área es consumida durante el último instar, el cual ocurre en un periodo de 3 a 4 días (Ospina *et al.*, 2002).

Cuadro 3. Principales diferencias entre estadios de las larvas de *Erinnyis ello*.

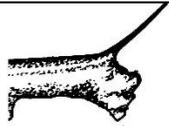
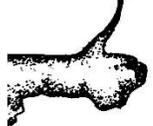
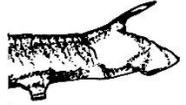
Instar N°	Tamaño mm	Capsula cefálica	Placa torácica	División de segmentos del cuerpo
I	4-10	0.8	No visible	No definida
II	11-16	1.3	No visible	Notoria en la parte media
III	17-23	2.1	Visible	Bien definida en el cuerpo
IV	30-48	3.1	Notoria	Definida
V	50-20	5.1	Notoria	Definida

Fuente: CIAT, 1989.

Las larvas de *E. ello* presentan marcada variación de color: pueden ser verdes, amarillas, naranjas, marrones, gris oscuro negras veteadas de rojo, blanco y negro. Esta variabilidad en el color de la larva parece depender de factores tales como la aglomeración de larvas en la planta, la calidad del alimento consumido, las condiciones climáticas y otros factores desconocidos (CIAT, 1989).

Las larvas de este insecto se caracterizan por tener un cuerno caudal erecto, de donde proviene su nombre de gusano cachón (cachudo, cornudo en otros países). Con base en las características del cuerno caudal se puede determinar con gran exactitud a nivel de campo los instares o estados de desarrollo de las larvas, condición importante que ayuda en el manejo eficiente y efectivo de esta plaga cuando se presentan explosiones (CIAT, 1989).

Cuadro 4. Características del cuerno caudal en cada instar larval de *E. ello*

INSTAR	CUERNO CAUDAL	DETALLE
I	Largo, fino y de diámetro uniforme (parecido a una seta) de pigmentación negra.	
II	Largo y fino, pero de diámetro más amplio en la base, donde comienza a disminuirse la pigmentación negra.	
III	Largo y en forma de cono perfecto de color crema claro.	
IV	Largo y grueso, imperfecto en el tercio superior, de color crema claro.	
V	Grueso y truncado.	

Fuente: CIAT (1989)

- **Prepupa.**- Después de haber completado sus cinco estadios, la larva baja al suelo y se esconde debajo de residuos u hojas caídas y, mediante movimientos bruscos (retractiles), forma una cámara donde pasa al estado de prepupa que dura aproximadamente dos días, durante los cuales no consume ningún alimento, tiene poca movilidad y finalmente empupa (CIAT, 1989)

- **Pupa.**- La pupa es de color marrón oscuro y puede medir hasta 45 milímetros de largo, por 10 de ancho. El estado de pupa tiene una duración de aproximadamente 15 a 16 días (CIAT, 1989).

2.2.2.4. Importancia económica

Se considera que un insecto se convierte en plaga de importancia económica cuando su población es tan alta como para producir daños que disminuyen significativamente el rendimiento del cultivo. En el caso de *E. ello*, es conveniente saber cuándo y por qué la aparición del insecto adquiere importancia económica (CIAT, 1989).

Entre más de doscientas especies de artrópodos que atacan al cultivo de la yuca, *M. esculenta* Crantz, figura en primer lugar de importancia económica "el gusano cachón" *E. ello* L. (Bellotti, 1986).

La intensidad del ataque puede ser severa en cualquier edad del cultivo, pero el efecto en la producción varía según la edad de la planta, el número de ataques, el tipo de suelo y ecosistema donde se esté desarrollando el cultivo. Investigaciones recientes realizadas por el CIAT con defoliaciones del 100% en las localidades de Santander de Quilichao (Cauca) de suelo pobre, y CIAT-Palmira de suelo fértil, han mostrado que las pérdidas en rendimiento pueden llegar a ser hasta del 64% con dos ataques continuos y hasta del 46% con un solo daño en suelo pobre. En suelo fértil estas pérdidas pueden alcanzar hasta el 47% y el 25.5% con dos y un ataque respectivamente (CIAT, 1989).

2.2.2.5. Umbral económico

Cuando el gusano cachón ataca y desarrolla una población alta, llega a defoliar totalmente el cultivo; en consecuencia, hay un descenso considerable en el rendimiento de raíces de yuca (entre el 18% y el 64% del normal) (Arias, *et al*, 2001)

Se han establecido umbrales de daño, así: 5 larvas/planta en plantaciones de 2 a 5 meses y 29 larvas/planta en cultivos de 7 a 9 meses producen una defoliación total del cultivo; es necesario, por tanto, controlar antes la plaga para evitar el deterioro del cultivo y las pérdidas en la cosecha (Arias, *et al*, 2001).

La yuca tiene un umbral alto para el daño económico por plagas; las variedades vigorosas pueden perder bastante follaje (40% más) y hay periodos cuando pueden sufrir aún más defoliación sin que se afecte significativamente el rendimiento. En la actualidad, las nuevas variedades desarrolladas pueden tener una tolerancia mayor a la defoliación, debido a los métodos de selección utilizados, tanto por vigor como por resistencia a factores bióticos y abióticos (Ospina, 2002).

2.2.2.6. Ecología de *E. ello*

El género *Erinnyis* es de un tamaño moderado y se encuentra principalmente en la región neotropical. *E. ello* es el esphingido más común en el nuevo mundo y está distribuido a través de sur, centro y norteamérica hasta Canadá (CIAT, 1989).

De acuerdo con algunos investigadores, *E. ello* ataca casi todas las especies de euphorbiaceas en Guyana y puede completar su ciclo en forestales y en tierras incultas. La larva ha sido reportada en 35 plantas diferentes pertenecientes a 10 familias, faltando muchas por reportar. Aunque la mayoría de las euphobiaceas con sus hospederos, *E. ello* ha sido reportado atacando plantas de importancia económica pertenecientes a otras familias, incluyendo papaya (caricaceae), tomate y tabaco (solanaceae) y algodón (malvaceae) (CIAT, 1989).

El mismo autor menciona que, otros investigadores han reportado que el género *Erinnyis* ataca solamente plantas que producen látex, el cual parece actuar como estimulante que permite el reconocimiento del hospedero. Aunque este género es extremadamente polífago, es posible que *Erinnyis spp.* pueda completar su desarrollo solamente sobre familias que producen látex.

Así, la sobrevivencia de *E. ello* en la vida silvestre está asegurada, ya que las especies que citamos son plantas hospederas de la especie plaga tanto en la vida silvestre como en el medio cultivado. Por esta razón el manejo íntegro y permanente de la especie *Erinnyis* es fundamental. (Guerra, 2010).

2.2.2.7. Causas de la aparición de altas poblaciones de larvas

Según el CIAT (1989), una población de larvas capaz de causar daños severos a plantaciones de yuca puede aparecer por alguna de las siguientes causas:

- La alta movilidad del adulto. Como las mariposas son capaces de volar grandes distancias, pueden migrar de una región a otra alterando el equilibrio biológico existente entre la población de dicha plaga y sus enemigos naturales. En algunos casos de ataques severos se han encontrado más de 150 larvas por planta, ocasionando la defoliación total e incluso la muerte de algunas plantas.
- Las variaciones marcadas en las condiciones climáticas, especialmente al comenzar o finalizar los periodos de lluvia cuando la humedad del suelo favorece la emergencia de adultos de las pupas.
- El uso indiscriminado de insecticidas para combatir otras plagas, lo cual puede provocar una disminución en la población de los enemigos naturales del gusano cachón permitiendo, por consiguiente, que una mayor cantidad de huevos continúe su ciclo normal y dé origen a una alta población de larvas.

2.2.3. Métodos de control

Cuando un insecto aparece en poblaciones altas, capaces de causar daños que provoquen disminuciones significativas en los rendimientos, se hace necesario aplicar algunos de los métodos de control conocidos para el combate de plagas (CIAT, 1989)

El mismo autor menciona que, desafortunadamente la mayoría de las plagas insectiles son adversarios versátiles y cambiantes, capaces de adaptarse a su huésped, a su medio ambiente y a los métodos de control. Aún con los grandes avances en las investigaciones relacionadas con su represión, el hombre no puede esperar un control perfecto, ni mucho menos la erradicación de un número sustancial de plagas, así que es necesario aprender a convivir con ellas.

Con el avance de la agroecología y sus ramas afines, los insecticidas naturales han adquirido enorme importancia. Ya se conocen un número importante de especies vegetales silvestres y cultivadas con principios activos de valor insecticida. Algunas de

estas especies se utilizan de manera directa, otras en forma de extractos caseros o comercialmente envasados (PAR- MDRyT, 2005).

Un buen control de las poblaciones hospederas de *E. ello* se logra con un programa adecuado de manejo integrado, lo que implica la aplicación oportuna de diversos métodos de control como: medidas preventivas, control cultural, control etológico, control mecánico, control biológico y químico (Gonzales, 2005).

El gusano cachón puede manejarse empleando varios métodos, entre ellos el control con Extractos Naturales, básicamente consiste en el uso de extractos de plantas para el control de plagas y enfermedades. En este caso aplicaremos este control.

2.2.3.1. Control con Extractos Naturales

Este método de control surge como una alternativa de lucha contra la plaga manteniendo dentro el marco de producción orgánica a la zona afectada. Como alternativa, los productos naturales provenientes de una gran variedad de plantas, actúan inhibiendo, repeliendo, disuadiendo o eliminando insectos plagas de diferentes tipos (rastreros, voladores, chupadores, defoliadores, entre otras), como así también estimulando procesos vitales de los cultivos para fortalecerlos y así protegerse de los ataques de las distintas pestes. Algunas de estas plantas han sido estudiadas científicamente y otras siguen vigentes por leyenda popular (Sánchez, 2002).

2.2.3.2. Insecticidas orgánicos

Rodríguez (1994), indica que el concepto insecticida orgánico enmarca a los productos que hubiesen sido elaborados a partir de productos de origen natural, que no posean ningún tipo de manipulación o alteración genética, que no alteren de forma significativa al entorno biológico donde se aplica este producto.

Durante mucho tiempo se han utilizado principios activos o extractos procedentes de plantas como insecticidas, aun sin saber cuáles eran los compuestos responsables que tenían estas propiedades; sin embargo, el fraccionamiento biodirigido para el descubrimiento de nuevos productos naturales es un proceso muy importante que resulta lento y requiere grandes esfuerzos (Pascual – Villalobos *et. al.* 1997).

Existen muchos ejemplos de extractos naturales de plantas los cuales demuestran actividad como insecticida (Benner, 1993), y tienen muchos efectos protectores tan variados que van desde la repelencia (García *et. al.* 2005), inhibición de la alimentación (González – Coloma *et. al.* 1999), oviposición (Regnault, *et.al.* – Roger y Hamraoiu, 1994), toxicidad aguda e interferencia con el crecimiento y desarrollo (Barra *et. al.* 2007).

Algunas de las ventajas y desventajas del uso de insecticidas internacionales son:

Cuadro 5. Ventajas y desventajas del uso de insecticidas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - No crean resistencia en insectos. - Pueden ser mezclados entre sí y no tener problemas de incompatibilidad. - Son fáciles de conseguir y además no cuestan tanto - Esta táctica se convierte en un medio de lucha preventiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - También son peligrosos para la salud de las personas. - Su acción es rápida y efectiva solo si es aplicado en el momento oportuno.

Fuente: PLAGBOL (2007).

En este caso para el control *del E. ello* se utiliza extractos de Itapallo (*Urtica* sp.) y sachá (*Derris elliptica*).

2.2.3.3. Extracto de Itapallo (*Urtica* sp.)

2.2.3.3.1. Descripción de la planta

Planta herbácea no excesivamente alta, con tallo erecto y leñoso recubierto de pelos urticantes, rizoma rastrero con numerosas raíces, las hojas de color verde claro, son pequeñas ovals profundamente dentadas, cubiertas al igual que el tallo por pelos; las flores se disponen en inflorescencias monoicas con flores masculinas y femeninas

reunidas en racimos simples con ovario ovoidal, el fruto es un aquenio de forma elipsoidal que contiene una única semilla. Esta especie nace por doquier en especial sobre suelos nitrogenados, en el altiplano como en el trópico, puede alcanzar un metro de altura, de esta planta se usan sus hojas y tallos (Londoño, 2006).



Fuente: Fotografía propia

Figura 11. Planta de Itapallo

2.2.3.3.2. Preparación del extracto

El artículo “Solución Contra Las Plagas” (2004), menciona que para la preparación del extracto se pueden realizar de dos maneras: macerando o machacando 500 gramos de la planta fresca en 1 litro de agua, dejar reposar durante 48 horas y diluir en 10 litros de agua. Mezclar bien y aplicar al cultivo a tratar, estas mismas relaciones y procedimientos son ratificados por Bunch (1994).

2.2.3.3.3. Composición Química

Según Londoño (2006), el itapallo contiene: Acido gálico, caroteno, serotonina, tanino y hierro.

2.2.3.3.4. Sintomatología sobre insectos plaga

Londoño (2006), indica que los extractos a base de Itapallo actúa repeliendo diversas clases de insectos que van desde los coleópteros, himenópteros y lepidópteros en

cualquier tipo de cultivos: hortícolas, frutales y ornamentales, el periodo de aplicación pueden ser quincenales y según el grado de infestación.

2.2.3.4. Extracto de Sacha (*Derris elliptica*)

2.2.3.4.1. Descripción de la planta

Planta alta arbórea, con tallo erecto y delgado, del tallo principal surgen más tallos se divide en dicotomía y tricotomía (2 a 3 ramas), las hojas de color verde palmípartidas, son pequeñas y largas; las flores se disponen en inflorescencias monoicas con flores masculinas y femeninas reunidas en racimos simples con ovario ovoidal, el fruto es un aquenio de forma elipsoidal donde contiene las semillas. Esta especie nace en el trópico hasta los 1000 msnm, puede alcanzar un metro y medio de altura, apreciándose que la planta muere a temperaturas de 9° a 12° C. De esta planta se usan sus hojas, tallos y las raíces (López, 2008).



Fuente: elaboración propia

Figura 12. Planta de Sacha

2.2.3.4.2. Preparación del extracto

Machacar 200 gr de semilla y 200 gr de raíces, dejar reposar durante 24 horas en 2 L de agua, filtrar el extracto y diluir en 10 L de agua, echar a la mochila y aplicar (FAO, 2007).

2.2.3.4.3. Composición química

Silva, *et al.* (2002), menciona que uno de los principales compuestos aislados de esta planta para fines insecticidas es la Rotenona, un flavonoide que se extrae de las raíces donde se puede obtener un 13%, este compuesto es un insecticida de contacto, ingestión y repelente.

2.2.3.4.4. Sintomatología sobre insectos plaga

Silva, *et al.* (2002), menciona que los extractos a base de Sacha controla diversas clases de insectos que van desde los coleópteros, himenópteros, lepidópteros y homópteros. Su modo de acción implica una inhibición del transporte de electrones a nivel mitocondrial bloqueando la fosforilación del ADP y ATP. Los insectos sufren ataxia lo que les provoca convulsiones y conduce finalmente a la parálisis y muerte por paro respiratorio.

2.2.3.5. Modo de acción de insecticidas orgánicos

Pascual – Villalobos, *et al.* (1997), el modo de acción de un insecticida se puede definir como la respuesta bioquímica y fisiológica de los organismos que está asociada con la acción de los pesticidas. En términos generales y considerando los modos de acción, los insecticidas se clasifican en siete grupos: tóxicos físicos, venenos protoplásmicos, venenos nerviosos, inhibidores metabólicos, toxinas citolíticas, venenos musculares y agentes alquilantes.

La mayoría de los insecticidas orgánicos están hechos para seleccionar ciertos organismos y todos intervienen en el bloqueo de algunos procesos metabólicos; sin embargo es difícil determinar el modo de acción y en algunas ocasiones no se conoce, ya que ciertos insecticidas presentan más de un modo de acción, lo que dificulta su clasificación (Forgash, 1994).

Los tratamientos con determinados compuestos naturales pueden causar síntomas que señalan un modo de acción neurotóxico, incluyendo hiperactividad, convulsiones y temblores seguido por parálisis (Bisset, 2002).

2.2.3.6. Resistencia de los insectos a insecticidas orgánicos

Según Miller (1988), los mecanismos de resistencia a insecticidas se clasifican en 4 categorías.

1. Resistencia por comportamiento: el insecto no entra en contacto con el depósito del insecticida.
2. Resistencia a la penetración: donde la composición del exoesqueleto llega a ser modificada inhibiendo la penetración del insecticida.
3. Sitio insensible: el sitio químico de acción para el insecticida se modifica reduciendo la sensibilidad a la forma activa del insecticida.
4. Resistencia metabólica: la vía metabólica del insecto llega a ser modificada detoxificándose el insecticida o negando el metabolismo del compuesto aplicado en su forma toxica.

El estudio de los mecanismos de resistencia, nos brinda la posibilidad de elegir un insecticida alternativo en el que no esté implicado ese mecanismo y así proporcionar la base para la selección de insecticidas orgánicos que deban usarse en rotaciones o mezclas de insecticidas (Jensen, 2000).

3. SECCION DIAGNOSTICA

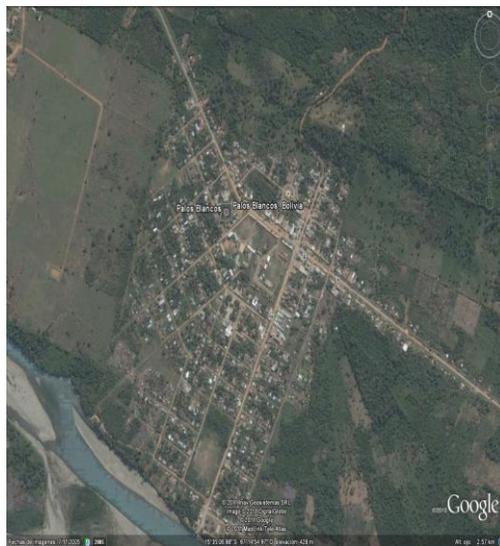
3.1. Localización

3.1.1. Ubicación geográfica del trabajo de campo

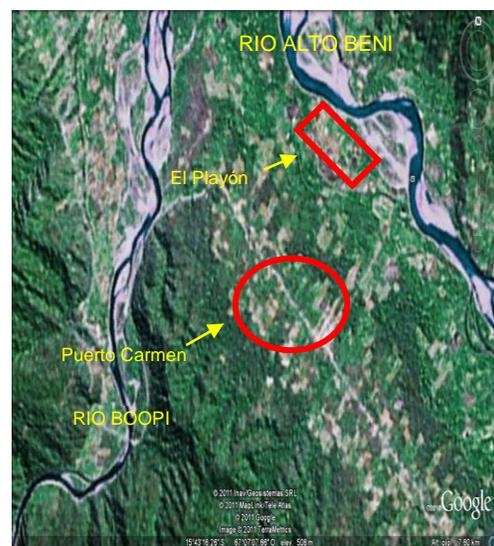
El presente trabajo dirigido se llevó a cabo en el municipio de Palos Blancos (Alto Beni), es la cuarta sección de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, se encuentra localizado a 239 km de distancia respecto a la ciudad de La Paz. Se ubica entre los paralelos 15°00' a 16°49' latitud Sud y 67°34' a 67° de longitud Oeste, por lo que geográficamente se localiza en la región sub andina (PDM Palos Blancos, 2007)

La jurisdicción municipal de Palos Blancos posee una superficie de 3430,3 km², con una población 24,731, en su mayoría son colonizadores provenientes de la región alto andina (aymaras y quechuas) y en una menor proporción se encuentran habitantes de los llanos de Bolivia, y tiene un grupo Étnico como los Mosestenes. Las principales actividades económicas de la población son las labores agrícolas, crianza de ganado mayor y menor y la explotación de madera y en los cultivos que más se producen son el cacao, luego el arroz, seguidos de plátano, banano, papaya y yuca (INE, 2012)

Figura 13. Imagen satelital del municipio de Palos Blancos y la central Puerto Carmen.



1) Municipio de Palos Blancos



2) Puerto Carmen, Área VII

Fuente: Imagen satelital Google Earth (2017)

Figura 14. Ubicación del municipio de Palos Blancos



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Palos_Blancos (2017)

3.1.2. Características climáticas

El municipio de Palos Blancos presenta un clima que va de cálido a templado en ciertas áreas de mayor altura.

3.1.2.1. Temperatura.

De acuerdo a datos meteorológicos correspondientes a la Estación de Sapecho, se tiene registros para el área una temperatura promedio del ambiente de 27 °C. Siendo la máxima promedio de 31 °C y la mínima promedio de 19 °C, los meses de bajas temperaturas ocurren entre junio y julio llegando a valores menores a los 14 °C (PDM Palos Blancos, 2008)

3.1.2.2. Precipitaciones pluviales

Las precipitaciones pluviales promedio son 1172 mm al año, los meses con mayor presencia de lluvias ocurren entre noviembre a febrero meses en el q los cultivos de la región se ven favorecidos por una mayor presencia de humedad en los suelos promoviendo el mayor desarrollo y crecimiento de las plantas (PDM Palos Blancos, 2008).

3.1.2.3. Sequia

La región en su conjunto es susceptible a la presencia de sequias prolongada, situación que provoca serios daños a la economía de los productores, por su dependencia de la actividad agrícola y pecuaria. En los últimos años este fenómeno ocurrió con mayor frecuencia debido a los cambios climáticos y la presencia de los fenómenos del niño y la niña que generan constantes variaciones en el ciclo agrícola, a partir del retraso o adelanto de los periodos de lluvia que determinan el inicio de la implementación de cultivos.

3.1.2.4. Viento

Los ventarrones se presentan de manera paralela con las tormentas eléctricas previa a la caída de lluvias. En la zona son frecuentes estas tormentas por la presencia de vegetación y serranías que atraen la descarga de rayos en las partes altas.

3.1.2.5. Suelo

De acuerdo a estudios realizados por el proyecto; Capacidad de Uso Mayor de la tierra Alto Beni (CUMAT, 1985), se clasifica a los suelos del área en un mayor porcentaje pertenecientes a la clase I, suelos aptos para la actividad agrícola.

Los suelos de la región son susceptibles a procesos de erosión por la constante intervención de bosques para su establecimiento de cultivos y otras actividades antrópicas. Entre las principales amenazas tanto naturales y por el hombre que generan riesgo en los suelos de la zona, se destacan:

- a) **Crecimiento vegetativo de la población**, es una de las causas para nuevos asentamientos en áreas no intervenidas y tierras fiscales existentes en la región, provocando consigo el desmonte de áreas boscosas para el establecimiento de cultivos.
- b) **Práctica del Chaqueo**, consiste en labores de; tumba y quema, los que concluyen con la habilitación de un área de bosque sin cobertura vegetal, quedando expuesto los suelos a la degradación.

- c) **Quemas no controladas**, la quema en los chacos sin medidas para la expansión del fuego provocan el incendio de espacios de bosque que dejan descubiertos los suelos susceptibles al arrastre de los agregados.
- d) **Habilitación de pastizales**, los productores de Ganado se ven en la necesidad de desboscar para la implementación de pastizales destinados al ganado, generando riesgos por la falta de cobertura vegetal y en ocasiones sobre pastoreo.

3.1.2.6 Flora

Los bosques están conformados por una diversidad de especies del tipo herbáceas, arbustos y arbóreas. Este aspecto permite a los comunarios realizar el uso y aprovechamiento de especies maderables y no maderables.

Sus bosques son mucho más ricos en diversidad de especies de cualquier otro bosque tropical, la heterogeneidad de las formaciones vegetales amazónicas responde al tipo de substrato gradiente de humedad y tipo de agua relacionada a diversos biotopos: los bosques inundados por aguas blancas de los grandes ríos tienen composición florística dominada por grandes palmeras arborescentes y el mosaico de formaciones vegetales incluye diferentes estados sucesionales de los diversos tipos de bosques (Rojas, 2000, www.amazonia.bo; Citados por: Condori, 2011).

3.1.2.7 Fauna

Se tiene diversidad de especies de fauna que forman parte del ecosistema local, muchas de estas tienen como refugio la Reserva de la biosfera y Territorio Indígena Pilón Lajas ubicado al noreste del municipio. En el extremo sureste existe la colinda en un punto tripartito con el Parque Nacional Isiboro Sécuré del departamento de Cochabamba (PDM Palos Blancos, 2008).

3.1.2.8 Ecosistema

Según Ibisch (2003), la situación latitudinal y los parámetros primarios de clasificación de zonas de vida del Alto Beni, indican que los ecosistemas pertenecen a la región latitudinal subtropical.

3.1.2.9 Clasificación de la zona

La región de Alto Beni contiene tres zonas de vida: (1) Bosque húmedo subtropical (Sapecho), (2) Bosque húmedo subtropical transición a seco (Covendo) y (3) Bosque muy húmedo subtropical (Entre Ríos), (Elbers, 1991; Ibsch, 2003).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales

3.2.1.1. Material biológico

- Plantaciones de yuca (*Manihot esculenta* C.)
- Sacha (*Derris elliptica*)
- Itapallu (*Urtica* sp.)

3.2.1.2. Equipos

- Materiales de campo

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| - Cámara fotográfica | - Alcohol |
| - Libreta de anotaciones | - frascos de recolección |
| - Planillas | - Flexómetro |
| - Hornilla. | - Balanza |
| - Mochila manual 20 L | - Machete |
| - Guantes | - Varilla |
| - Reloj | - Botellas Pett. |
| - Plástico (nylon) | - Cinta métrica |

- Materiales de gabinete

- | | |
|--------------------------|---------------|
| - Material de escritorio | - Impresora |
| - Computadora. | - Calculadora |

3.2.2. Métodos

Para el presente trabajo se procedió con las siguientes actividades:

3.2.2.1. Procedimiento del trabajo

a) Reconocimiento del terreno

En primera instancia, en la región de Palos Blancos, área VII, Central Puerto Carmen, se identificó la parcela con cultivo de yuca, donde se observó la presencia de la plaga *E. ello*, que ocasionalmente se incrementa la población y provoca bajos rendimientos de los cultivos de yuca y papaya, que a su vez esta se transforma en pérdidas económicas para los productores.

b) Preparación de la parcela donde se realizó el trabajo dirigido

Una vez identificado la parcela de estudio, se procedió a:

- Limpieza de la parcela

El deshierbe es una de las actividades culturales importantes en el manejo integrado del cultivo, y como la parcela presentaba hiervas ajenas al cultivo, se realizó una limpieza de la parcela de yuca, para facilitar las tareas propias del trabajo dirigido.

- Medición de la parcela

Se realizó la medición de las dimensiones de la parcela, para luego hacer la marcación y delimitación correspondiente, dividiéndolo de acuerdo al diseño y croquis para el trabajo dirigido (véase diseño experimental, pagina 48). Cada tratamiento (unidad experimental) de 6m x 5m y cada tratamiento con 3 repeticiones, teniendo un total de 21 unidades experimentales, en los que se ha elegido de manera aleatoria 5 plantas de yuca que fueron objetos de estudio para cada tratamiento.

- Marbeteado

Una vez medido y dividido la parcela de estudio, se procedió a la señalización con marbetes: los bloques, dentro los bloques los tratamientos y dentro de estos las 5 plantas de yuca que fueron objeto de estudio.



Fuente: fotografías propias

Figura 15. Marbeteado de la parcela de estudio

- Colocado de los plásticos en las plantas muestras

En cada una de las 5 plantas seleccionadas para el estudio, se colocó los plásticos o nylon transparentes por debajo de estas, para facilitar la cuantificación de las larvas.



Fuente: fotografía propia

Figura 16. Colocado de plásticos

c) Incidencia de la plaga

Par determinar la presencia e incidencia de la plaga se contabilizó el número de plantas afectadas sobre un total de 30 plantas en promedio por tratamiento y aplicando la siguiente formula, según Ogawa (1986); citado por Ramírez (2005), se obtuvo la incidencia en la parcela de estudio, expresada en porcentaje.

$$\text{Incidencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas afectadas}}{N^{\circ} \text{ total de plantas}} \times 100$$

d) Recolección del material biológico para los extractos

La recolección de la planta de Sacha, se la hizo en el sector la rinconada, ubicada en la carretera Santa Bárbara – Coroico altura del Km 86.



Fuente: Fotografías propias

Figura 17. Recolección de la Sacha para el estudio

Se hizo la recolección del material vegetal (itapallu), de la misma zona de estudio (Puerto Carmen), cortando desde los tallos, ramas y hojas con la ayuda de guantes y machete.



Fuente: fotografía propia

Figura 18. Recolección de itapallu

e) Preparación de los extractos naturales

- Extracto de sacha

Para la preparación del extracto de Sacha, se procedió a cortar y picar con un machete las ramas, tallos, hojas y flores, para luego pesarlo y depositarlo en una olla, con una relación de 1 kg de material vegetal con 2 L de agua, para hacer dar un hervor, dejándolo reposar por 24 horas, posteriormente tamizarlo y luego se vació el caldo en botellas pett.



Figura 19. Preparación del extracto de Sacha.

- Extracto de itapallu

Con la ayuda de un machete, se procedió a cortar (triturar) las ramas, tallos y las hojas del material vegetal (itapallu), para luego hacer el pesaje y colocarlo en una olla para hacer dar un hervor, posteriormente tamizarlo, así vaciando el caldo sobre un tacho, dejándolo reposar por 24 horas.

Figura 20. Preparación del extracto de Itapallu.



f) Aplicación de los extractos

Con la ayuda de una mochila aspersora, se aplicó los extractos naturales, tanto de la planta de itapallu como de sacha, en horas de la mañana cuando no se presentaba demasiada escarcha y evitando una la fuerte radiación solar.

Se preparó los extractos de Itapallu y la Sacha en dosis de 2, 4 y 6 L por cada mochila aspersora de 20 L, se completó la mochila con agua del lugar, es decir: para 2 L de dosis de extracto se completó a la mochila aspersora con 18 L de agua, para 4 L de dosis de extracto se completó con 16 L de agua en la mochila aspersora y para 6 L de dosis se puso 14 L de agua en la mochila aspersora. Posteriormente se procedió a aplicar los extractos sobre las plantas de yuca, para cada tratamiento, se tomó en cuenta la concentración de los extractos, la calibración de la mochila a presión constante y utilizando el agua del lugar; se hizo una sola aplicación y sin el uso de productos adherentes.

Cabe mencionar que se hizo una sola aplicación debido a problemas de tipos social y económico, ya que los productores de la zona al tener el antecedente de que esta plaga arrasa con los cultivos de yuca y papaya con facilidad y en un tiempo corto afectando a la producción y su economía, no permiten que se haga ningún tipo de estudio ni experimento, alegando que no pueden esperar a ver los resultados de las investigaciones, más al contrario, lo que piden son resultados y soluciones inmediatas, sin importar si eso implica el uso de insecticidas químicos..

g) Evaluación de la efectividad de extractos

Una vez aplicado los extractos (en sus diferentes concentraciones para cada tratamiento) sobre el cultivo de yuca, se procedió a tomar datos diariamente, proceso que se realizó durante el lapso de 5 días y de esa forma obtener los resultados de la efectividad de los extractos.

h) Organización y procesamiento de la información recolectada

Los datos de campo recabados durante el proceso de evaluación del presente trabajo, se organizaron de modo tal que facilite su procesamiento y obtención de los resultados.

i) Análisis y evaluación de los resultados

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, permitieron validar los objetivos, metas y las variables propuestas, referente al control de la plaga de *E. ello* con extractos naturales en el municipio de Palos Blancos.

j) Conclusiones

En esta última etapa del trabajo en base a los resultados obtenidos, se realizó un análisis e interpretación de los resultados del uso de extractos naturales para el control de la plaga *E. ello* sobre el cultivo de yuca, llegando a las conclusiones respectivas del trabajo.

3.2.3. Variables de respuesta

En base a los objetivos planteados, se analizó las siguientes variables:

- **Grado de incidencia de la plaga *E. ello* sobre el cultivo de yuca**, esta variable de respuesta corresponde a la relación porcentual del número de plantas u partes vegetales infestadas con una determinada plaga, con respecto al total de plantas u órganos inspeccionados de la parcela de estudio, el cual se determinó en base a conteo de la población de la plaga en campo.
- **Efecto del extracto natural de sachá (*D. elliptica*) sobre la plaga *E. ello***, se determinó, utilizando el método de muestreo y contabilizando las larvas muertas y larvas vivas de la plaga, durante un periodo de 5 días.
- **Efecto del extracto natural de itapallu (*U. sp.*) sobre la plaga de *E. ello***, se determinó, utilizando el método de muestreo y contabilizando las larvas muertas y larvas vivas de la plaga, durante un periodo de 5 días.

3.2.4 Diseño experimental

El presente trabajo se llevó a cabo, según recomendación de Ochoa (2007), bajo el diseño “FACTORIAL BLOQUES AL AZAR” con factorial 2 x 3 (Factor A x B), haciendo 6 tratamientos en 3 repeticiones, 18 unidades experimentales, con un margen de error del 5%. El modelo lineal aditivo se expresa de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

β_k = Efecto del k-esimo bloque

A_i = Efecto del i-esimo extracto

B_j = Efecto de la j-esima dosis

AB_{ij} = Efecto del i-esimo extracto, con la j-esima dosis (interacción AxB)

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.2.4.1. Factores de estudio

Factor A (Extractos)

a1 = Sacha

a2 = Itapallu

Factor B (Niveles de Dosis)

b1 = 2 L.

b2 = 4 L.

b3 = 6 L.

3.2.4.2. Tratamientos

T1 = a1 b1 (sacha x 2 L)

T2 = a1 b2 (sacha x 4 L)

T3 = a1 b3 (sacha x 6 L)

T4 = a2 b1 (itapallu x 2 L)

T5 = a2 b2 (itapallu x 4 L)

T6 = a2 b3 (itapallu x 6 L)

3.2.4.3. Croquis del experimento

Repeticiones	Tratamientos						
I	T1 a1 b1	T2 a1 b2	T3 a1 b3	T6 a2 b3	T5 a2 b2	T4 a2 b1	testigo
II	testigo	T6 a2 b3	T4 a2 b1	T5 a2 b2	T1 a1 b1	T3 a1 b3	T2 a1 b2
III	T3 a1 b3	T1 a1 b1	T2 a1 b2	testigo	T4 a2 b1	T6 a2 b3	T5 a2 b2

3.2.4.4. Análisis estadístico

El análisis de las variables se realizó por medio del procedimiento de análisis de varianza (ANVA), análisis de efecto simple entre factores (análisis de interacción) mediante la prueba Duncan, a un nivel de significancia del 5% para divisar las diferencias significativas.

4. SECCION PROPOSITIVA

4.1. Características socioeconómicas

En nuestro país se utiliza como indicador de pobreza al porcentaje de población pobre según necesidades básicas insatisfechas “NBI”, que concibe la pobreza como una necesidad, además observa y evalúa si un hogar cuenta o no con los bienes y servicios que puedan permitirle satisfacer efectivamente sus necesidades.

Es así que el municipio, según el indicador (NBI), presenta un nivel de pobreza de 90,5% en el año 2001, según INE (2001).

4.2. Grado de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria

La vulnerabilidad se refiere a toda la gama de factores que hacen que las personas queden expuestas a inseguridad alimentaria, representa “indefensa, inseguridad, y exposición a impactos, tensiones y dificultad para enfrentarlos” (PDM Palos Blancos, 2008).

Seguridad Alimentaria implica que; “existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen disponibilidad, acceso y uso de los alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades” alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana” (Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Roma, noviembre de 1996; Citado por: PDM Palos Blancos, 2008).

Según el Mapa de Vulnerabilidad, es clasificada la vulnerabilidad en niveles, a la Inseguridad Alimentaria (a nivel Municipal y comunal), que cuenta con un rango de cero a cinco, siendo el primero (0) el valor más bajo los que muestra que ese estrato tiene mayor seguridad alimentaria y el valor de cinco (que cuenta con menor seguridad alimentaria), o que tiene menos probabilidades de satisfacer sus necesidades en épocas críticas (Más pobres = 5) (PDM Palos Blancos, 2008).

De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda (INE, 2001), el Municipio de Palos Blancos presenta un Grado de Vulnerabilidad igual a tres, lo que indica que en

épocas críticas climáticas: sequías, inundaciones, heladas, es relativamente indefenso e inseguro a la exposición de esos riesgos.

4.3. Ingresos económicos

Se pueden identificar estratos con ingresos diferentes de acuerdo a la actividad productiva realizada. Se presentan los siguientes grupos: familias dedicadas íntegramente a la actividad agrícola, familias dedicadas al tema pecuario y familias con actividad económica diversificada. Los ingresos familiares toman en cuenta la venta de los diferentes productos agropecuarios relevantes producidos y/o transformados en el lugar.

4.4. Insectos plaga

Son todos aquellos insectos que causan daño al hombre, o a los animales y plantas. En el caso de las plagas agrícolas, provocan pérdidas enormes en la agricultura, atentando contra los intereses económicos del agricultor. Los daños ocasionados por los insectos pueden ocurrir en el campo, durante el proceso de transporte y almacenamiento. El daño puede ser causado por el adulto, la larva, la ninfa, o los dos (Delgado, 2004).

De acuerdo al nivel de daño que producen en la agricultura, a los insectos fitófagos se les puede clasificar en tres grupos básicos:

a) Plagas principales o claves. Son los insectos que causan grandes pérdidas a la agricultura. En los campos de cultivo se presentan en forma frecuente y durante todos los años.

b) Plagas potenciales. Son insectos que por las condiciones del medio biótico y abiótico del campo de cultivo, sus poblaciones se encuentran en bajas cantidades. Cuando se presentan las condiciones favorables las poblaciones se incrementan. Ocurren con la aparición de un cambio climático o ecológico favorable (por ej: fenómeno del Niño). Después de la aplicación de un insecticida, sin tener el conocimiento necesario se matan otros organismos benéficos, produciéndose el surgimiento de una nueva plaga principal.

c) Plagas estacionales. Este tipo de insectos se presenta en determinadas épocas del año, o en ciclos de varios años. En estas épocas se pueden convertir en verdaderos problemas para la agricultura (Delgado, 2004).

4.5. Implementación de MIP.

La definición dada por los expertos de FAO (citado por Beingolea 1980) es la siguiente: «El control o manejo integrado de plagas es un sistema de manejo de plagas que, en el contexto del ambiente asociado y de la dinámica de poblaciones de las especies plagas, utiliza todas las técnicas y métodos disponibles de la manera más compatible que sea posible y mantiene las poblaciones de las plagas a niveles inferiores a aquellos que causan daño económico" (Delgado, 2004).

La importancia del MIP radica en reducir las pérdidas en forma efectiva, económicamente viable y ecológicamente compatible.

Según, Giraldo (2003), El manejo integrado de plagas –MIP- intenta el más eficiente uso de las estrategias disponibles para el control de las poblaciones de las plagas por medio de la toma de acciones que prevengan problemas, suprima niveles de daño y haga uso del control químico solamente cuando y donde sea extremadamente necesario. En lugar de tratar de erradicar las plagas, el MIP se esfuerza en prevenir su desarrollo o a suprimir el número de las poblaciones de plagas a niveles por debajo de lo que podría ser económicamente dañino.

Manejo: El manejo se refiere al intento de controlar las poblaciones de plagas de una manera planificada y sistemática manteniendo su número o daño dentro de un nivel aceptable.

Integrado: Integrado significa que un amplio e interdisciplinario enfoque es iniciado, usando principios científicos de protección de cultivos para fusionar en un sistema simple una variedad de métodos y tácticas.

Plaga: Las plagas incluyen insectos, ácaros, nematodos, fitopatógenos, malezas y vertebrados que adversamente afectan la calidad y rendimiento de los cultivos.

4.5.1. Principios básicos del MIP

- **Exclusión:** La exclusión busca prevenir prioritariamente la entrada de las plagas a los campos de cultivo.

Supresión: La supresión se refiere al intento de suprimir las plagas por debajo de los niveles a los cuales ellas podrían causar daños económicos.

- **Erradicación:** La erradicación pretende la entera eliminación de una plaga determinada.

- **Plantas resistentes:** La creación de plantas resistentes señala el esfuerzo por desarrollar variedades sanas y vigorosas que serán resistentes a determinada plaga.

4.6. Resultados del trabajo

Basado en las variables de respuestas y los objetivos planteados, los valores determinados para la comparación de los extractos y las dosis, se establecieron los siguientes resultados:

4.6.1. Incidencia de la plaga *E. ello*

En la figura 21, se presenta el porcentaje incidencia de la plaga

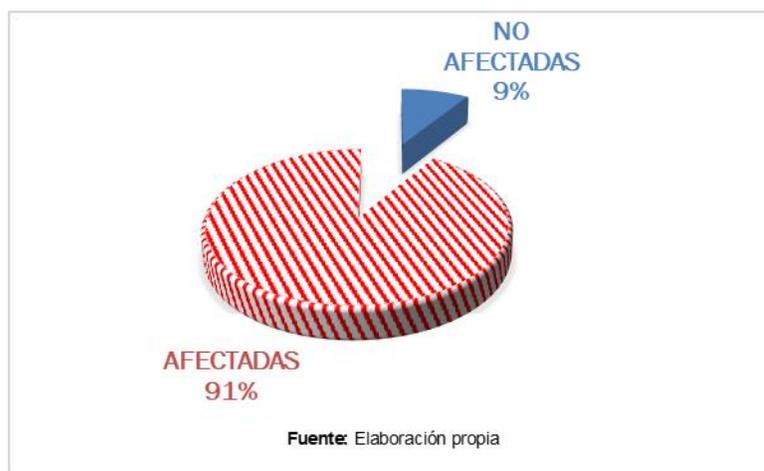


Figura 21. Incidencia de la plaga *E. ello* sobre el cultivo de yuca

De acuerdo a evaluación de campo (figura 21), el porcentaje de la incidencia de la plaga gusano cachón (*E. ello*) sobre el cultivo de yuca fue de un 91% de infestación en la parcela de estudio, lo que representa la población alta de la plaga en el cultivo (Plaga clave), repercutiendo negativamente en el rendimiento de la cosecha.

Al respecto, CIAT (1989), indica que cuando *E. ello* se presenta en altas poblaciones se convierte en una plaga de importancia económica más aún si ataca plantaciones jóvenes, siendo necesario controlarlo para evitar reducciones apreciables en el rendimiento.

Según (Herbert, 1992), el hecho de que la plaga se encuentre cohabitando con los cultivos no implica necesariamente que los mismos vayan a sufrir una merma en sus rendimientos, ya que dentro de ciertos niveles de infestación, existen en las plantas mecanismos, que permiten a las mismas anular los daños causados, dependiendo del tipo de plaga y del lugar de la planta que es atacado.

Así, en el caso de la yuca, un pequeño porcentaje de defoliación, no es, necesariamente, perjudicial para el cultivo, pero cuando el ataque de la plaga *E. ello* sobre el cultivo de yuca se presenta en altas poblaciones se convierte en una plaga clave por su daño económico, diferenciándose de la plaga ocasional que no incide en el cultivo y por ende en el daño económico.

4.6.2. Análisis de varianza del efecto de extractos

En el cuadro 5, se presenta el análisis de varianza (ANVA) del efecto de los extractos naturales sobre la plaga gusano defoliador. De acuerdo con los resultados existe diferencias altamente significativas en los factores A y B, de forma independiente, indicando diferencias dentro sus niveles, afectando sobre el control de la plaga de forma diferenciada y/o heterogénea. Por otra parte no existe un grado de significancia entre bloques, lo que indica que hay similitud entre los mismos, con pérdida de eficiencia con el diseño elegido.

Respecto a la interacción de factores (AxB), presenta un grado de significancia, lo que da a entender que existe un grado de dependencia estadística entre los factores

extracto de plantas naturales (A) y las dosis empleadas (B) sobre el efecto de control de la plaga gusano defoliador de forma diferenciada, por lo que su análisis por separado no corresponde.

Cuadro 6. Análisis de Varianza del efecto del extracto de sachá

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0,05)	
Tratamiento	5	2722.28	544.46	106.29	3.33	**
A (Extractos)	1	2156.06	2156.06	420.92	4.96	**
B (Dosis)	2	494.78	247.39	48.30	4.10	**
AxB	2	71.44	35.72	6.97	4.10	*
Bloque	2	1.44	0.72	0.14	4.10	NS
EE	10	51.22	5.12			
Total	17					

Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Variación = 15,15%

** = altamente significativo; * = significativo; NS = no significativo

El coeficiente de variación indica un valor de 15,15%, lo que da a entender que el manejo del experimento fue eficiente, controlando la variación dentro las muestras y el control del error experimental, por consiguiente datos obtenidos son confiables para su evaluación (rango de 15 a 20%, datos buenos).

4.6.2.1. Análisis de efectos simples de la interacción (A x B)

La interacción A x B, analizada independientemente a partir de un factor en los niveles del otro factor mediante análisis de varianza, en base a una tabla de doble entrada de promedios de mortalidad de las larvas de la plaga (Cuadro 7), de los diferentes tratamientos combinados de extractos y dosis, graficándose para ambos factores el comportamiento de mortalidad de larvas para su interpretación, sustentando al final con la prueba de rango múltiple Duncan, bajo una probabilidad de error de 0,05%.

Cuadro 7. Combinación de factores (mortalidad).

AxB	a ₁	a ₂	Promedio
b₁	17,00	0,33	8,67
b₂	26,00	3,33	14,67
b₃	34,67	8,33	21,50
Promedio	25,89	4,00	14,94

Fuente: Elaboración propia (2017)

4.6.2.1.1. Análisis de varianza de efectos simples de los factores A x B

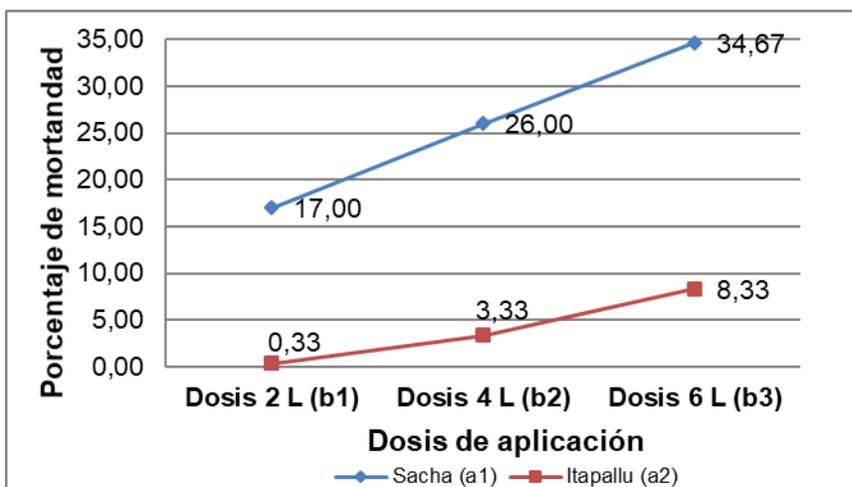
- Análisis de Varianza del factor B en los niveles del factor A

El análisis de varianza de efectos simples del factor B en los niveles del factor A (Cuadro 8), nos muestra estadísticamente diferencias altamente significativas para el nivel de extracto a_1 (sacha) y diferencias significativas para el nivel de extracto a_2 (itapallu), en ambos casos, influyendo heterogéneamente sobre la mortalidad del gusano defoliador en estado larval en el cultivo de yuca.

Cuadro 8. Análisis de Varianza de efectos del factor B en niveles de A

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft _(0,05)
B(a ₁)	2	468.22	234.11	45.70	4.10**
B(a ₂)	2	98.00	49.00	9.57	4.10*
EE	10	51.22	5.12		
Total	17				

Fuente: Propia.



Fuente: Propia (2017).

Figura 22. Comportamiento de mortandad de extractos sobre dosis de aplicación.

Cuadro 9. Comparación de mortandad del factor B en niveles de a_1 y a_2 .

B(a ₁)**			B(a ₂)*		
Tratamientos	Promedios	Comp.	Tratamientos	Promedios	Comp.
a ₁ b ₃	34,67	a	a ₂ b ₃	8,33	a
a ₁ b ₂	26,00	b	a ₂ b ₂	3,33	b
a ₁ b ₁	17,00	c	a ₂ b ₁	0,33	b

Duncan P ≤ 0,05

Con el análisis de varianza de efectos simples, la gráfica de la figura 22 y la prueba de rango múltiple Duncan (cuadro 9), se tiene la siguiente interpretación:

- $B(a_1)^{**}$, para el nivel de extracto a_1 (Sacha) estadísticamente en los niveles de dosis (b_1 , b_2 y b_3) tienen un comportamiento diferenciado en la mortandad de la plaga gusano defoliador, siendo el mejor tratamiento T_3 (a_1b_3) con promedio de control de 34,67% de mortandad, seguido de T_2 y T_1 (a_1b_2 y a_1b_1) con promedios de mortandad de 26% y 17% respectivamente, recomendándose para el caso el tratamiento T_3 (extracto de sachá con dosis de 6 L) por su alta eficiencia de control de la plaga gusano defoliador.
- $B(a_2)^*$, para el nivel de extracto a_2 (Itapallu) estadísticamente en los niveles de dosis (b_1 , b_2 y b_3) tienen un comportamiento diferenciado en la mortandad de la plaga gusano defoliador de la yuca, con superioridad del tratamiento T_6 (a_2b_3) con promedio de 8,33% de mortandad, en relación a T_5 y T_4 (a_2b_2 y a_2b_1) que presentan similitud estadística con promedios de control de la plaga de 3,33% y 0,33% respectivamente. Para fines de uso se recomendaría el tratamiento T_6 (extracto de Itapallu por dosis de 6 L), por el control superior que ejerce, sin embargo es bajo en relación a los tratamientos con extracto de sachá.
- La prueba de comparación Duncan ($P \leq 0,05$), del factor B (extractos) con los niveles de dosis del factor A, específicamente con a_1 y a_2 (extractos de sachá e itapallu), presentan diferencias estadísticas en el control de la plaga con mortandades heterogéneas. El nivel de extracto a_1 (extracto de sachá) con el nivel de dosis b_3 (dosis de 6 L) es el mejor tratamiento (a_1b_3) con 34,67% de mortandad con respecto a los niveles b_2 y b_1 , (a_1b_2 y a_1b_1) con similitud estadística con 26% y 17% de mortandad. Referente a nivel a_2 existe superioridad con el nivel b_3 (a_2b_3) con 8,33% en relación a b_2 y b_1 (a_2b_2 y a_2b_1) con similitud estadística con 3,33% y 0,33% de mortandad del insecto plaga de gusano defoliador. El análisis con extracto de Itapallu, si bien manifiesta diferencias estadísticas y un grado de control sobre la plaga objetivo, este es muy inferior en eficiencia y efectividad en relación al extracto

de sachá, por lo que se debe considerar este resultado a la hora de recomendar su aplicación para el control de la plaga clave gusano defoliador.

- Análisis de Varianza del factor A en los niveles del factor B

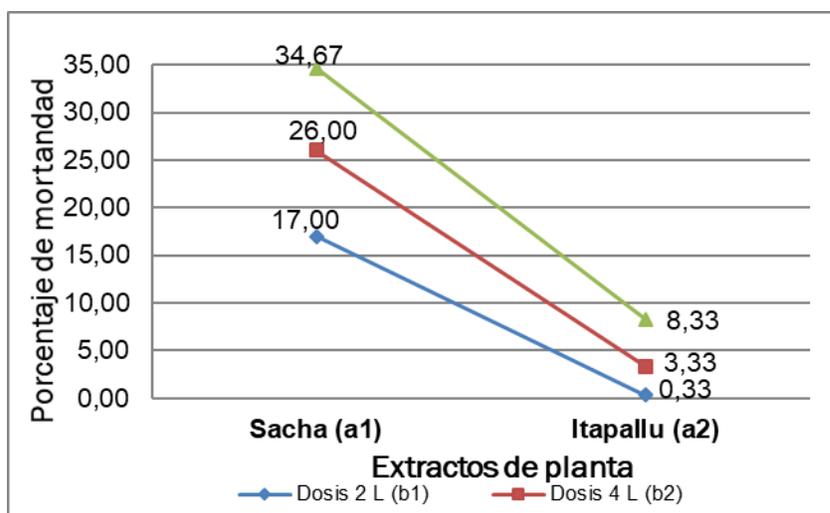
El análisis de varianza de efectos simples del factor A en los niveles del factor B (cuadro 10), demuestra estadísticamente diferencias significativas para el nivel b_1 (dosis: 2 L) y altamente significativas para los niveles b_2 (dosis: 4 L) y b_3 (dosis: 6 L), lo cual indica heterogeneidad de las dosis en la mortalidad de la plaga *E. ello*.

Cuadro 10. Análisis de varianza de efectos simples del factor A en los niveles de B

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
A(b1)	1	46.30	46.30	9.04	4.96 *
A(b2)	1	85.63	85.63	16.72	4.96 **
A(b3)	1	115.57	115.57	22.56	4.96 **
EE	10	51.22	5.12		
Total	17				

** = altamente significativo; * = significativo

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Propia (2017).

Figura 23. Comportamiento de mortalidad de dosis sobre extractos de plantas.

Cuadro 11. Comparación de mortandad del factor A en niveles de b_1 , b_2 y b_3 .

A(b_1)*			A(b_2)*			A(b_3)*		
Tratam.	Prom.	Comp.	Tratam.	Prom.	Comp.	Tratam.	Prom.	Comp.
a_1b_1	17,00	a	a_1b_2	26,00	a	a_1b_3	34,67	a
a_2b_1	0,33	b	a_2b_2	3,33	b	a_2b_3	8,33	b

Duncan $P \leq 0,05$

El análisis de efectos simples del factor A en los niveles del factor B, en base al ANVA de efectos simples (cuadro 10) y la figura 23, se llega a la siguiente interpretación:

- A(b_1)*, el nivel de dosis b_1 (2 L) en interacción con los niveles de extractos del factor A (a_1 , a_2) (extractos de sachá e Itapallu), estadísticamente tienen un comportamiento heterogéneo, es decir tienen diferencias en la acción de mortandad sobre la plaga clave gusano defoliador, manifestando superioridad el tratamiento T_1 (a_1b_1) con 17% de mortandad en relación al tratamiento T_4 (a_2b_1) con promedio de 0,33% de mortandad.
- A(b_2)* el nivel de dosis b_2 (4 L) en interacción con los niveles de extractos del factor A (a_1 , a_2) (extractos de sachá e Itapallu), de la misma forma estadísticamente tienen un comportamiento heterogéneo, es decir tienen diferencias en la acción de mortandad sobre la plaga clave gusano defoliador, manifestando superioridad el tratamiento T_2 (a_1b_2) con 26% de mortandad en relación al tratamiento T_5 (a_2b_2) con promedio de 3,33% de mortandad.
- A(b_3), el nivel de dosis b_3 (6 L) en interacción con los niveles de extractos del factor A (a_1 , a_2) (extractos de sachá e Itapallu), de igual forma que en los casos anteriores estadísticamente tienen un comportamiento heterogéneo, es decir tienen diferencias en la acción de mortandad sobre la plaga clave gusano defoliador, manifestando superioridad el tratamiento T_3 (a_1b_3) con 34,67% de mortandad en relación al tratamiento T_6 (a_2b_3) con promedio de 8,33% de mortandad.

- La prueba de comparación Duncan ($P \leq 0,05$), del factor A (extractos de plantas) con los niveles del factor B, con los niveles de dosis b_1 , b_2 y b_3 (Dosis de 2, 4 y 6 L), presentan diferencias estadísticas en la mortandad de la población de la plaga gusano defoliador del cultivo de yuca. El nivel de dosis b_1 , b_2 y b_3 en interacción con el nivel de extracto a_1 (extracto de sachá) son los mejores tratamientos (a_1b_1 , a_1b_2 y a_1b_3) con promedios de mortandad de 17, 26 y 34,67% de mortandad, respecto al nivel de extracto a_2 (extracto de itapallu) (a_2b_1 , a_2b_2 y a_2b_3) con promedios de 0,33, 3,33 y 8,33% de mortandad respectivamente. Los tratamientos con el extracto de sachá son superiores a los de extracto con Itapallu, de manera significativa, recomendándose para su uso el mejor tratamiento a_1b_3 , por su alta eficiencia de control de la plaga gusano defoliador.

Para que una plaga se desarrolle, hacen falta tres componentes: un organismo plaga, o con potencialidad para serlo, un hospedante adecuado y condiciones climáticas favorables al desarrollo de la plaga.

Se parte de un estado inicial de equilibrio, que en algún momento se altera permitiendo un desarrollo de la plaga hasta llegar a niveles perjudiciales para la planta o el cultivo en general. Normalmente esto sucede cuando las condiciones ambientales (temperatura y humedad) son muy favorables para el desarrollo de la plaga, o ante la ausencia de enemigos naturales.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el estudio, se llega a las siguientes conclusiones:

- Se determinó un grado de incidencia de 91% del *E. ello* en el total de las plantas de la parcela que fue objeto de estudio. Es decir que un 91% de las plantas eran hospederas de la plaga, lo que representa una población alta en el cultivo convirtiéndose en una plaga clave por su daño económico, repercutiendo negativamente en el rendimiento de la cosecha.
- Ambos extractos, tanto de sachá como de itapallu en sus diferentes dosis surtieron efecto en diferentes medidas sobre la plaga *E. ello*. causando mortalidad y disminuyendo su población.
- Para el caso del extracto de sachá, en sus diferentes tratamientos se tuvo un mayor efecto sobre el *E. ello* con relación a los tratamientos del extracto de itapallu, obteniéndose en el tratamiento a1b3 (sachá x 6 L) con un 34.67% de mortalidad, seguido del tratamiento a1b2 (sachá x 4 L) y tratamiento a1b1 (sachá x 2 L).
- Para el caso del extracto de Itapallu, con relación al extracto de sachá en cuanto al efecto sobre el *E. ello*, siendo el más efectivo el tratamiento a2b3 (itapallu x 6 L) con un 8,33% de mortalidad, seguido del tratamiento a2b2 (itapallu x 4 L) y finalmente el tratamiento a2b1 (itapallu x 2 L).
- El extracto de sachá fue el más eficiente en el control del *E. ello*, por lo que se demuestra que es por demás importante el uso de extractos naturales de plantas nativas que tienen cualidades pesticidas (que contienen sustancias que repelen, controlan o matan insectos) no solo para el control de plagas sino también, para mantener un equilibrio en la naturaleza y cuidar el medio ambiente.

6. RECOMENDACIONES

- La Sacha es una planta reconocida por los comunarios del lugar que utilizan para la pesca y fumigar sus diferentes cultivos, por lo que se recomienda realizar mayores estudios en la dosificación y aplicación para el control del *Erinnyis ello* y obtener una mayor efectividad.
- Para el extracto de Itapallu se recomienda realizar mayores estudios en otros cultivos, para utilizarlo con mejor efectividad en control de plagas.
- El control con extractos naturales debe fomentarse continuamente, aun si la ocurrencia de ataques no son severos, porque es un control preventivo, que permite adicionalmente al control de plagas, encontrar otras alternativas que ofrecen seguridad al medio ambiente.
- Urge realizar mayores estudios con extractos naturales para el control de plagas que permitan mantener los rendimientos de producción, que no conlleven un elevado costo medioambiental y que sean aplicados con una agricultura sostenible.

7. BIBLIOGRAFIA

Aguilar, E. et al., 2016. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. “El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Costa Rica”. San José – Costa Rica: INTA, 55 p.

Alvarez, E. et al., (2002). “Guia Practica para el Manejo de las Enfermedades, las Plagas y las Deficiencias Nutricionales de la Yuca”. Centro Internacional de la Agricultura Tropical. Editorial Imágenes Gráficas S.A. Cali Colombia 120 p.

Arias, B.; Herrera, C.J.; Bellotti, A.C: y Hernandez, G.L.; “Control Biologico y Microbiologico del Gusano Cachon de la Yuca (*Erinnyis ello*)”. Plegable Técnico. República de Colombia – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2001

Alzate, A. 2009. “VARIABILIDAD GENÉTICA Y GRADO DE ADOPCIÓN DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) CULTIVADA POR PEQUEÑOS AGRICULTORES DE LA COSTA ATLÁNTICA COLOMBIANA”. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Postgrados Palmira. Trabajo de Grado presentado para optar el título de Maestría en Ciencias Agrarias Área de énfasis Fitomejoramiento. P. 63.

Armas, F. 2012. “Instructivo Técnico de la Yuca”, POR LA EXELENIA Y DESARROLLO ECOLOGICO SOSTENIBLE EN ARMONIA CON LA NATURALEZA Y LA SOCIEDAD EN LA AMAZONIA.

Bellotti, A. 1986. BIOLOGIA Y COMPORTAMIENTO DE *Polistes erythrocephalus* Ltr. (Hymenoptera: Vespidae), PREDADOR DEL “GUSANO CACHON” DE LA YUCA *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae). Acta Agronomica Vol. 36(1) 63-76-1986. CIAT. Cali – Colombia.

Boletín mensual INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, “El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)”, Abril 2016 • Núm. 46, Republica de Colombia

Bautista, R. 2003. "TÉCNICAS DE MANEJO E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN MÉXICO". Monografía para obtener el título de: Ingeniero Agronomo en Produccion. P. 129.

Ceballos, H., De la Cruz, G. A. 2002. "Taxonomía y Morfología de la yuca". En: El Cultivo de la Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Cali, Colombia.

Cock James H., 1989 "La Yuca, Nuevo Potencial Para un Cultivo Tradicional". Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 240 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Guía de Estudio, "Descripción de las plagas que atacan la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y características de sus daños", Segunda Edición Agosto, 1983. 51 p. (Serie 04SC-04.02), Cali Colombia.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), (1987). "El Cultivo de la Yuca en los Llanos Orientales de Colombia". Serie Boletines Técnicos, Programa de Yuca N°1. Cali – Colombia. 29 p.

Control Biologico del Gusano de Flota (*Erinnyis ello*) en el Cultivo de Yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) en el VCalle de San Juan de la Maguana, Republica Dominicana. Disponible en: http://www.idiaf.gov.do/i_tecnologico/pdf/cbc8d0_textocompleto.cias-sia.yuca.40.pdf.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1989. Mabejo Integrado de *Erinnyis ello* (L) (Gusano Cachón de la Yuca). Guía de Estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Colombia. CIAT. 62 p. (Serie 04SC-04.01). Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/ipm/pdfs/curso_corpoica_bellotti.pdf

Conde, R. 2011. "EFECTO DE ENTOMOPATOGENOS EN EL CONTROL DE *Erinnyis ello*, (Lepidoptera: Sphingidae) EN CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta* C.) EN EL MUNICIPIO DE PALOS BLANCOS, DEPARTAMENTO DE LA PAZ". Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomia. Tesis de Grado (Bolivia) P. 99

Condori, J. 2011. "Implementación del Sistema Agroforestal Multiestrato en la comunidad de San Pablo Municipio de Palos Blancos Alto Beni del Departamento de La Paz". Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Tesis de Grado.

Cuadernillo "Producción de Mandioca y sus Usos". Montecarlo, Misiones, año 2008
Secretaría de Desarrollo Económico Municipalidad de Montecarlo Misiones – Argentina

Delgado, C. (2004), "Manejo de insectos plagas en la Amazonia: Su aplicación en camu camu". Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), Lima – Peru, 147p.

GUERRA, J.F. 2010. Mariposas diurnas comunes del Municipio de Coroico (Parte I) y Saturniidae y Sphingidae de los yungas de La Paz (Parte II). Viceministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa Universidad Católica San Pablo.

Giraldo, A. G. (2003), "Manejo Integrado de Plagas – MIP". Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Proyecto Comunidades y Cuencas, Cali – Colombia, 19p.

Herbert, 1992. "Validación de un modelo para estimar la alimentación de hojas por insectos en soja". Protección de cultivos.. Volumen 11. Número 1. Febrero de 1992. Pp 27-34

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Revista Cultivos Tropicales, Apuntes Sobre el Cultivo de la Yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). Tendencias Actuales) Vol. 32 N° 3 la Habana – Cuba, 2011.

INFOAGRO, 2006. El cultivo de la yuca. Consultado en 01/08/2017. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>

MMAyA, 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Agua - Viceministerio de Medio Ambiente Biodiversidad, Cambios Climáticos, y de Gestión y Desarrollo Forestal. "Los Parientes Silvestres del Cultivo de la Yuca en Bolivia: Estado de Conocimiento, Grado de Conservación y Acciones de Conservación Propuestas". Proyecto Global UNEP/GEF "Conservación *in situ* de parientes silvestres de cultivos a través del manejo de información y su aplicación en campo" – Componente Bolivia. P. 139.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos. San José, Costa Rica, DIA. 559 p.

MAES, J.M.1999. Insectos de Nicaragua. Setab, BOSAWAS, MARENA, Managua – NI. 1898pp. Familia Sphingidae 1408 – 1420p.

Notiboliviarrural.com, Agropecuaria, Agroindustria, Forestal y Medioambiente. El Vallecito conserva 60 variedades de yuca con buen potencial de rendimiento. 27/03/2017. Disponible en: <http://www.notiboliviarrural.com>

Ospina, B.; Ceballos, H. (2002). “La Yuca en el Tercer Milenio” Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali – Colombia 586 p.

Proyecto De Alianzas Rurales (PAR) – Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), 2005. “Plan de Manejo de Plagas”.

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL PALOS BLANCOS, PDM (2008-2012), consultoría: Iniciativas Bolivia, 459p.

Renaud, J. “TÉCNICAS DE MANEJO E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN MÉXICO”. MONOGRAFIA Presentada como requisito parcial para obtener el título de: INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre de 2003.

Suárez Guerra, Lorenzo; Hernández Espinosa, María M., 2015. EFECTO DEL PECTIMORFO EN EL CULTIVO DE ÁPICES DE PLANTAS In Vitro DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz), CLONES `CMC-40 Y `SEÑORITA´. Cultivos Tropicales, vol. 36, núm. 4, octubre-diciembre, 2015, pp. 55-62. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba

Valdez, J.; Hernández, R. 2014. “Guía técnica para la producción de yuca”. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Santo Domingo, DO. 64 p.

ANEXOS

ANEXO 1. Efecto de los Extractos Naturales (Sacha e Itapallo) sobre *Erinnyis ello*, validación de Campo.



Preparación del plástico, en el playón



Toma de datos, etiquetado de varillas



Larva mudando de 2do a 3er estadio



Preparación de los extractos a la mochila



Larvas defoliando en los yucales



Larvas de color negro veteadas de rojo



Muerta colgada de sus pseudopatas



Larvas de 4to estadio con síntomas iniciales



Larva muerta síntomas finales



Larvas muertas de 1er y 2do estadio por acción del Itapallo



***Podisus* spp. Depredador natural de las larvas**



Larva muerta colgada entre las ramas por acción de la Sacha

ANEXO 2. Experiencias en Puerto Carmen, Agua dulce, Cocochi y Chayanta II.



Larva defoliando hojas de yuca



Planta de papayo defoliado, Cocochi



Conglomeración de larvas, Agua Dulce



Recolección de larvas



Cultivo defoliado, Agua Dulce



Yucas semidefoliados Puerto Carmen



Planta defoliada, Puerto Carmen



Eclosión de huevo en hoja de yuca



Identificación de larvas en los papayales



Convivencia con los comunarios, Chayanta II



Socialización con los comunarios.



Visita a las parcelas afectadas en Cocochi

Fuente: Elaboración propia.



**Sub Alcaldía Inicua,
Camino a Chayanta II**



**En Sapecho, camino a
Palos Blancos**



**Visita al secretario
ejecutivo del Área VII**



**Captura del adulto con
trampas de Luz**



**Adultos de
*Erinnyis ello***



**Recolección manual de
pupas, Puerto Carmen**



**Itapallo cortado listo
para macerar**



**Cortando la Sacha
antes de macerar**



**Cocción de los
extractos a leña**



**Extractos de Sacha e
Itapallo**



**Preparación en la
mochila fumigadora**



**Fumigación en el
sector del playón**



PREPUPAS



Recolección de huevos



Visita a Cocochi



**Recolección del Itapallo
en Pto. Carmen**



**Fumigación con
extracto de Itapallo**



**Fumigación con
extracto de Sacha**



**Medición del terreno
de estudio**



**Extracto de Sacha,
Puerto Carmen**



**Extracto de Itapallo,
cerca al río Cotakajes**

Fuente: Elaboración propia