

INFORME ANUAL 2019

1. Programa o Departamento:

Departamento de Protección Vegetal

2. Director de la Estación Experimental:

Ing. Carlos Caicedo.

3. Responsable del Departamento:

Jimmy Pico Rosado, MS.c.

4. Equipo técnico multidisciplinario I+D:

Ing. Alejandra Díaz
Ing. Leider Tinoco
Agr. Edgar Yáñez
Sr. Víctor Merizalde
Agr. Jefferson Pérez
Sr. Rubén Segarra
Sr. Angel aguilar
Sr. Guilber jimenez

5. Financiamiento: Gasto corriente

6. Proyectos: Gasto corriente

7. Socios estratégicos para investigación: GIZ, CEFA

Resumen

El presente estudio comprende las actividades realizadas por el Departamento de Protección Vegetal de enero a diciembre del 2020; el cual orienta sus esfuerzos a la generación de tecnologías para el manejo de plagas y enfermedades bajo un enfoque ecológico, integrando algunos métodos de control de plagas que afectan los rendimientos de los rubros de importancia económica como de exportación sembrados en la Amazonia. Entre ellos se destacan el cacao, café, palma aceitera, pastos, pitahaya y otros. En los procesos de investigación en el rubro cacao se ha logrado caracterizar 20 cepas de hongos del genero *Trichoderma*; las mismas que son parte de una colección realizada en el año 2012; además se han seleccionado cuatro cepas con alta capacidad de biocontrol a *Moniliophthora roreri*. En cacao bajo sistemas agroforestales se ha concluido el año cinco evaluación de las variables sanitarias en donde se evidencia que los manejos alto convencional y medio convencional son los que obtienen los mayores rendimientos. En el ensayo de café bajo sistema agroforestal se ha obtenido resultados del año tres, en donde se evidencia que el taladrador al ser la plaga de mayor impacto sobre la producción de café, al analizar los datos se puede indicar que a mayor exposición solar; es decir que los sistemas que proyectan mayor entrada de luz desfavorecen los niveles de infestaciones de la plaga. Al aplicar el mayor uso de pesticidas, se favorece el daño del taladrador de la ramilla. También cuando no se aplica ningún manejo se favorece la plaga; mientras que en niveles de manejos medios y orgánicos intensivo favorecen el control de la plaga. En pitahaya se ha logrado establecer dos ensayos bajo sistemas agroforestales, se ha logrado determinar principales plagas involucradas en la producción radicular y el deterioro de las vainas y fruta. En el ensayo de palma aceitera, se ha determinado el efecto del entomopatógeno *Beauveria* sp. e *Isaria* sp. sobre *Lincus* sp. En el ensayo de fertirrigación en cacao de disponer de información sobre efecto de los tratamientos, en los que se evidencia que los testigos tienen mejor comportamiento. En los servicios de diagnóstico se han realizado 66 análisis micológicos que en su mayoría corresponden a servicios internos de investigación.

8. Publicaciones:

Unraveling the complexity of coffee leaf rust behavior and development in different *Coffea arabica* agro-ecosystems.

9. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión:

9.1. Difusión técnica

- Manejo integrado de principales problemas fitosanitarios del cultivo de café (*Coffea canephora*) en Tena, convenio ENGIM.
- Capacitación en multiplicación artesanal de microorganismos benéficos e Cantón Tena, convenio ENGIM.
- Calibración de Huertas de cacao en el cantón Tena, convenio ENGIM
- Expositores en “día de campo manejo, difusión de la tecnología de naranjilla *Solanum quitoense* en el cantón el Chaco”.
- “Curso de formación de sensores fitosanitarios para prevención de FocR4T en musáceas”

9.2. Participación en eventos científicos

- Evaluación De La Dispersión De Esporas De *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) En El Cultivo De Cacao (*Theobroma cacao* L.) En La Joya De Los Sachas, Expositor en Simposio de cacao.
- Biodiversidad De Especies Asociadas A Los Sistemas De Producción De Cacao (*Theobroma cacao*).
- Efecto Del Manejo Sobre La Incidencia De *Moniliophthora roreri*, Y Rendimiento En El Cultivo De Cacao (*Theobroma cacao* L.).
- Manejo integrado de la monilia (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao en la Joya de los Sachas.
- Efecto de la Sombra Sobre la Cantidad de Inóculo de *Moniliophthora roreri* (Cif & Par), en el Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.).

- Evaluación de la Dispersión de Esporas de *Alternaria* sp. en el Cultivo de Pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en Palora.
- Efecto de medios de cultivo enriquecidos con sustrato de pencas de pitahaya (*Hylocereus Megalanthus*) para acelerar el crecimiento de *Alternaria* spp.
- Prospección de enfermedades fúngicas sobre pencas de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en el cantón Palora.
- Identificación del agente causal de la pudrición del pie de pitahaya amarilla (*Hylocereus Megalanthus*) en el cantón Palora.
- Dispersión De Esporas De *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) En El Cultivo De Cacao (*Theobroma cacao* L.) y su relación con los factores meteorológicos.
- Prospección de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de pitahaya amarilla (*Cereus* sp.) en el cantón Palora

10. Propuestas presentadas:

10.1. Propuesta 1. Título: “Evaluación de la variabilidad clonal de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo sistema agroforestal en la provincia de Napo”.

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: INIAP

Fecha presentación: 18/09/2019

Responsable: Ing. Antonio Vera, Ing. Cristian Subía, Ing. Jimmy Pico, Ing. Fabián Fernández.

Equipo multidisciplinario: Ing. Darío Calderón, Ing. Darwin Pinza, Ing. Félix Bastidas, Ing. Armando Burbano Ing. Dennis Sotomayor.

Presupuesto: 5563.00 USD

Duración proyecto: cinco años

Estado: Presentado

Fecha probable inicio ejecución: 15 de diciembre del 2019

10.2. Propuesta 2. “Evaluación de la adaptación de clones promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo sistema agroforestal en la provincia de Napo”

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: INIAP

Fecha presentación: 18/09/2019

Responsable: Ing. Antonio Vera, Ing. Cristian Subía, Ing. Jimmy Pico, Ing. Fabián Fernández

Equipo multidisciplinario: Ing. Darío Calderón, Ing. Darwin Pinza, Ing. Félix Bastidas, Ing. Armando Burbano Ing. Dennis Sotomayor.

Presupuesto: 8163.00USD

Duración proyecto: cinco años

Estado: Presentado

Fecha probable inicio ejecución: 15 de diciembre del 2019

10.3. Propuesta 3. “Evaluación del comportamiento sanitario y productivo de genotipos de café robusta (*Coffea canephora*), bajo sistema agroforestal en la provincia de Napo”

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: INIAP

Fecha presentación: 18/10/2019

Responsable: Ing. Antonio Vera, Ing. Cristian Subía, Ing. Jimmy Pico, Ing. Fabián Fernández

Equipo multidisciplinario: Ing. Darío Calderón, Ing. Darwin Pinza, Ing. Félix Bastidas, Ing. Armando Burbano Ing. Dennis Sotomayor.

Presupuesto: 6408.00 USD

Duración proyecto: cinco años

Estado: Presentado

Fecha probable inicio ejecución: 15 de diciembre del 2019

10.4. Propuesta 4. “Evaluación del comportamiento sanitario y productivo de cuatro genotipos de café robusta (*Coffea canephora*), bajo dos niveles de sombra en la provincia de Napo”

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: INIAP

Fecha presentación: 18/10/2019

Responsable: Ing. Antonio Vera, Ing. Cristian Subía, Ing. Jimmy Pico, Ing. Fabián Fernández

Equipo multidisciplinario: Ing. Darío Calderón, Ing. Darwin Pinza, Ing. Félix Bastidas, Ing. Armando Burbano Ing. Dennis Sotomayor.

Presupuesto: 6256.00 USD

Duración proyecto: cinco años

Estado: Presentado

Fecha probable inicio ejecución: 15 de diciembre del 2019

11. Hitos/Actividades o proyecto establecidas en el POA:

11.1. Actividad 1. Título: “Identificación de cepas de *Trichoderma* spp., con capacidad de biocontrol aisladas del norte de la Amazonía ecuatoriana”.

Responsable: Ing. Jimmy Pico R.

Equipo multidisciplinario: Ing. Leticia Vivas (tutora académica, Universidad de Guayaquil), Ing. Jimmy Pico, Ing. Carlos Caicedo

Antecedentes

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es de gran importancia económica y social en el Ecuador, pues aproximadamente el 13% de la población económicamente activa agrícola del país se relaciona con dicho cultivo (Pro - Ecuador, 2013). En el Ecuador se estima que para el año 2017 la superficie plantada es 573 516 (ha) con una producción de 205 955 toneladas métricas. De estas 48 517 están ubicadas en la Región Amazónica con una producción de 3 734 toneladas métricas (ESPA, 2017). En la Amazonía una hectárea de cacao en edad de 6 a 10 años, se estima que produce entre 30 000 a 40 000 mazorcas por año, dependiendo del nivel de manejo, *M. roreri* puede genera un impacto destructivo muy significativo que sobrepasaría el 80% si estos valores lo relacionamos con la producción de mazorcas año obtenidas en la amazonia esto equivaldría a una perdida entre 24 000 a 32 000 mazorcas que equivale a un rango de 20 a 30 quintales de pérdida por año.

M. roreri, es un grave problema para la agricultores amazónicos, dadas estas condiciones los productores no pueden tener ingresos que satisfaga su economía, lo cual causa desmotivación obligando a buscar otras opciones de producción o en último de los casos se ven obligados a abandonar sus áreas de producción y migrar hacia las ciudades, otros autores como Sánchez & Garcés, (2012), la moniliasis es capaz de provocar pérdidas de producción de hasta un 100%, dependiendo la zona, época del año, nivel de manejo y condiciones climáticas, Esta región, se caracteriza por presentar condiciones apropiadas para el crecimiento virulento del patógeno; es por esta razón que su manejo es complejo y mucho más cuando no se conoce el ciclo del hongo, su epidemiología, en el cultivo y el tiempo oportuno para aplicar las estrategias de manejo (Pico et al, 2012; Nieto & Caicedo, 2012). El empleo de agentes microbianos, como control biológico, es reportado como Una opción eficaz frente al uso de fungicidas químicos para el control de enfermedades (Sivila, 2013).

Estudios realizados en los últimos años han demostrado el gran potencial de hongos (Krauss & Soberanis, 2003; Suárez & Cabrales, 2008) y bacterias endófitas para el control de la moniliasis. Entre los microorganismos más importantes están las bacterias de los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* y hongos de los géneros *Gliocladium* y *Trichoderma*. Las especies de *Trichoderma* tienen una gran actividad antagonista sobre patógenos como *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Pythium ultimum* y *Fusarium oxisporum*, causantes de enfermedades importantes en cultivos de rábano, clavel, crisantemo, frijol, cafeto, haba, tomate y cítricos entre otros (Tovar, 2008)

El género *Trichoderma* tiene diferentes mecanismos para manejar las plagas, destacándose entre ellos la competencia por el espacio y los nutrientes, el micoparasitismo, la producción de compuestos inhibidores, la inactivación de enzimas del agente patógeno y la inducción de resistencia (Harman et al, 2004; Holmes et al, 2004). En este estudio se caracteriza morfológicamente 20 cepas nativas del género *Trichoderma* y se seleccionarán los aislados más antagónicos frente a *M. roreri*.

Objetivo.

- Caracterización morfológica de cepas de *Trichoderma* spp. aisladas en sistemas de cacao en la zona centro norte de la Amazonía Ecuatoriana.
- Evaluar el potencial antagónico de cepas de *Trichoderma* spp. sobre *Moniliophthora roreri* en condiciones In vitro.

Metodología

El estudio se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA), en el laboratorio de Protección Vegetal, ubicada en la provincia de Orellana, cantón La Joya de los Sachas, en latitud 00° 21' 31.2" S, longitud 76° 52' 40.1" W, altitud de 250 msnm (datos GPS).

El factor en estudio corresponde a cepas de *Trichoderma*, que fueron colectadas en la zona norte de la Amazonia Ecuatoriana en el año 2012 y conservadas en tubos de ensayo con gel de sílice, las cuales se mantienen viables de cuatro a cinco años (Nakasone, Peterson, & Jong, 2004). Para el proceso de rehabilitación se utilizó la técnica de Góral (1973), se raspa todo el contenido del tubo con una espátula estéril y se depositó en un matraz de 500 mL, que contenía 100 mL de medio PDA + ácido láctico estos se incubarán a 27 °C durante el tiempo en el que se evidencie el crecimiento del hongo. Se preparó la suspensión de propágulos a

partir de los matraces con el hongo esporulado, Se tomó 3 mL de esta solución y se sembraron en cajas Petri con medio agar papa dextrosa (PDA).

Para los dos experimentos se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con tres repeticiones. El testigo consistió en siembras de solo el patógeno en el centro de cajas Petri con PDA. La unidad experimental consistirá de una caja Petri con *M. roreri* en presencia o ausencia del microorganismo.

Los estudios morfológicos se realizaron siguiendo la metodología de Samuels et al., (2000) las colonias de *Trichoderma* se sembraron en tres medios; harina de maíz dextrosa agar (CMD) medio sintético bajo en nutrientes (SNA) (Nirenberg, 1976), papa dextrosa agar (PDA). Las cajas de Petri se incubaron durante cinco días sobre una mesa de trabajo bajo condiciones naturales de luz y oscuridad a 29 °C. Para la caracterización microscópica se utilizó la técnica de Samuels et al., (2000). La que se realizó mediante laminillas semipermanentes elaboradas con KOH (3%) para esto se empleó un microscopio compuesto de contraste (Motic Ba 310). Se tomó muestras de las cepas de cinco días de crecimiento de *Trichoderma* spp., y se fijó en la placa porta objeto, además se adiciono azul de metileno y se procedió a realizar las observaciones y mediciones en el microscopio con lentes de 40X y 100X. Para la identificación de las especies *Trichoderma* fue a través de claves se relaciona con los trabajos de (Arias & Piñeros, 2008) quienes utilizaron claves taxonómicas, teniendo en cuenta las características macroscópicas y microscópicas; identificaron varios géneros y especies de *Trichoderma* spp.

Para medir la capacidad de biocontrol, se realizó enfrentamientos duales colocando a los dos microorganismos -antagónico y patógeno- en cajas Petri con medio de cultivo potato-dextrosa-agar (PDA), para observar el desarrollo simultáneo (Bell, Wells, & Markham, 1982). Se realizó los montajes respectivos, las cajas Petri se incubarán a 25 °C.. Para la preselección de los aislamientos, se evaluará el potencial antagónico de cada una de las cepas de *Trichoderma*; mediante el programa Image Tool versión 3.0, desarrollado por Wilcox et al. (2002) junto con la universidad de Texas, éste funciona con Windows 7, y mediante el uso de fotografías. Los datos se analizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo, et al., 2008), empleando modelos lineales generales y mixto.

Resultados

Al realizar la prueba LSD Fisher $\alpha = 0.05$, los medios de cultivos mostraron diferencias significativas en todas las variables microscópicas; a accesión de la variable largo de fialides. En la variable ancho de fialides el mayor creciente (2,78) se presentó el medio de harina de maíz dextrosa agar (CMD). El medio de cultivo

papa-dextrosa-agar tubo menor respuesta en el largo y ancho de conidia, con relación a los otros medios de cultivos; de igual comportamiento se dio en la variable largo y ancho de clamidosporas.

Tabla 1. Respuestas de tres medios de cultivos sobre variables microscópicas en micras (μm).

Variables	Medios de cultivo		
	CMD	SNA	PDA
Largo de Fialides (μm)	9,47 a	9,33 a	9,31 a
Ancho de Fialides (μm)	2,78 a	2,64 b	2,51 c
Largo de conidias (μm)	3,41 a	3,35 a	2,77 b
Ancho de conidias (μm)	2,79 a	2,70 a	2,30 b
Largo de clamidosporas (μm)	8,70 a	8,69 a	7,65 b
Ancho de clamidosporas (μm)	7,59 a	7,59 a	6,45 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En el medio Papa-dextrosa-agar (PDA) las cepas de *Trichoderma* lograron mayor área cubierta, seguido del medio de harina de maíz dextrosa agar y menor respuesta el medio sintético bajo en nutrientes; el mismo comportamiento se presentó en la variable velocidad de crecimiento diario (Tabla 2).

Tabla 2. Respuestas de tres medios de cultivos sobre el crecimiento de cepas de *Trichoderma* sp. en C^2 .

Variables	Medios de cultivo		
	PDA	CMD	SNA
Área total cubierta a los tres días por cepas de <i>Trichoderma</i> sp. en C^2	462,20 a	283,43 b	141,33 c
Crecimiento diario en cepas de <i>Trichoderma</i> sp. en C^2	158,61 a	101,62 b	50,44 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 1, se observa que el mayor crecimiento se da en el día dos y tres; mostrando diferencias estadísticas en el día tres, siendo el medio papa-dextrosa-agar es el que logra el mayor crecimiento, seguido del harina de maíz agar.

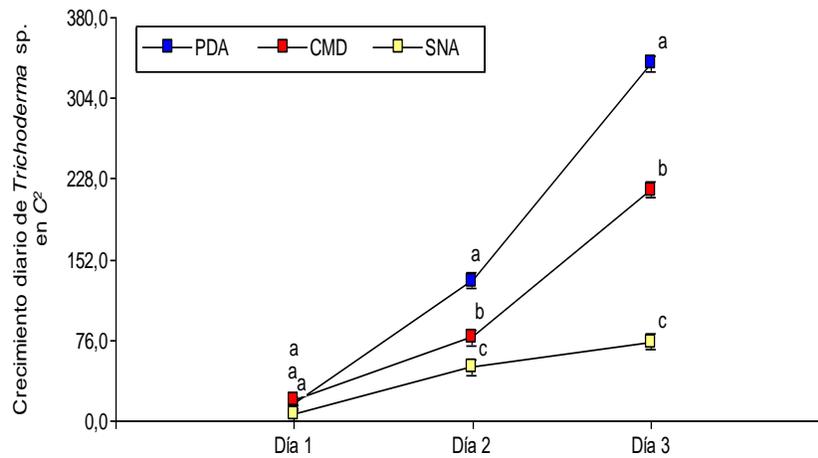


Figura 1. Crecimiento diario de cepas de *Trichoderma* sobre tres medios de cultivos: harina de maíz dextrosa agar (CMDA) medio sintético bajo en nutrientes (SNA), papa dextrosa agar (PDA).

Al analizar la velocidad de crecimiento se observa que La mayor velocidad de crecimiento (514,10 y 440,08 cm²) la obtiene la cepa NT-03 y la cepa OS-03; siendo iguales estadísticamente entre si y deferente a las demás cepas. Son seguida de las cepas, NT-04, NT-05, NT-07, N-08, NT-10, SS-01, OS-04, NT-011 y NT06; también se observa que la cepa NT-12 presentó el menor crecimiento (Figura 2).

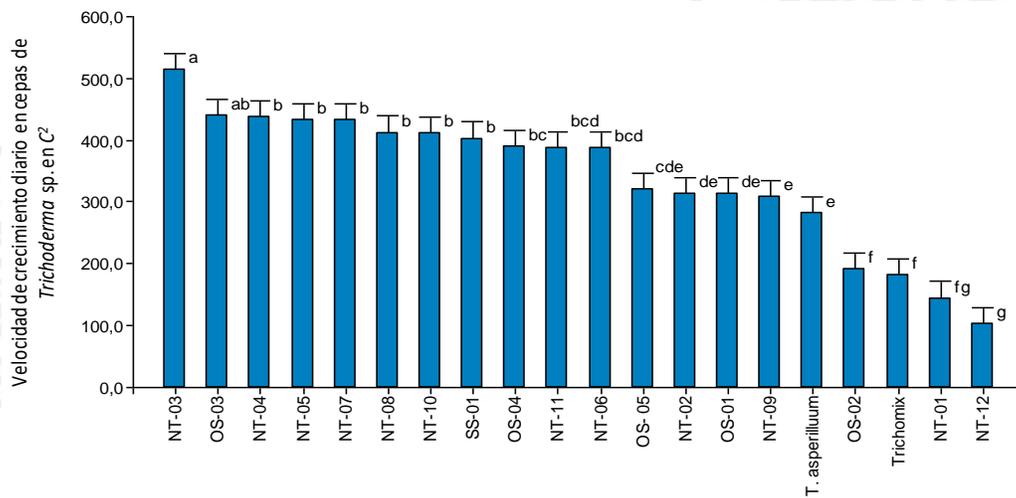


Figura 2. Velocidad de crecimiento de cepas de *Trichoderma* spp. sobre medio PDA

La identificación de los aislados de *Trichoderma*, se basó en las características morfológicas macroscópicas de las colonias, (Figura 3). Se identificaron cinco especies: *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckf. & Nirenberg, *Trichoderma viride* Pers., *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma reesei* Simmons, *Trichoderma koningiopsis*.

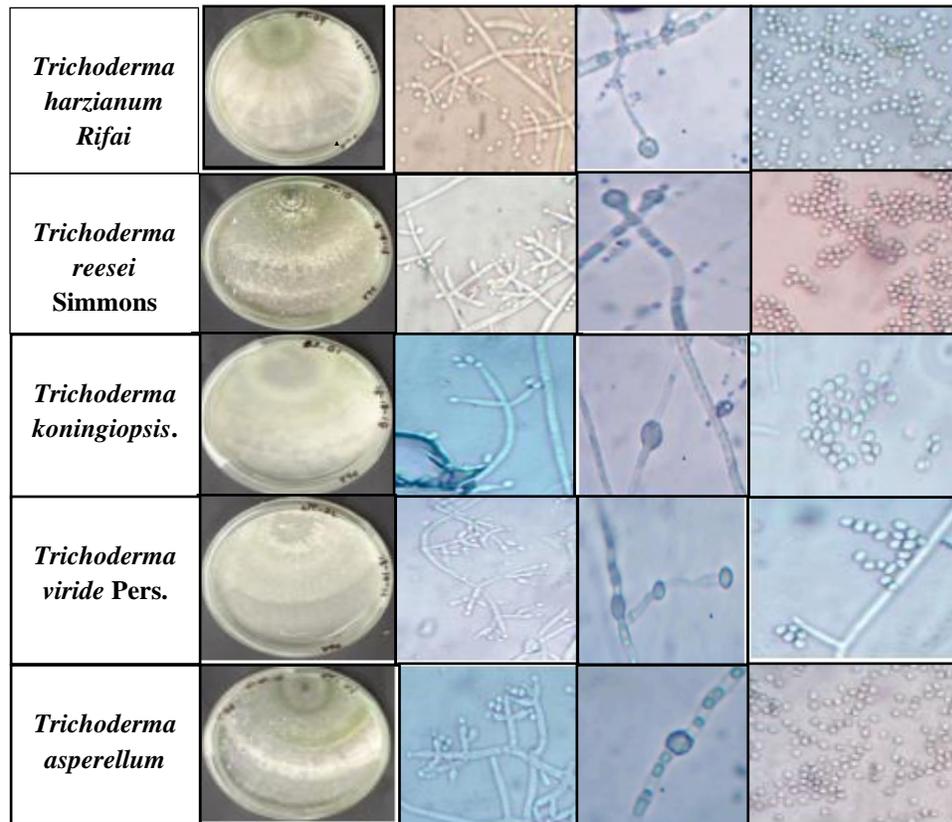


Figura 3. a, e, j, n, r) colonias en medio de cultivo PDA, después de 14 días; b, f, k, o, s) fiálides; c, h, l, p, t) clamidosporas; d, i, m, q, u) conidios

La especie *T. asperellum* se identificó de aislados de Napo Tena 01, Napo Tena 3, Napo Tena 7, Napo Tena 8 y Orellana Sacha 04. La especie *T. aureoviride* se identificó en los aislados de Napo Tena 02, Napo Tena 11 y Orellana Sacha 03. La especie *T. harzianum* fue identificada de los aislados Napo Tena 04, Napo Tena 05, Napo Tena 09, Napo Tena 12 y Sucumbíos Sushufindi 01. La especie *T. koningiopsis* fue identificada en los aislados Orellana Sacha 01, Orellana Sacha 02 y Orellana Sacha 05. La especie *T. reesei* fue identificada de los aislados Napo Tena 06 y Napo Tena 10.

En la variable porcentaje de antagonismo de cepas de *Trichoderma* sobre colonias de monilia, al realizar la prueba LSD Fisher $\alpha= 0.05$, los tratamientos mostraron diferencias significativas ($p=0,0001$); donde las cepas, OS-05, OS-01, NT-04 y NT-05 mostraron los mayores porcentaje (55,72, 50,48, 50,04 y 48,45

respectivamente) de cubrimiento sobre la colonia de *M. royeri*; siendo iguales estadísticamente y diferentes a las demás; siendo las que presenta el (figura 4).

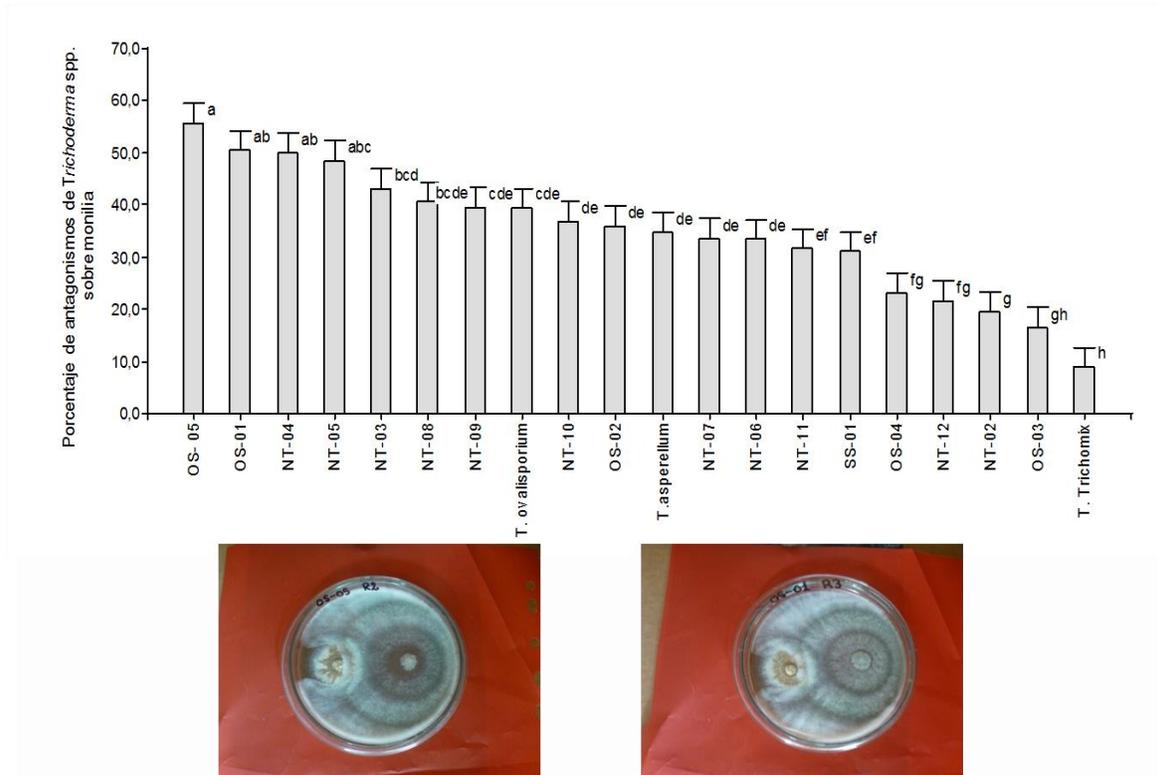


Figura 4. Cepas de *Trichoderma* spp. con capacidad de biocontrol sobre colonia de *M. royeri*, evaluadas a los cinco días.

Conclusiones

- Las cepas de *Trichoderma* spp. mostraron que tienen diferencias en sus características microscópicas así como su velocidad de crecimiento sobre los medios de cultivos; por tanto se logró identificar cinco especies de *Trichoderma*: *T. Asperellum*, *T. viride*, *T. harzianum*, *T. reesei* y *T. koningiopsis*
- Se pudo determinar cuatro cepas con alta capacidad de biocontrol, con porcentajes mayores del 50% del cubrimiento de la colonia de *M. royeri*.

Recomendaciones:

- Se recomienda realizar identificación molecular para conocer la especie de las diferentes cepas y los grupos que ellas se asocian.

- Se debe continuar con las pruebas de biocontrol a nivel de campo para evaluar el efecto de bicontrol sobre la moniliasis.

Bibliografía

- Arias, E., & Piñeros, P. (2008). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. *Trabajo de Grado de Pregrado. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.*
- Bell, D. K., Wells, H. D., & Markham, C. R. (1982). In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, 72(4), 379–382.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ecuador, P. (2013). Análisis del sector cacao y elaborados. *Ecuador: Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones*, 6.
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. (2017). *Indice_de publicacion_ESPAC_2017.*
- Góral, I. (1973). Distribution of radioactive products of photosynthesis in Scots pine (*Pinus sihestris* L.) seedlings during the first vegetation season. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 42(4), 541–553.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43.
- Holmes, K. A., Schroers, H.-J., Thomas, S. E., Evans, H. C., & Samuels, G. J. (2004). Taxonomy and biocontrol potential of a new species of *Trichoderma* from the Amazon basin of South America. *Mycological Progress*, 3(3), 199–210. <https://doi.org/10.1007/s11557-006-0090-z>
- Krauss, U., & Soberanis, W. (2003). Control Biológico de *Monilia* (*Moniliophthora roreri* (Cif. & Par) Evans et al.) para la rehabilitación de cacaotales en América Latina. *Biol. Control*, 22(2), 149–158.
- Nakasone, K. K., Peterson, S. W., & Jong, S.-C. (2004). Preservation and distribution of fungal cultures. *Biodiversity of fungi*, 37–47.

- Nieto, C., & Caicedo, V. (2012). Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. *Miscelánea*, 405, 46–48.
- Nirenberg, H. I. (1976). Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berl.-Dahlem*, 169, 1–117.
- Pico, R., Calderon, P., Fernández, A., & Díaz, M. (2012). Guía del manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la amazonía.
- Samuels, G. J., Pardo-schultheiss, R., Hebbar, K. P., Lumsden, R. D., Bastos, C. N., Costa, J. C., & Bezerra, J. L. (2000). *Trichoderma stromaticum* sp. nov., a parasite of the cacao witches broom pathogen. *Mycological Research*, 104(6), 760–764.
- Sivila, N., & Jujuy, S. A. (2013). *Produccion artesanal de trichoderma*.
- Suárez, L. Y., & Cabrales, C. P. (2008). Identificación de especies de cepas nativas de *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp. y evaluación de su potencial antagonista in vitro frente al hongo fitopatógeno nativo *Moniliophthora roreri* en el departamento de Norte de Santander. *Respuestas*, 13(1), 45–56.
- Sánchez Mora, F. D., & Garcés Fiallos, F. R. (2012). *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249–258.
- Tovar Castaño, J. C. (2008). Evaluación de la capacidad antagonista “in vivo” de aislamientos de *Trichoderma* spp frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved from <http://passthrough.fw-notify.net/download/614907/http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis98.pdf>
- Wilcox, D.; Dove, B.; McDavid, D.; Greer, D. 2002. Image tool for Windows, version 3.0. San Antonio: University of Texas Health Science Center in San Antonio.

11.2 Actividad 2. Título: “Evaluación de sistemas agroforestales bajo diferentes manejos agronómicos de cacao (*Theobroma cacao*) en la Joya de los Sachas”.

Responsable: Ing. Ing. Jimmy Pico R.

Equipo multidisciplinario Ing. Leider Tinoco, Ing. Cristian Subia, Ing. Carlos Caicedo

Antecedentes

Ecuador es un país que se destaca a nivel mundial por su biodiversidad, volviéndose sensible a los impactos que se producen en el entorno, cuenta con casi 25.000 especies diferentes distribuidas en sus cuatro regiones naturales. La Amazonía ecuatoriana ostenta el récord mundial en número de especies por hectárea, además, ocupa el 48% de toda la superficie del país con 9'184.517 ha de bosque nativo (Granda, 2006). La riqueza biológica que aún queda en Ecuador, es vulnerable a su pérdida y degradación sobre todo por los monocultivos industriales: café, banano, palma aceitera y cacao que han significado la sustitución total o parcial de los bosques nativos donde se han establecido, agravando los problemas sociales a nivel regional (Granda, 2006). Por otra parte los monocultivos y la industrialización de la agricultura, van destruyendo el modelo tradicional de producción diversificada, que incluye un espacio para el consumo familiar. En este contexto, la explotación rural pierde viabilidad económica y social, y se muestra, paradójicamente, incapaz de suministrar el alimento y los recursos necesarios para las familias rurales, expulsando a los campesinos y a los trabajadores rurales asalariados hacia los cinturones urbanos de miseria (Peña & Galindo, 2007).

Los sistemas agroforestales permiten interacciones simbióticas, ecológicas y económicas entre los componentes maderables y no maderables para incrementar, sostener y diversificar la producción; así se tiene que los sistemas que incorporan árboles y arbustos perennes tienen la ventaja de producir leña, frutos, forraje, y otros productos, mantienen y mejoran el suelo y además disminuyen los riesgos de producción ante variaciones estacionales del ambiente (Mendieta López & Rocha Medina, 2007). El cacao, es uno de los principales rubros agropecuarios de importancia económica para la RAE, con una superficie aproximada de 58.965 ha; mayormente distribuidas en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo, sin embargo presenta un rendimiento muy bajo (0,31 t ha⁻¹), inclusive menor al promedio nacional (0,42 t ha⁻¹). Como se observa, estos promedios, están por debajo del potencial productivo de este rubro y en muchas de las ocasiones, convierten al cacao en un cultivo poco o nada rentable para los productores (INEC, 2015).

El rubro cacao es seriamente afectado por varias enfermedades, las más importantes son la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) (Brenes, 1983), la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y mazorca negra (complejo de hongos del género *Phytophthora*). Estas enfermedades cuya acción es destructiva afectan especialmente a las mazorcas, para lo cual necesitan de condiciones de alta humedad relativa (mayores a 80%) y temperaturas entre 25 y 28 °C, factores que inciden sobre la incidencia de la enfermedad (Suárez, 1993). La moniliasis es considerada como el mayor problema, ya que cuando se establece en las plantaciones, su ataque es arrasador (Enriquez, 2004). En efecto, esta enfermedad puede causar pérdidas en la producción superiores al 60%, lo cual se refleja en los bajos rendimientos obtenidos en condiciones de manejo tradicional. La característica principal que distingue al cultivo de cacao del tipo nacional, es su necesidad de sombra, que es un elemento básico en el inicio del cultivo (Larrea, 2008), tradicionalmente, se ha utilizado sombra de plátano o frutales como el chontaduro (*Bactris gasipaes*), asociados con otros cultivos (Graefe; et al., 2012), también en estudios realizados en Perú, Colombia y Brasil, se ha demostrado que el chuncho (*Cedrelinga catenaeformis*), es una especie forestal con características maderables valiosas, de estrato superior en los sistemas agroforestales, de rápido crecimiento y además fija nitrógeno (Wikipedia, 2015). Un aspecto relevante de la calidad del cacao es su aroma, que está influenciado por el ecosistema circundante, los fabricantes de chocolate le dan una enorme importancia y frecuentemente monitorean el sabor y la calidad del chocolate (Álvaro; et al., 2007). La fermentación del cacao es una etapa muy importante en el procesamiento del grano, ya que se producen cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y sabor (Rivera; et al., 2012).

Objetivo

- Evaluar el efecto de la sombra sobre la incidencia de monilia y los rendimientos en el cultivo de cacao.
- Evaluar el efecto del manejo sobre la incidencia de monilia y los rendimientos en el cultivo de cacao.
- Evaluar el efecto de los sistemas agroforestales y diferentes manejos sobre las variables biológicas del suelo en el cultivo de cacao

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA), ubicada en la provincia de Orellana, cantón La Joya de los Sachas, en latitud 00° 21' 31.2" S, longitud 76° 52' 40.1" W, altitud de 250 msnm (fuente:

datos GPS). De acuerdo a la clasificación de la zonas de vida corresponde a un bosque húmedo tropical (bhT) (Holdridge, 1982). Las características meteorológicas de la zona son: precipitación 3217 mm/año, heliofanía 1418,2 horas luz, temperatura promedio anual 24 °C y humedad relativa del 91.5% (INAMHI, 2010). Las especies que van a integrar los arreglos forestales son: chuncho (*Cedrelinga catenaeformis* D.), chontaduro (*Bactris gasipaes*), porotillo (*Erythrina spp*), plátano (*Musa spp*) y cacao (*Theobroma cacao*).

Para los manejos se utilizarán insumos sintéticos y orgánicos (herbicidas, fertilizantes, funguicidas, insecticidas) los que se aplicarán en franjas de acuerdo al manejo que le corresponde. Además se utilizarán herramientas de campo, maquinaria agrícola, insumos y equipos de laboratorio.

Los factores en estudios comprenden sistemas agroforestales y manejos como se detalla a continuación: a) Forestal: el sistema incluye chuncho (*Cedrelinga cateniformis* D.), b) Frutal: el sistema incluye chontaduro (*Bactris gasipaes*), c) Servicio: el sistema incluye porotillo (*Erythrina spp*), d) Forestal más servicio: será una combinación de chuncho (*Cedrelinga cateniformis* D) porotillo (*Erythrina spp*) y e) Pleno sol. Los manejos Agronómicos son: a) Alto convencional–AC (alto uso de pesticidas), b) Medio convencional– MC, (mediano uso de pesticidas) c) Orgánico intensivo –OI (uso de insumos orgánicos) y d) Bajo orgánico– BO (bajo uso de insumos orgánicos).

Los tratamientos se conforman por la combinación de los niveles de los factores en estudio genera 20 tratamientos como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Diseño del ensayo con cuatro sistemas agroforestales y cuatro manejos agronómicos en el cultivo de cacao.

Arreglos agroforestales	Manejo Agronómico			
	Tratamiento			
pleno sol	AC	MC	OI	BO
	T1	T2	T3	T4
Forestal Chuncho	AC	MC	OI	BO
	T5	T6	T7	T8
Frutal Chontaduro	AC	MC	OI	BO
	T9	T10	T11	T12
Servicio Erythrina	AC	MC	OI	BO
	T13	T14	T15	T16
Forestal + servicio Chuncho + Erythrina	AC	MC	OI	BO
	T17	T18	T19	T20

El ensayo se dispondrá con tres repeticiones bajo un Diseño de Bloques Completo al Azar en arreglo de los tratamientos por franjas que corresponderán a los tipos

de sombra y a los manejos agronómicos del cultivo de cacao. Los datos se analizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo, et al., 2008), empleando modelos lineales generales y mixtos.

Las unidades experimentales donde se aplicarán los diferentes manejos bajo cada uno de los arreglos agroforestales propuestos, serán parcelas de 12 x 12 árboles de cacao con un total de 144 árboles, en los que la parcela neta corresponderá a los 36 árboles centrales (6 x 6 árboles de cacao). Los datos se registrarán en ocho plantas centrales de la parcela útil, las cuales serán marcadas para ser consecuentes en las evaluaciones.

Como variables se registró el número de mazorcas sanas, que son las mazorcas que no presentan síntoma alguno de enfermedad; el número de mazorcas enfermas con síntomas de enfermedad (ya sean gibas, maduración prematura, puntos claros, mancha chocolate y/o esporulación blanca) (Phillips-Mora y Cerda, 2010). El porcentaje de mazorcas enfermas es el resultado de la relación entre mazorcas sanas y enfermas. El rendimiento cacao fresco, se evaluará cada vez que haya mazorcas cosechadas; se procederá a extraer los granos presentes dentro de cada uno y se determinará su peso en kilogramos,. Luego para determinar el peso del cacao seco en kg se multiplicará por el coeficiente de corrección igual a 0,40.

El Número y biomasa de lombrices, se realizó evaluaciones durante dos épocas del año: máxima precipitación (abril - mayo) y mínima precipitación (agosto - septiembre); se muestreó con un cuadrante de 0,50*0,50 m. y se explorará hasta una profundidad de 0,10 m. Las áreas de muestreadas por unidad experimental fueron dos, una entre plantas y otra entre hileras.

Resultados

Al realizar la prueba LSD Fisher $\alpha = 0.05$ se observa que el factor sistema agroforestal mostró diferencias significativas ($p < 0,0360$) para la variable incidencia de monilia; observándose una alta incidencia monilia de (*M. roleri*) en todos los sistemas agroforestales; sin embargo en el forestal chuncho se presenta una menor incidencia de *m. roleri* (84,75%). Pero éste factor no mostro diferencias estadísticas para la variable rendimientos; aunque se observa que el mayor rendimiento presenta la combinación de chuncho + erythrina y el forestal de menor respuesta lo obtiene la erythrina (Tabla 4).

Tabla 4. Incidencia de monilia (*M. royeri*) y rendimientos cacao seco kg/ha/año de acuerdo a los sistemas agroforestales en ensayo SAF cacao.

Sistema Agro-Forestal	Incidencia de monilia (%)	Rendimientos cacao seco kg/ha/año
Chuncho-Erythrina	95,21 a	59,86 a
Erythrina	94,22 a	30,33 a
Chontaduro	92,75 a	50,47 a
PS	91,11 ab	43,25 a
Chuncho	84,75 b	45,02 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al realizar la prueba LSD Fisher $\alpha = 0.05$ se observa que el factor nivel de manejo no mostró diferencias significativas para la variable incidencia de monilia; observándose una alta incidencia monilia de (*M. royeri*) en todos los manejos. Pero éste factor mostro diferencias estadísticas para la variable rendimientos ($p: <0,0337$), se observa que el mayor rendimiento se obtiene al practicar un manejo alto convencional (68.47 kg) y el menor rendimiento lo obtiene el organico intensivo (28,41 kg) (Tabla 5).

Tabla 5. Incidencia de monilia (*M. royeri*) y rendimiento en kg de cacao seco/ha/año de acuerdo a los niveles de manejos en ensayo SAF cacao.

Tipo de manejo	Incidencia (%)	Rendimientos cacao seco kg/ha/año
Alto Convencional	92,28 a	68,47 a
Medio Convencional	91,54 a	39,27 ab
Orgánico Intensivo	89,96 a	28,41 b
Bajo Orgánico	92,65 a	47,00 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al analizar al analizar el peso de biomasa de lombrices en cada nivel de manejo, se observa que no hay diferencias estadísticas en el factor manejo; sin embargo los manejos bajo organico y organico intensivo presentan los mayores valores con 423,53 y 357,00 kg de biomasa/ha/año (figura 5).

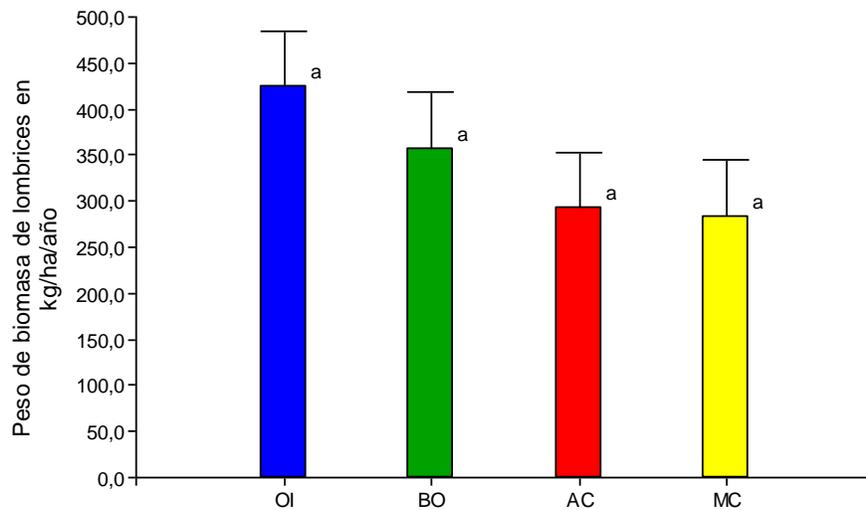


Figura 5. Peso de biomasa de lombrices en kg, medidas en los diferentes niveles de manejo, ensayo SAF cacao 2018.

Conclusiones:

- Todos los sistemas agroforestales presentan incidencias altas entre 80 y 95%; aunque la especie chuncho es la que presenta una menor incidencia de *M. roreri*. Sobre los redimirnios los sistemas agroforestales no muestran efectos.
- Los niveles de manejo no hacen efecto sobre la incidencia de pero si hay efecto sobre los rendimientos; en el cual el manejo alto convencional es el que obtiene el mayor rendimiento. Aunque de manera general los rendimientos son extremadamente bajos en todos los manejo.
- Los manejos orgánicos favorecen la cantidad de biomasa de lombrices en los manejos orgánicos.

Recomendaciones:

- Se recomienda realizar de manera más eficiente las aplicaciones de las prácticas de manejo.

Bibliografía

Álvaro, C.; Pérez, E.; Lares, M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. ATIE, 60 p.

- Enríquez, G. 2004. Cacao Orgánico, Guía para productores ecuatorianos. Manual Nro. 54. INIAP. Quito, EC. 360 p.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Phillips-Mora, W. and R. Cerda. 2010. Catálogo: Enfermedades del Cacao en Centroamérica. Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE), CR. Serie Técnica No. 93.
- Graefe, S.; Dufour, D.; Zonneveld, M.; Rodriguez, F.; Gonzalez, A. 2012. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. Disponible en <http://download.springer.com/static/pdf/117/art%253A10.1007%252Fs1053101204023.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs10531-012-0402->
- Granda, P. 2006. Monocultivos de árboles en Ecuador. Disponible en <http://wrm.org.uy/oldsite/paises/Ecuador/Libro2.pdf>
- Holdridge, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Humberto Jiménez. S. 2da Ed. San José. IICA. 216 p.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2015. Tablas y gráficos de resultados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), Año 2014. Quito, Ecuador. INEC. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
- Larrea, M. 2008. El cultivo de Cacao nacional: Un bosque generoso. Quito: Ecociencia/Corpei. Disponible en http://www.ecociencia.org/archivos/Manual_PAB_final-100226.pdf Science.2(4): 314-320.
- Mendieta López, M.; Rocha Medina, L. 2007. Sistemas Agroforestales. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Nieto, C.; Caicedo, C. 2012. Análisis Reflexivo sobre el Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. INIAP-EECA. Publicación Miscelánea N° 405. Joya de los Sachas, Ecuador. 102 p.
- Peña, A.; Galindo, A. 2007. El Café Ecológico Amazónico, Alternativa Sostenible para los Campesinos. In: LEISA Revista de Agroecología. 23.1. Disponible en http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/como-se-organizan-los-agricultores/el-cafe-ecologico-amazonico-alternativa-sostenible/at_download/article_pdf
- Rivera, R; et al. 2012. Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional.

Suárez, C. 1993. Enfermedades de cacao y su control. In. Suárez, C. ed. Manual del Cultivo de Cacao. 2da Ed. Quevedo, Ecuador, INIAP/EET Pichilingue. Manual Técnico No. 25. p. 90-116.

Wikipedia, La Enciclopedia Libre 2015. *Cedrelinga cateniformis*. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Cedrelinga_cateniformis



11.3. Actividad 3. Título: “Evaluación de sistemas agroforestales bajo diferentes manejos agronómicos de café robusta (*Coffea canephora*) en la Joya de los Sachas”.

Responsable: Ing. Jimmy Pico R.

Equipo multidisciplinario Ing. Leider Tinoco, Ing. Cristian Subia, Ing. Carlos Caicedo

Antecedentes

Después del petróleo, el café es el producto de mayor importancia en el mundo en términos de exportaciones y generación de ingresos, Brasil es el mayor productor, seguido por Vietnam y Colombia (DaMatta et al. 2008). De acuerdo a la Organización Internacional del Café (ICO por sus siglas en inglés), en el año 2014, se exportaron un total de 113 894 millones de sacos de 60 kilos, que representaron un valor de 21 069 millones de. A nivel nacional, el café es un rubro de relevante importancia económica, social y ecológica. Para el año 2012, se estimó que la superficie plantada de café fue de 199 215 ha, distribuidas en café arábigo con 136 385 ha y 62 830 ha de café robusta, el área cosechada fue de 149.411 ha, en 105 000 UPA's, con una producción de 650 000 sacos de 60 kilos, correspondiendo 62% a café arábigo y 38% a café robusta (PRO ECUADOR, 2013).

El café representa uno de los productos importantes de exportación ecuatoriana y generador de ingresos económicos en las familias, debido a que se exporta todos los tipos de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusta, esta ventaja se debe a los diferentes ecosistemas que posee el país permitiendo cultivar en la Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos. En los años comprendidos entre el 2009 y 2010, el precio del café logró valores cercanos a los 300 dólares por quintal, sin embargo para el año 2013 el precio promedio fue de 171,56 dólares, lo cual es una evidencia del comportamiento de los precios del café en el mercado, con épocas de auge y depresión a lo largo de la historia (PRO ECUADOR, 2013; ANACAFE, 2016; Cofenac, 2013). En la Amazonía ecuatoriana, mayoritariamente en las provincias de Orellana y Sucumbíos (88%), se concentra aproximadamente un 67% de la superficie total de café robusta existente a nivel nacional, estimándose en el año 2012, una superficie plantada de 42 240 ha, de las cuáles 31.680 ha se encontraban en producción (Cofenac, 2013).

La incorporación de árboles en sistemas agroforestales puede aumentar los ingresos de los productores a través de la producción de madera, contribuir a la mejora de la calidad de vida de los agricultores de las zonas y fortalecer las

economías nacionales (Pye-Smith, 2008). En muchas partes del mundo los productores de café mantienen una gran diversidad de árboles de sombra en los cafetales por varias razones entre las que se pueden mencionar: producción de madera, leña, forraje, frutas y beneficios indirectos tales como: el retorno de nutrientes al suelo, las modificaciones del microclima, refugio y protección de vida silvestre y recreación (Beer et al. 2003; Barrance et al. 2003).

El cultivo del café constituye la base para muchos sistemas simultáneos, especialmente en las tierras altas y fértiles, se utilizan sistemas de cultivo de café bajo cobertura arbórea o en sistemas agroforestales con el propósito de conservar la humedad del suelo en épocas secas y disminuir los efectos que el déficit hídrico ocasiona sobre el cultivo (Muschler, 2004). Uno de los factores que se ve favorecido por la implementación de sistemas agroforestales y que sirve como indicador de la “vida” del suelo es la dinámica de lombrices en el tiempo, la cual juega un papel importante ya que la densidad y biomasa de las mismas muestran cambios en la fertilidad del suelo, los cafetales asociados con *Erythrina* con un manejo orgánico bajo, presentan alta densidad de lombrices (Vásquez, 2014). En sí, los sistemas agroforestales, a través de la incorporación de árboles y arbustos al terreno pueden modificar las características físicas del suelo como su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos incrementan los niveles de materia orgánica), se incrementa la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio (Young, 1989).

Por otra parte, en la Región Amazónica Ecuatoriana RAE, la producción agrícola en general se ve limitada por el grave problema ocasionado por la alta presencia de plagas y enfermedades (Nieto y Caicedo, 2012). El cultivo de café, en específico, es afectado por el ataque de un sin número de insectos y ácaros, ciertas plagas que lo afectan de manera temporal, mientras que otras por varias generaciones ocasionando daños a las raíces, tallos, ramas, hojas, frutos y semillas. De las 850 especies que atacan el cultivo de café, alrededor de 200 se han reportado en áreas del trópico y subtropico en América, de las cuales 30 especies, la mayoría nativas, causan importantes pérdidas a los agricultores (Barrera, 2008). Una de las principales plagas que causa daños en cafetales es el taladrador de la ramilla del café (*Xylosandrus morigerus* Blandford); plaga que es originaria de la región Indomalaya, actualmente se la encuentra desde México hasta Brasil (Wood, 1982). La hembra adulta del insecto perfora ramillas y brotes jóvenes para construir su cámara de cría; lo que origina la destrucción y necrosis de los tejidos internos de las ramas, ramillas y brotes, impidiendo la circulación de la savia y ocasionando como consecuencia la reducción del rendimiento en el cultivo (Sotomayor y Duicela, 1995). Otra plaga de importancia, es la broca del café (*Hypothenemus hampei*), la misma que causa perforaciones y galerías en las

almendras destruyendo parcial o totalmente los frutos. El mal de hilacha (*Pellicularia koleroga*), por su parte, es una enfermedad destructiva del follaje de las plantas, que se presenta todo el año.

Objetivo

- Evaluar el efecto de la sombra sobre las principales plagas y los rendimientos en el cultivo de café robusta.
- Evaluar el efecto del manejo sobre las principales plagas y los rendimientos en el cultivo de café robusta.
- Evaluar el efecto de los sistemas agroforestales y diferentes manejos sobre las variables biológicas del suelo en el cultivo de cacao

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA), ubicada en la provincia de Orellana, cantón La Joya de los Sachas, en latitud 00° 21' 31.2" S, longitud 76° 52' 40.1" W, altitud de 250 msnm (datos GPS). De acuerdo a la clasificación de la zonas de vida corresponde a un bosque húmedo tropical (bhT) (Holdridge, 1982), Las características meteorológicas de la zona son: precipitación 3217 mm/año, heliofanía 1418,2 horas luz, temperatura promedio anual 24 °C y humedad relativa del 91.5% (INAMHI, 2010).

El factores A está conformados por Agroforestales a) maderable: el sistema incluye bálsamo (*Myroxylon balsamum* L.), b) Frutal: el sistema incluye guaba (*Inga* spp), c) Servicio: el sistema incluye porotillo (*Erythrina* spp), d) Maderable más servicio: será una combinación de bálsamo (*Myroxylon balsamum* L.) + porotillo (*Erythrina* spp) y e) Pleno sol. El factor B está conformado niveles de manejos agronómicos: Los manejos Agronómicos son: a) Alto convencional–AC (alto uso de pesticidas), b) Medio convencional– MC, (mediano uso de pesticidas) c) Orgánico intensivo –OI (uso de insumos orgánicos) y d) Bajo orgánico– BO (bajo uso de insumos orgánicos).

Los tratamientos se construyen con la combinación de los factores en estudio lo cual genera 20 tratamientos como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Diseño de ensayo con cuatro sistemas agroforestales y cuatro manejos agronómicos en el cultivo de café robusta.

Tipo de sombra	Manejo Agronómico			
	Tratamiento			
PLENO SOL	AC T1	MC T2	OI T3	BO T4
MADERABLE Bálsamo	AC T5	MC T6	OI T7	BO T8
FRUTAL Guaba	AC T9	MC T10	OI T11	BO T12
SERVICIO Erythrina (Porotillo)	AC T13	MC T14	OI T15	BO T16
MADERABLE + SERVICIO	AC	MC	OI	BO
Bálsamo+Erythrina (Porotillo).	T17	T18	T19	T20

El ensayo se dispondrá con tres repeticiones bajo un Diseño de Bloques Completo al Azar en arreglo de los tratamientos por franjas que corresponderán a los tipos de sombra y a los manejos agronómicos del cultivo de cacao. Los datos se analizaron con el programa estadístico InfoStat, empleando modelos lineales generales y mixtos (Di Rienzo; et al. 2008). Las unidades experimentales donde se aplicarán los diferentes manejos bajo cada uno de los arreglos agroforestales propuestos, serán parcelas de 12 x 12 árboles de café robusta con un total de 144 árboles, en los que la parcela neta corresponderá a los 36 árboles centrales (6x6 árboles de café robusta).

Para la evaluación de plagas y enfermedades, los datos se registraron en 8 plantas de la parcela neta de cada tratamiento, para lo cual se evaluarán 18 ramas o bandolas (3 por planta), que se seleccionarán en la parte baja, media y alta de cada planta y serán codificadas. La mayor parte de variables se evaluará en base a los protocolos usados por el Programa Nacional de Cacao y Café (Loor, et al., 2016).

Se evaluó el número de hojas sanas, en cada rama se deberá ubicar el entrenudo corto, generalmente los primeros cuatro nudos de afuera hacia dentro de la rama (Avelino; et al. 1991). Desde el nudo corto hacia afuera de la rama se contabilizará el número de hojas sanas. El número de hojas enfermas, se utilizó para determinar el número de hojas sanas se registrará el número de hojas enfermas con mal de hilachas, antracnosis, ojo de gallo, y mancha de hierro. Las evaluaciones se realizarán cada 30 días.

Las plagas presentes también se evaluaron, el número de frutos sanos, en el centro de la parcela útil se seleccionarán seis plantas; y en cada planta se tomarán tres ramas (parte baja, media y alta) en las que se contará los frutos sanos (sin brocas), el número de frutos brocados, en las mismas bandolas de la variable anterior se registrará el número de frutos infectados por broca (*Hypothenemus hampei*). Para la evaluación del taladrador de la ramilla (*Xylosandrus morigerus*), en las seis plantas seleccionadas se contarán el total de ramas principales y el número de ramas taladradas. Esta evaluación se la realizará cada 30 días.

El Número y biomasa de lombrices, se realizó evaluaciones durante dos épocas del año: máxima precipitación (abril - mayo) y mínima precipitación (agosto - septiembre); se muestreó con un cuadrante de 0,50*0,50 m. y se explorará hasta una profundidad de 0,10 m. Las áreas de muestreadas por unidad experimental fueron dos, una entre plantas y otra entre hileras.

Resultados

Al comparar el efecto de los sistemas agroforestales, se observa que el forestal Balsamo y el agrosistema pleno sol presentan las menores infestación de taladrador de la ramilla; mientras que la mayor infestación del taladrador de la ramilla se presenta la combinación Balsamo – Erythrina y (figura 6).

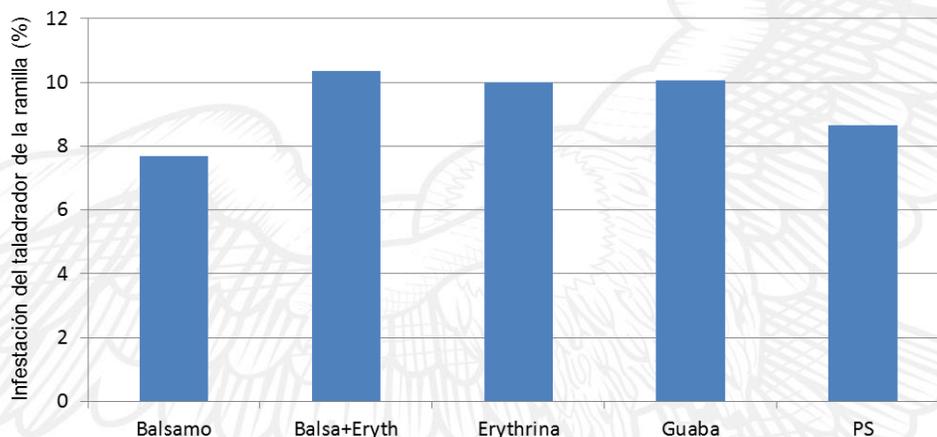


Figura 6. Infestación del taladrador de la ramilla (*Xylosandrus morigerus*), de acuerdo a los sistemas agroforestales en ensayo SAF café.

Al analizar el efecto de los niveles de manejos se observa que en los manejos, alto convencional y bajo orgánico presentan las mayores infestación del taladrador

de la ramilla; mientras que los manejos medio convencional y el manejo organico intensivo presenta los valores de infestación más bajo (Figura 7).

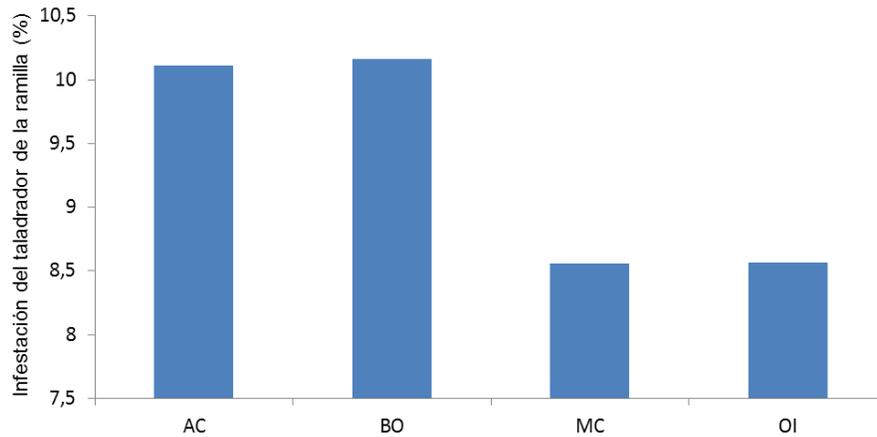
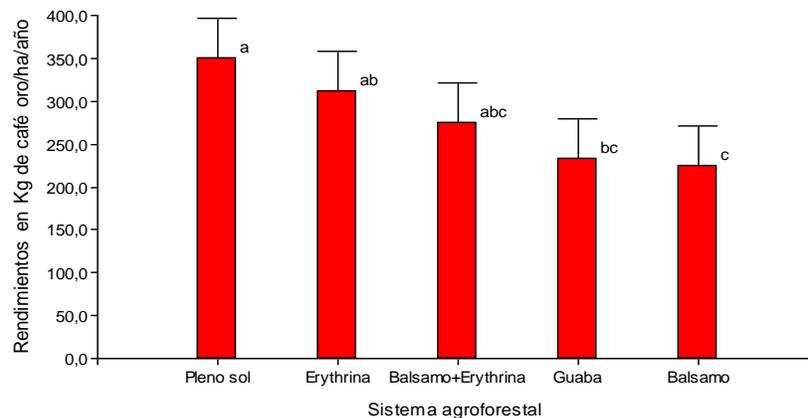


Figura 7. Infestación del taladrador de la ramilla (*Xylosandrus morigerus*), de acuerdo a los niveles de manejos en ensayo SAF café.

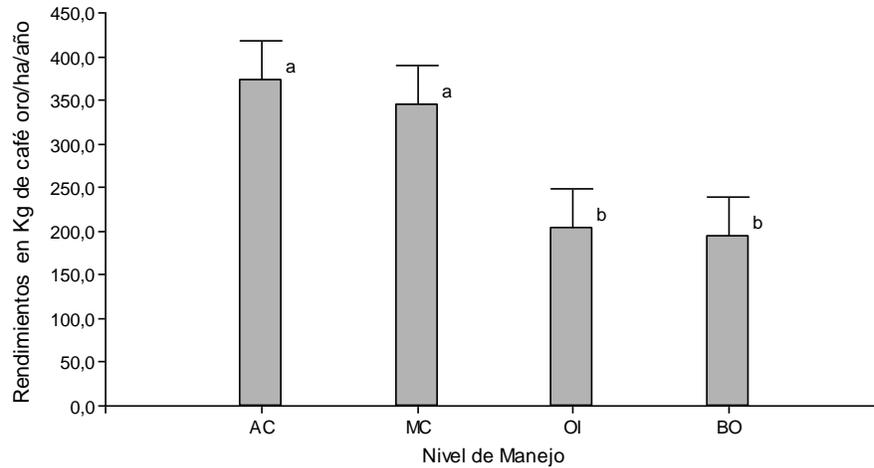
Al realizar el análisis del efecto de los sistemas agroforestales en la variable rendimientos muestra diferencias estadísticas ($p < 0,0160$); se observa que el agrosistema pleno sol presenta el mayor rendimiento (349.71 kg café oro/ha) seguidos del sistema Erythrina y la combinación Balsamo erythrina, los mismos que son iguales estadísticamente. El menor rendimiento lo presenta el sistema bálsamo el cual es diferente estadística a los demás sistemas. (Figura 8).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 8. Peso de café oro en kg/ha/año, de acuerdo a los sistemas agroforestales en ensayo SAF café.

Al comparar los diferentes niveles de manejo, en la variable rendimientos muestra diferencias estadísticas ($p < 0,0001$) se observa que el mayores rendimientos son obtenidos por el manejo alto convencional y el medio convencional (372.33 y 343.62 kg café oro/ha, respectivamente), siendo estos iguales estadísticamente; mientras que los menores rendimientos lo presentan el manejo orgánico intensivo y bajo organico (203,45 y 194,30 kg café oro/ha, respectivamente) (Figura 9).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 9. Peso de café oro en kg/ha, de acuerdo de a los niveles de manejos en ensayo SAF cacao.

Conclusiones:

- El taladrador al ser la plaga de mayor impacto sobre la producción de café, al analizar los datos se puede indicar que a mayor exposición solar; es decir que los sistemas que proyectan mayor entrada de luz desfavorecen los niveles de infestaciones de la plaga.
- Al aplicar el mayor uso de pesticidas; es decir el manejo alto convencional, se favorece el daño del taladrador de la ramilla. También cuando no se aplica ningún manejo se favorece la plaga; mientras que en niveles de manejos medios y orgánicos intensivo favorecen el control de la plaga.

Recomendaciones:

- Seguir con las aplicaciones de forma eficiente para que los factores en estudio muestren mayor efecto.

- Realizar estudios para conocer la dinámica y el ciclo de vida del taladrador de la ramilla y broca del café.

Bibliografía

Asociación Nacional del Café (ANACAFE). 2016. Precios del Café en Nueva York. ANACAFE. Guatemala. Consultado el 05 de abril 2016, (en línea). Disponible en: www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Especial:GraficaDePreciosDelCafe

Avelino, J.; Muller, R.; Cilas, C.; Velasco Pascual, H. 1991. Développement et comportement de la rouille orangée du caféier (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) dans des plantations en cours de modernisation, plantées de variétés naines, dans le sud-est du Mexique. *Café, Cacao, Thé* (1): 21-42.

Barrance, A.; Beer, J.; Boshier, DH.; Chamberlain, J.; Cordero, J.; Detlefsen, G.; Finegan, B.; Galloway, G.; Gómez, M.; Gordon, J.; Hands, M.; Hellin, J.; Hughes, C.; Ibrahim, M.; Kass, D.; Leakey, R.; Mesen, F.; Montero, M.; Rivas, C.; Somarriba, E.; Stewart, J.; Pennington, T. 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica, OFI/CATIE/FRP. 1079 p.

Barrera, J. F. 2008. Coffee pests and their management. *In*. 2008. Encyclopedia of Entomology. Springer. p. 961-998.

Beer, J.; Harvey, C.A.; Ibrahim, M.; Harmand, J.M.; Somarriba, E.; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 10 (37):80- 87.

Consejo Cafetalero Nacional (Cofenac). 2013. Situación del sector cafetalero ecuatoriano. Diagnóstico. Portoviejo, EC. Cofenac. 65 p.

DaMatta, F.; Ronchi, P.; Maestri, M.; Barros, R. 2008. Ecophysiology of coffee growth and production. *Plant Physiol*, 19(4):485-510.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Holdridge, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Humberto Jiménez. S. 2da Ed. San José. IICA. 216 p.

Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversión (PRO ECUADOR). 2013. Análisis sectorial de café. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones.

Loor R., Casanova T., Plaza. L. 2016. Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. Eds. Publicación miscelánea No. 433.1ª ed. INIAP-EETP, Mocahe, Ecuador. 103 p.

Nieto, C.; Caicedo, C. 2012. Análisis Reflexivo sobre el Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. INIAP-EECA. Publicación Miscelánea N° 405. Joya de los Sachas, Ecuador. 102 p.

Muschler, R. 2004. Shade Management and its Effect on Coffee Growth and Quality. In J, Wintgens. Eds. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. 39 p.

Pye-Smith C. 2008. Farming Trees, Banishing Hunger. How an Agroforestry programme is helping smallholders in Malawi to grow more food and improve their livelihoods. Nairobi: World Agroforestry Centre. 68p. Consultado 5 de abril 2016, (en línea). Disponible en <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/RP15815.pdf>

PRO ECUADOR. Ecuador. Consultado el 05 de abril 2016, (en línea). Disponible en: www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/05/PROEC_AS2013_CAFE.pdf.

Sotomayor, I.; Duicela, L. 1995. Inventario Tecnológico del Cultivo de Café. Quevedo, Ec. INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 106 p.

Vásquez, A. 2014. Valoración comparativa de la macrofauna de lombrices en sistemas agroforestales de café orgánico y convencional en contraste con cultivos en pleno sol y bosque, durante la época lluviosa y seca en Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99 p.

Young. A. 1989. Agroforestry for soil conservation. CAB International-ICRAF. 318 p.

Wood, S. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a Taxonomic Monograph [pp. 159–167] Brigham Young University. Provo, Utah, United States of North America.

11.4. Actividad 4. Título: “Evaluación de estrategias para la reducción del daño en pastos *Brachiaria* sp. en la zona norte de la Amazonía Ecuatoriana”

Responsable: Ing. Alejandra Díaz

Colaboradores: Ing. Jimmy Pico, Ing. Carlos Congo, Ing. Carlos Caicedo.

Antecedentes

Una de las principales plagas que causan daño a los pastos es el salivazo (Homoptera: Cercopidae), los géneros *Aeneolamia*, *Zulia*, *Isozulia*, *Mahanarva*, *Notozulia*, *Deois* se han encontrado desde el sureste de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina. En Ecuador, los estudios de diversidad y registros de distribución de salivazo en pastos son escasos y no existe información específica sobre la biología y ecología poblacional para la mayoría de especies (Peck, 2001). Los daños más severos de esta plaga se han registrado en zonas húmedas, en extensas regiones de Brasil y Colombia se han reportado pérdidas entre 20% y 40% de áreas sembradas con *Brachiaria*, pérdidas similares se han presentado en la región del golfo de México y en áreas de Venezuela y América Central (Arango, Calderon, & Varela, 1982).

Metcalf, (1960) describió únicamente cuatro especies encontradas en caña de azúcar en la ciudad del Puyo, Provincia de Pastaza: *Isozulia astralis*, *Mahanarva andigena*, *M. phantastica* (Breddin), *Zulia pubescence* (Fennah) y *Sphenorhina rubra*. El primer paso para establecer un sistema de manejo es la identificación de las especies de salivazo que en el Ecuador no se conocen y que están presentes en los sistemas de producción ganadera, para así evaluar estrategias que integren un manejo sostenible de acuerdo a la realidad de la Amazonía.

Los salivazos son insectos chupadores de la xilema, principalmente de gramíneas neotropicales, el daño más importante lo hacen los adultos, porque además de succionar la savia de la planta, inyectan sustancias tóxicas que provocan un desorden fisiológico en las hojas (Castro, Morales, & Peck, 2005). Una de las estrategias de manejo para reducir su daño es el uso de especies con un nivel aceptable de resistencia genética y un buen grado de adaptación al ambiente en cada región (Lapointe, Peck, Yencho, & Valério, 1996). El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Brasil han desarrollado híbridos con alta resistencia a salivazo y una excelente adaptación edáfica, que constituirían la base de un programa de manejo integrado de salivazo en América Tropical (Sotelo & Cardona, 2001).

A pesar de la importancia económica de estos pastos, la falta de conocimiento y/o el uso inapropiado de algunas medidas de control, han dificultado su manejo. En la Amazonia Ecuatoriana tenemos todo el potencial de diversificación para mantener en equilibrio las plagas con la implementación de un manejo con la integración de los sistemas silvopastoriles en el manejo de los pastos, los mismos que proporcionan recursos tales como hospederos alternos, alimento y refugios que favorecerán la presencia de enemigos naturales.

Otra alternativa dentro del manejo integrado de plagas en el pasto es la utilización de hongos entomopatógenos capaces de ejercer control sobre salivazos y de esta manera reducir el daño producido por estos insectos. De acuerdo a Tiago, Oliveira, & Lima, (2014), aislados de *Metarhizium anisopliae* var. *Anisopliae* presentaron el mayor potencial para el control del salivazo *Mahanarva fimbriolata*.

Objetivo

- Determinar el efecto de la sombra, manejo del pasto y controladores biológicos sobre las poblaciones de salivazo en pastos *Brachiaria* sp.

Metodología

Se estableció el ensayo en la Joya de los Sachas en la estación Experimental Central de la Amazonía (EECA), en el cual se estableció pasto *Dalis*. Los factores que se estudian en la presente investigación corresponden a dos tipos de sombras: sombra media contrastadas con pleno sol, el otro factor en estudio son intensidades de manejo: a) la rotación, b) y control biológico. La combinación de los factores da origen a 12 tratamientos en estudios (Tabla 4). Los tratamientos se implementarán bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar con los sistemas de producción. Para la multiplicación masiva del hongo se utilizó grano entero de arroz, mismo que se humedeció y esterilizó en bolsas de plástico de polifan. El arroz fue previamente lavado dos veces en agua corriente y remojado por 40 minutos en una solución de cloranfenicol, a la concentración de 500 ppm; pasado ese tiempo se colocó en las bolsas de plástico en cantidades de 250 g y se esterilizó por 15 minutos a 121°C y 15 psi. Una vez esterilizado el arroz y ya frío, se inoculó con 5 ml de una suspensión de conidias del hongo de 21 días de edad a la concentración de 1×10^6 conidias por ml, utilizando una jeringa hipodérmica y el orificio fue sellado con cinta adhesiva. Una vez inoculado el arroz, las bolsas se incubaron a temperatura ambiente con 12 horas luz-oscuridad durante tres semanas (Lezama R. *et al.*, 1997).

Resultados preliminares

En el ensayo instalado recientemente instalado en la EECA, en todos los tratamientos se han realizado las evaluaciones de las poblaciones de adulto de salivazo, pupas del insecto, que en este caso representa la plaga a controlar. Los reportes a partir de las evaluaciones realizadas indican que las poblaciones de salivazo son extremadamente bajas; razón por la cual, no se ha realizado las aplicaciones de las cepas del entomopatógeno *Metarrhizium* spp.

En las evaluaciones realizadas, en el mes de noviembre existe la presencia e ninfas considerado como el segundo estado de desarrollo del insecto como producto de la presencia de lluvias, e incremento de la temperatura para el caso de los tratamientos que se encuentran a pleno sol (figura10).

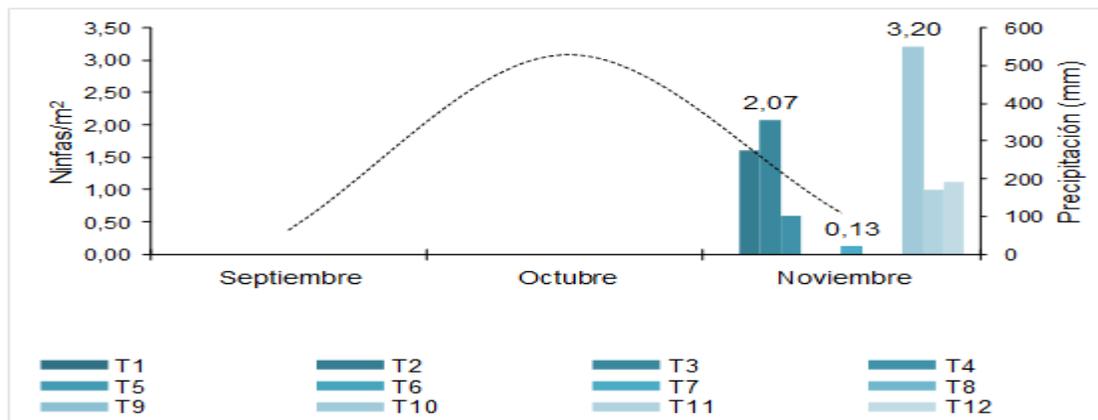


Figura 10. Presencia de ninfas/m² para cada uno de los tratamientos relacionada con las precipitación presentadas en el área en estudio.

Bibliografía

Alcorn, J. L. (1983). Generic concepts in Drechslera, Bipolaris and Exserohilum. *Mycotaxon*, 17, 1–86.

ARANGO, G., CALDERON, M., & VARELA, F. A. (1982). Cercópodos plagas de los pastos en América Tropical. *Biología y control: guía de estudio*.

Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. (Amer Phytopathological Society, Ed.). American Phytopathological Society (APS Press).

Castaño, J. (1994). *Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2015.

Castro Marcelo. (2017). Rendimiento de arroz en cáscara, primer cuatrimestre

2017. *Dirección de Análisis y Procesamiento de La Información Coordinación General Del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura, Ganadería,* 09. Retrieved from http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_primer_quatrimestre2017.pdf

Castro, U., Morales, A., & Peck, D. C. (2005). Dinámica poblacional y fenología del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* (Lallemand)(Homoptera: Cercopidae) en el Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia. *Neotropical Entomology*, 34(3), 459–470.

Ecuador, P. (2013). Análisis del sector cacao y elaborados. *Ecuador: Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones*, 6.

Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. (2017). *Indice_de publicacion_ESPAC_2017*.

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43.

Holmes, K. A., Schroers, H.-J., Thomas, S. E., Evans, H. C., & Samuels, G. J. (2004). Taxonomy and biocontrol potential of a new species of Trichoderma from the Amazon basin of South America. *Mycological Progress*, 3(3), 199–210. <https://doi.org/10.1007/s11557-006-0090-z>

INEC. (2014). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*, 23. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>

Krauss, U., & Soberanis, W. (2003). Control Biológico de *Monilia* (*Moniliophthora roreri* (Cif. & Par) Evans et al.) para la rehabilitación de cacaotales en América Latina. *Biol. Control*, 22(2), 149–158.

Lapointe, S. L., Peck, D. C., Yencho, G. C., & Valério, J. R. (1996). Estrategias para el control de cercópodos: Problemas y perspectivas. In *Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (23, 1996, Cartagena de Indias, Colombia). Memorias*.

Lezama, R., Molina, J., Rebolledo, O., Trujillo, A., Gonzalez, M., & Briceno, S. (1997). Evaluation of entomopathogenic fungi (Hyphomycetes) against *Anthonomus fulvipes* (Coleoptera: Curculionidae) in organically grown barbados cherry trees. *Vedalia*, 4: 25-27

Luttrell, E. S. (1963). Taxonomic criteria in *Helminthosporium*. *Mycologia*, 55(5), 643–674.

Manamgoda, D. S., Rossman, A. Y., Castlebury, L. A., Crous, P. W., Madrid, H., Chukeatirote, E., & Hyde, K. D. (2014). The genus *Bipolaris*. *Studies in Mycology*, 79(1), 221–288. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.10.002>

Metcalf, Z. P. (1960). General catalogue of the Homoptera, Fascicle VII. Cercopoidea. Parts 1. Machaerotidae. Waverly Press, Baltimore, MD.

Nieto, C., & Caicedo, V. (2012). Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. *Miscelánea*, 405, 46–48.

Ou, S. H. (1985). *Rice diseases*. IRRI.

Peck, D. C. (2001). Diversidad y distribución geográfica del salivazo (Homoptera: Cercopidae) asociado con gramíneas en Colombia y Ecuador.

Pico, R., Calderon, P., Fernández, A., & Díaz, M. (2012). Guía del manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la amazonía.

Sánchez Mora, F. D., & Garcés Fiallos, F. R. (2012). *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249–258.

Sivanesan, A. (1987). *Graminicolous species of Bipolaris, Curvularia, Drechslera, Exserohilum and their teleomorphs*. CAB International.

Sivila, N., & Jujuy, S. A. (2013). *Producción artesanal de trichoderma*.

Sotelo, G., & Cardona, C. (2001). Manejo integrado del salivazo de los pastos con énfasis en resistencia varietal. *Manejo y Evaluación de Pasturas Tropicales*. Herrero, M, 117–125.

Suárez, L. Y., & Cabrales, C. P. (2008). Identificación de especies de cepas nativas de *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp. y evaluación de su potencial antagonista in vitro frente al hongo fitopatógeno nativo *Moniliophthora roreri* en el departamento de Norte de Santander. *Respuestas*, 13(1), 45–56.

Tiago, P. V., Oliveira, N. T. de, & Lima, E. Á. de L. A. (2014). Biological insect control using *Metarhizium anisopliae*: morphological, molecular, and ecological aspects. *Ciência Rural*, 44(4), 645–651.

Tovar Castaño, J. C. (2008). *Evaluación de la capacidad antagonista “in vivo” de aislamientos de Trichoderma spp frente al hongo fitopatógeno Rhizoctonia solani*. Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved from <http://passthrough.fw-notify.net/download/614907/http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis98.pdf>

Vivas Vivas, L., & Intriago Mendoza, D. (2012). Guía para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades en el cultivo de arroz en Ecuador.

11.5. Actividad 5. Título: “Evaluación de Tecnologías en Sistemas Agroforestales para la Producción de Pitahaya en el Cantón Palora”.

Antecedentes

El lugar de origen de la Pitahaya es América tropical, de allí se ha distribuido a sureste asiático, Europa, Estados Unidos de América e Israel, como cultivo comercial (Del Ángel et al. 2012). Los mismos autores manifiestan que existen 10000 hectáreas de plantaciones de pitahaya especializadas en el mundo, en sistemas de producción tradicionales, semitecnificados y tecnificados, distribuidos en la Florida, México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguay, Perú, Brasil, Ecuador, Colombia, Tailandia, Indonesia y Vietnam. Ecuador y Nicaragua son los principales productores de *H. undatus* en América Latina y Colombia de la variedad pitahaya amarilla (*Selenicereus sp.*).

En Ecuador de acuerdo con los datos del último Censo Agropecuario realizado por el INEC en el año 2000, el total de la superficie sembrada exclusivamente con Pitahaya fue de 165,5 ha, mientras que la superficie cosechada alcanzó las 110 hectáreas. En cuanto a la distribución geográfica de los cultivos, éstos se localizaron principalmente en las provincias de Pichincha con el 76.8%, Morona Santiago con 11.47%, Guayas con 4.9% y Bolívar con 3.9%. Según Asopitahaya del Ecuador, cada hectárea produce 4.000 kg de pitahaya por ciclo, dando una producción de 300 toneladas con una variación del 20% debido al factor climático, también manifiesta que se requiere una inversión de USD 25 000/ha para el riego de fertilizantes y abonos. La pitahaya amarilla se encuentra en el Noroccidente de Pichincha, Imbabura y en la región sur de la Amazonía. Mientras la pitahaya roja se encuentra cultivada en la provincia del Guayas (Pozo 2011).

Este cultivo no se ve exento del daño de diversas patologías fúngicas, diferentes autores citan a los microorganismos como: *Fusarium oxysporum*, *Fusicoccum sp.*, *Dothiorella sp.*, *Curvularia lunata*, *Colletotrichum gleoeosporioides*, *Phytophthora sp.* y *Alternaria sp.* (Awang et al. 2010, Rodríguez 2000, Vilaplana 2016) su presencia y daños causan una merma en la producción con pérdidas económicas de hasta el 44 % (Botín et al., 2004); aunque las evidencias citadas se tratan de patógenos encontrados en las vainas y fruta de pitahaya. A más del grupo de patógenos asociados a la pitahaya algunos autores, sostienen que uno principales problemas asociados a la destrucción radicular son los nematodos; aunque presumen hipotéticamente que hongos del genero *fusarium* podrían estar ocasionando daños a las raíces producto de las heridas ocasionadas por los nematodos (Araujo and Medina 2008; Castaño et al. 1991; Guzmán et al. 2011).

Debido a estas problemáticas en el cultivo de pitahaya en los años 90, países como Colombia, Nicaragua y México han realizado diferentes estudios sobre la protección del cultivo (Valencia-Botín, Kokubu, & Ortíz-Hernández, 2013). En el Ecuador se posee muy poca información de las plagas presentes en el cultivo de pitahaya, este desconocimiento está llevando a un mal control y al aumento de costos de producción, sin enfatizar la contaminación ambiental que conlleva las aplicaciones químicas desmedidas para paliar el daño causado por estas.

Sarango (2007), que menciona, que en la combinación del sistema agroforestal de las especies industriales *Piper nigrum* y *Cereus triangularis* con las especies leñosas *Gliricidia sepium* y *Erythrina poeppigiana*, se incrementaron los contenidos promedios de materia orgánica (23,6 %), de nitrógeno (27,6%) y de potasio (118,4 %), por efecto de la biomasa agregada al suelo de las dos especies arbóreas. En este SAF en el primer año se obtuvo una producción promedio de biomasa de *Gliricidia sepium* de 1 600,29 kg/ha/año, superior en 3,1 veces a la *Erythrina poeppigiana* que obtuvo una producción de 510,40 kg/ha/año.

Objetivo

- Diagnóstico de principales plagas presentes en el cultivo de pitahaya
- Evaluar el efecto de los sistemas agroforestales sobre variables sanitarias en el cultivo de pitahaya.
- Evaluar el efecto de tutores vivos sobre variables sanitarias en el cultivo de pitahaya.

Metodología

El estudio se realizara Provincia Morona Santiago, cantón Palora, la cual presenta una temperatura promedio 22.5 °C, una precipitación media anual 3500 mm, humedad relativa promedio de 82, de topografía plano (< 5%) y textura de suelo franco.

Objetivo Diagnóstico de principales plagas presentes en el cultivo de pitahaya .

Para el diagnostico de las enfermedades foliares se visitó 23 sitios representativos del cantón Palora, las muestras fueron depositadas en bolsas de polietileno etiquetadas, georreferenciadas y llevadas a la Granja Experimental Palora. Las muestras de tejidos se lavaron, se cortó en fragmentos de un unos 5 mm, los cuales fueron desinfestados con hipoclorito de sodio al 3% por un minuto y se lavaron tres veces en agua destilada estéril. Se colocaron cinco fragmentos

en cajas Petri con medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) acidificado y se incubaron a temperatura ambiente (25-27°C). Las colonias que emergidas de los tejidos fueron identificadas a nivel de género, se utilizó las claves (Barnett & Hunter, 1998). Una vez aislado el patógeno se realizaron los postolados de koch, Para lo cual se asperjara sobre un grupo de seis pencas repetidas tres veces, que son cultivadas en invernadero bajo una cámara húmeda provista de un humidificador.

Para el caso de la parte radicular se colectaron raíces que fueron lavadas, Cada raíz se cortó en fragmentos de unos 5 mm, los cuales fueron desinfectados en etanol (80% v/v) y lavadas tres veces con agua que esterilizada (Agrios, 2005); posteriormente se colocaron cinco fragmentos en cada plato Petri de 90 mm que contenía medio Bacto® Agar (Difco®), (Sinclair & Dhingra, 2017) siendo incubados a temperatura ambiente (25-27°C). Los platos Petri se revisaron en un microscopio compuesto a las 48 h, para observar el crecimiento germinado de los fragmentos (Montiel González et al., 2005) (modificado). Cuando cumplieron 48 horas las platos Petri sembrados que contenían medio Bacto® Agar (Difco®) y mediante la técnica punta de hifa (Montiel González et al., 2005), fue transferido parte del micelio a cajas Petri con medio de cultivo agar papa dextrosa + 750 mg de pentacloronitrobenceno y 300 mg de sulfato de estreptomicina por litro de agua destilada (PDA + PCNB) (Nash & Snyder, 1962), los platos Petri sembrados se incubaron durante 10 días a temperatura ambiente (25-27°C) y un fotoperiodo de 12:12. Sobre este medio se realizó la identificación del patógeno.

Para el caso de nematodos se extrajeron muestras de raíces a una profundidad de 15 x 30 x 15 cm, para la extracción de nematodos se realizó el método de licuado-tamizado e incubación de nemátodos (Triviño, Navia & Velasco, 2016). La identificación de los especímenes de nematodos se realizó mediante observaciones en un microscopio invertido Olympus con objetivos 4x, 20x, y 40x, y por caracterización morfológica utilizando claves de descripciones de nematodos Fito parásitos (C.I.h. 1977).

Objetivo Evaluar el efecto de los sistemas agroforestales sobre variables sanitarias

En los ensayo 1, el factor en estudio lo conforma el sistemas agroforestales, chuncho (*Cedrelinga catenaeformis* D.) + porotillo (*Erythrina spp*), pleno sol y porotillo (*Erythrina spp*). Como sombra temporal se empleará plátano (*Musa spp*); además se integrara siembra de café, y flemingia sobre las hileras y cobertura (gramíneas y leguminosas).

En el ensayo 2 el factor en estudio corresponderá a los cuatro tipos de tutores: tutores vivos, especies de *Erythrina*; tutor con neumático reciclado; con *Gliricidia sepium* y hobo (*Spondias* sp.) y a el bio carbón. Se emplea un diseño de bloques completamente aleatorizado, con tres repeticiones en ambos ensayos. El análisis estadístico de los datos se analiza con el programa estadístico InfoStat, empleando modelos lineales generales y mixtos, y para establecer diferencias estadísticas se emplearán la prueba LSD Fisher $\alpha= 0.05$.

Se evaluará la incidencia bacteriosis, para lo cual se contabilizará el total de ramas de nueve plantas y en número de ramas con la presencia de la enfermedad, también se evaluara plantas con presencia de nematodos - *Fusarium* y sarna en brotes tiernos, esta evaluación se realizará mensualmente. Para manejar la nutrición se realiza análisis físico - químico de suelos al inicio de estudio y cada la nutres meses, a la profundidad de 0 – 40 cm, para determinar el contenido de nutrientes. Se analizará pH, N, P, K, Ca, Mg, S, micronutrientes, acidez intercambiable, materia orgánica del suelo (MOS), textura y densidad aparente.

En el ensayo 1 la combinación de los factores nos genera seis tratamientos, los que se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Tratamientos del estudio de SAF en pitahaya en Palora:

Tratamientos	Combinación
T1	<i>Erythrina</i> + gramíneas
T2	<i>Erythrina</i> + leguminosas
T3	<i>Erythrina</i> + chuncho + gramíneas
T4	<i>Erythrina</i> + chuncho + leguminosa
T5	Pleno sol + gramíneas
T6	Pleno sol + leguminosa

Objetivo Evaluar el efecto de tutores vivos sobre variables sanitarias en el cultivo de pitahaya.

En la tabla 8, se describe la combinación de tratamientos del estudio de tutores vivos y el factor bio carbón en el cultivo de pitahaya establecido en Palora.

Tabla 8. Tratamientos para sistemas de tutores en ensayo de pitahaya vivos

Tratamientos	Descripción
T1	Tutor vivo (<i>Erythrina</i> sp.) + sin bio carbón
T2	Tutor vivo (<i>Erythrina</i> sp.) + sin bio carbón
T3	Tutor vivo (<i>gliricidia</i>) + sin bio carbón
T4	Tutor vivo (<i>gliricidia</i>) + con bio carbón
T5	Con neumático reciclado + sin bio carbón
T6	Con neumático reciclado + con bio carbón
T7	hobo (<i>Spondias</i> sp.) + sin bio carbón
T8	hobo (<i>Spondias</i> sp.) + con bio carbón

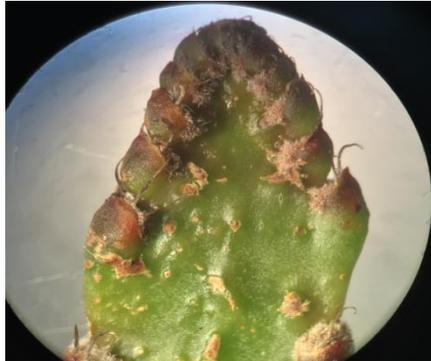
Con el objetivo de aprovechar los recursos disponibles en la finca se elaboró biocarbón con los residuos leñosos resultantes de la tumba y limpieza el área para la implementación del ensayo. El método utilizado fue Gasificación modificado que consiste en que los materiales combustibles, como la biomasa (leña) son parcialmente oxidados o quemados a 500-900 °C en presencia de un agente gasificante como el aire (Göransson, Söderlind, He & Zhang, 2011). La incorporación del biocarbón obtenido se realizó de acuerdo a los tratamientos, 2 kg por planta a la corona, colocando sobre el mismo una capa de bocashi. Las variables de evaluación para determinar la influencia del biocarbón en las propiedades del suelo y que permitirán cumplir con los objetivos del estudio se describen a continuación:

Para determinar los cambios en la fertilidad físico-química del suelo, se toman muestras de suelo de cada unidad experimental, a una profundidad de 20 cm al inicio y posteriormente cada 6 meses, se analizan pH, acidez intercambiable, textura, materia orgánica, C, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe y Mn, con las metodologías validadas en el Laboratorio de Suelo y Aguas de la EECA.

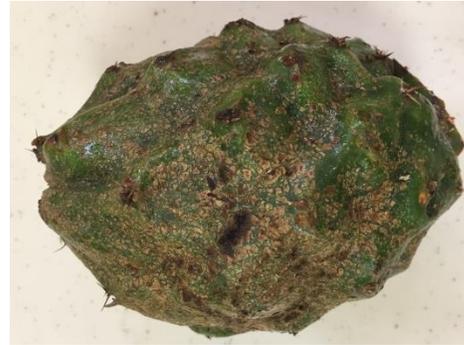
Resultados

De los muestreos realizados se ha determinado lo siguiente: en tejidos afectados especialmente por sarna en las hojas o vainas jóvenes y en frutos se ha logrado

determinar la presencia de ácaros y lesiones ocasionadas el hongo *Alternaria* sp.; este hongo se le atribuye como el causante de la sarna tanto en las vainas nuevas (tejido tierno) como en los frutos. También se atribuye que el hongo *Alternaria* sp. es causante de la muerte de vainas jóvenes. En la Figura 11, se observa las lesiones de las vainas jóvenes, aislados, crecimiento macroscópico y microscópico del hongo *Alternaria* sp. También se observó crecimiento de *Colletotrichum* spp Cepas que se mantienen en la Granja Experimental palora.



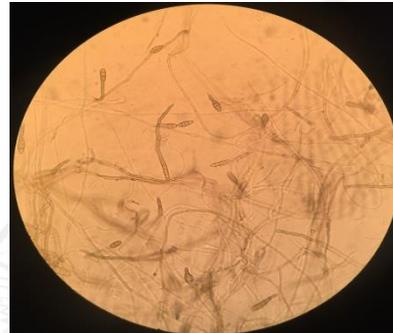
Sarna en las hojas o vainas jóvenes



Sarna en frutos de pitahaya



Crecimiento macroscópico de *Alternaria* sp.



Crecimiento microscópico de *Alternaria* sp.

Figura 11. Lesiones de las vainas jóvenes y frutos, aislados, crecimiento macroscópico y microscópico del hongo *Alternaria* sp.

Con el uso de un capturador de esporas se logró evidenciar que si se produce la dispersión de esporas de *Alternaria* por efecto del viento. Se observa que la dispersión mayor dispersión de dio entre las 14:30 horas hasta las 17:30 horas; aunque en horas de 4:40 a 8:30 horas también se presentó una alta dispersión de esporas. Normalmente la dispersión en las primeras horas del día, es menor, en

este caso hubo un comportamiento anormal, es posible que en esas horas (4.30 a 7:30 horas) se haya presentados ráfagas de viento (Figura 12).

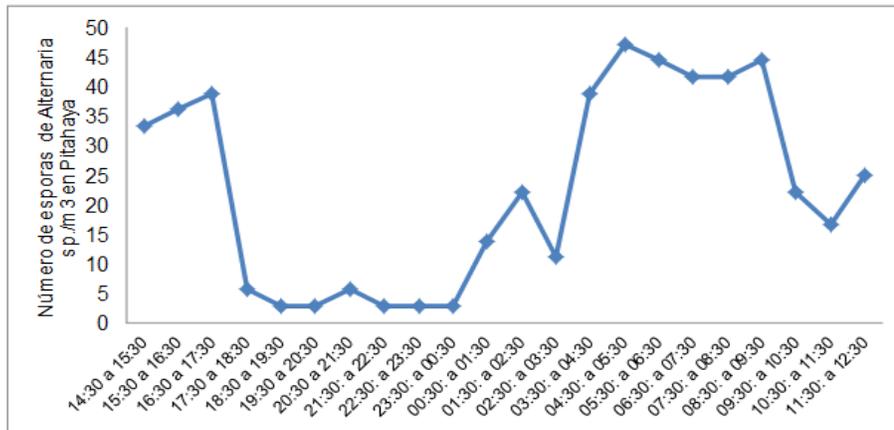


Figura 12. Dispersión en seco de esporas de *Alternaria* sp. en ensayo de sistema agroforestales en pitahaya, Palora.

A partir de los aislados realizados en el laboratorio y una vez realizadas la prueba de los postulados de Koch, se observó las mismas características de lesiones producidas por el hongo *Alrternaria* spp en pencas de pitahaya. Las lesiones de presentaron a partir de las 72 horas (Figura 13).



Figura 13. Prueba de los postulados de Koch sobre pencas de pitahaya en invernadero y sobre cámara humedad controlada, lesiones del hongo *Alrternaria* spp, producidas en las pencas.

En la parte radicular los aislamientos obtenidos presentaron colonias con micelio aéreo algodonoso, color blanco, cremoso con un tinte violáceo a púrpura formando

microconidias sobre fiálides simples, macroconidias curvadas, en las hifas se observó abundante clamidosporas terminales o intercales, redondeadas, solitarias o en pares. Luego del proceso de identificación se logró determinar que los 22 aislados que predominaron en las muestras de raíces de pitahaya, corresponden al género *Fusarium* spp.; las mismas que se conservan en la Granja Experimental Palora. La literatura responsabiliza al género *Fusarium* de ser el principal patógeno en causar marchitamiento y pudrición radical, en diversos cultivos, hasta el momento no se tiene reportes de este género atacando raíces de plantas de pitahaya, los resultados obtenidos en esta investigación relacionan al género *Fusarium* como el principal agente causal de la pudrición radical y la marchitez de las plantas de pitahaya en la zona de Palora (Figura 14).

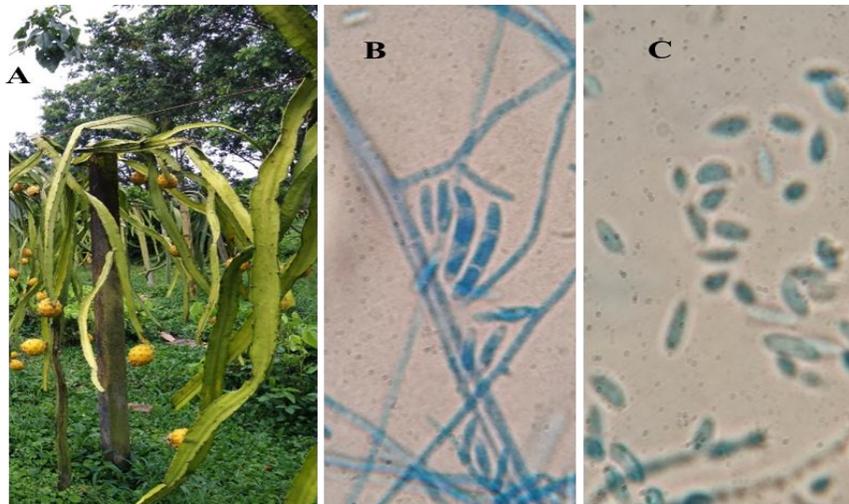


Figura 14. A). Amarillamiento generalizado, causado por *Fusarium* spp. B y C) Macro y micro conidios de *Fusarium* spp..

En el sistema radicular, en el laboratorio se ha logrado determinar la presencia de tres géneros de fitonematodos entre ellos el *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* spp. en el 97% de las muestras y un 3% de *Tylenchus* ssp. El género de mayor densidad poblacional promedio y con más de una especie fue del nematodo espiral (*Helicotylenchus* spp.) con 560 individuos; mientras que *Meloidogyne* sp. se presentó con una población inferior de 329 larvas en 10 g de raíces (Figura 15).

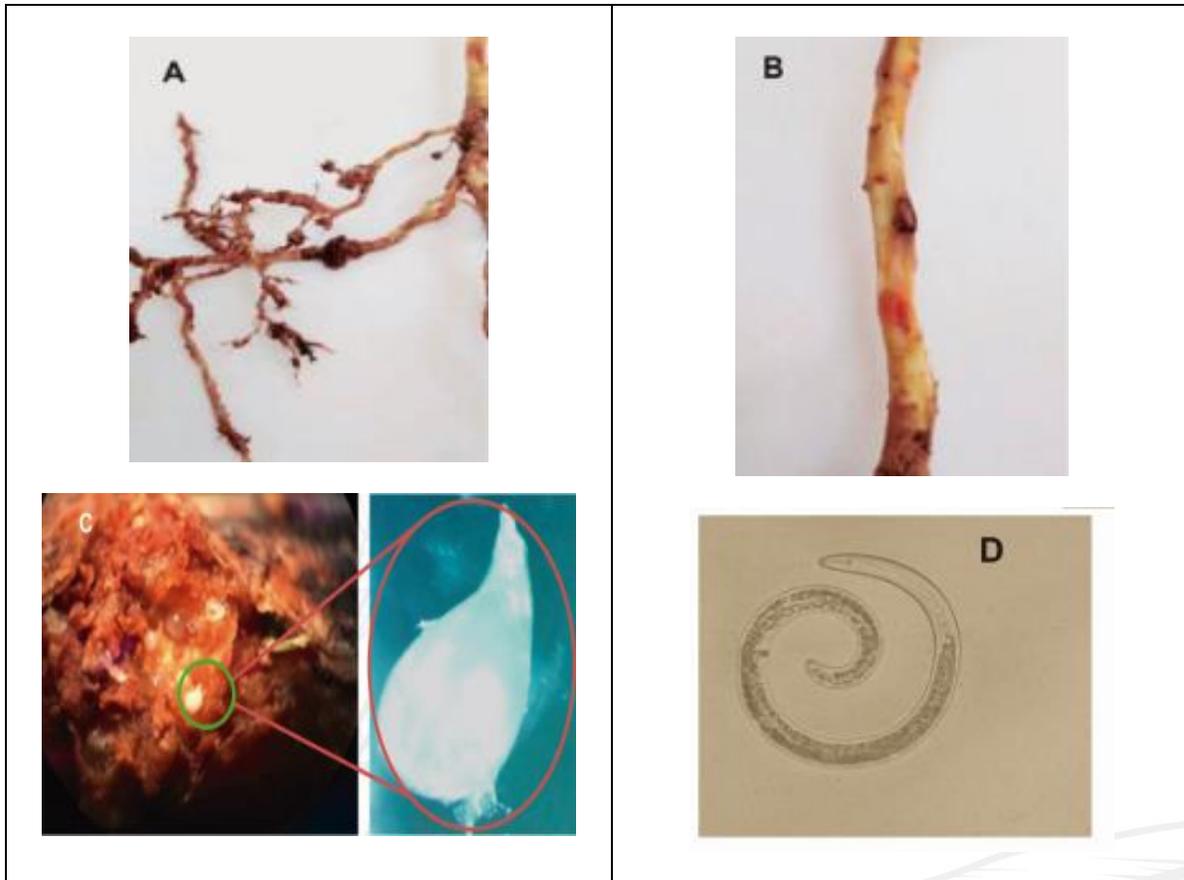
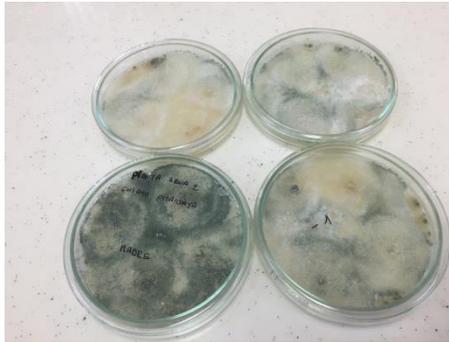


Figura 15. Lesiones de raíces causadas por nematodos (A, B); huevos de hembras de *Meloidogyne* (C) y hembra de *Helicotylenchus*.

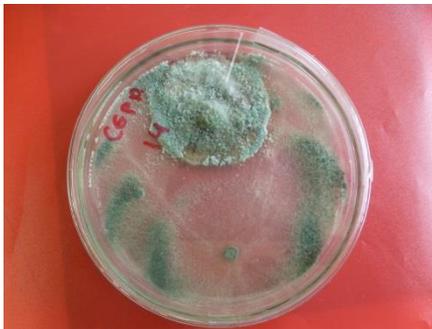
Ante esta problemática se han realizado muestreos de suelo en más de 33 fincas y se han aislados 50 cepas de *Trichoderma* sp.; las mismas que se conservan en la Granja Experimental Palora. Se han realizado confrontaciones tanto alternaria como con *Fusarium* sp. (hongos encontrados en raíces) y se ha pre seccionado cuatro cepas de *Trichoderma* con capacidad de biocontrol a *Alternaria* sp. (Figura 16).



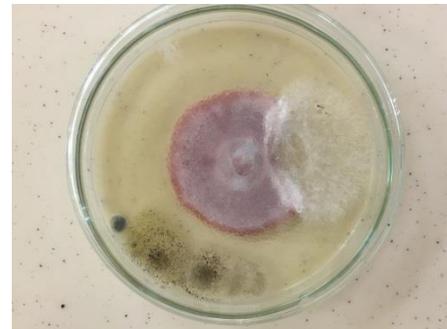
Método de Aislados de *Trichoderma* sp



Cepas de *Trichoderma* sp



Trichoderma vs *Alternaria* sp



Fusarium vs *Trichoderma*

Figura 16. Cepas de *Trichoderma* sp., confrontaciones *Trichoderma* vs *Alternaria* sp. y confrontaciones *Fusarium* vs *Trichoderma*.

En el ensayo 1 Sistemas agroforestal, al medir la incidencia de alternaria en brotes nuevos se puede observar que en todos los sistemas se presenta una alta incidencia de la sarna. Lo que nos manifiesta que los manejos empleados en este caso orgánicos no están siendo eficientes para el control del Hongo. (Figura 17).

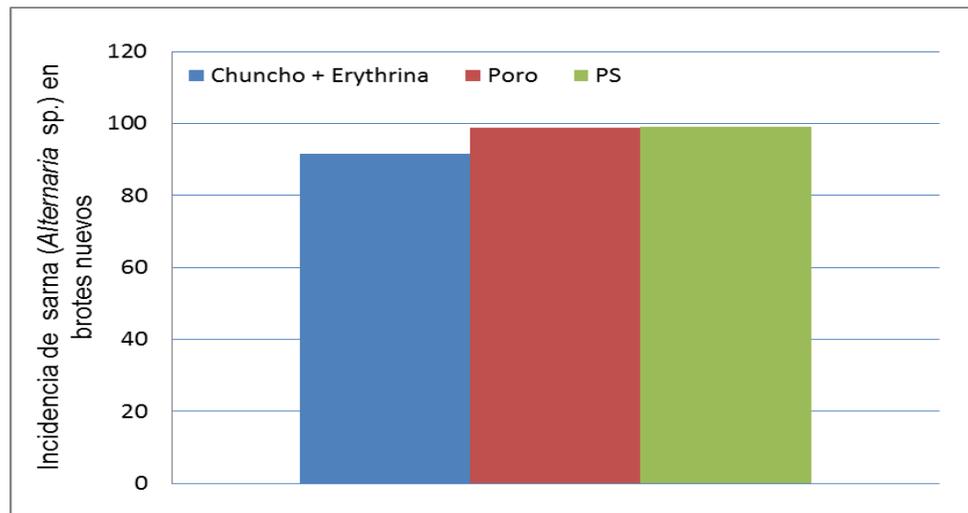


Figura 17. Incidencia de sarna *Alternaria* sp. (%) e ensayo de pitahaya bajo sistemas agroforestales en Palora.

En el ensayo 2 se aprecian diferencias estadísticas significativas ($p < 0.01$) al considerar la variable pH de suelo, con valores promedios de 4,7 para los tratamientos Con Biocarbón y 4,62 sin Biocarbón, sin embargo, los valores de pH para los tratamientos Con Biocarbón varían 4, 43 a 5,28 así como para los tratamientos Sin Biocarbón de 4,38 a 5,01. Se continuará monitoreando los cambios o variaciones en éste parámetro por medio de los análisis químicos de suelos semestrales (figura 18).

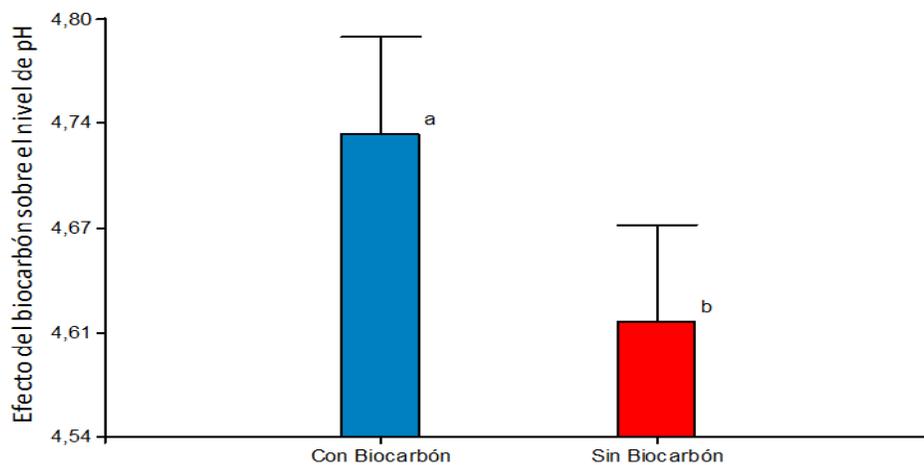


Figura 18. Efecto del biocarbón sobre la acidez del suelo de un sistema de producción agroforestal de pitahaya en el cantón Palora.

Conclusiones:

- Se logró determinar que *Alternaria* spp. y *Colletotrichum* spp. son los principales patógenos causantes del bloqueo en el desarrollo de nuevas vainas y el colapso de estas tanto en las areolas como las aristas de pitahaya en Palora.
- La enfermedad conocida como podredumbre del sistema radicular o marchitamiento de la pitahaya en Palora, es causada por el hongos del género *Fusarium* spp.
- Preliminarmente se evidencia que el biocarbón favorece la subida del pH en el suelo.

Recomendaciones:

- Se recomienda realizar estudios para determinar la interacción entre *Alternaria* sp. y el Acaro presentes en las pencas.
- Se recomienda profundizar en estudios de caracterización molecular de estos patógenos para poder realizar un buen control fitosanitario.
- Realizar estudios para establecer niveles de interacciones entre nematodos fitoparasitos y *Fusarium* spp sobre el daño a raíces de pitahaya.

11.6. Actividad 6. Título: "Evaluación de prácticas de manejo para el control de marchitez sorpresiva en palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en la parte norte de la Amazonía ecuatoriana".

Responsable: Ing. Alejandra Díaz

Equipo multidisciplinario: Carlos Caicedo, Alejandra Díaz, Jimmy Pico R.

Antecedentes

En el Ecuador el cultivo de la palma aceitera es de mucha importancia económica dentro de la producción agrícola del país, donde se encuentra sembradas una superficie de 369.406 hectáreas, es así que en el Oriente Ecuatoriano existen alrededor de 32000 hectáreas sembradas con palma aceitera con mayor concentración en las provincias de Orellana y Sucumbíos (INEN, 2015).

Sin embargo en las plantaciones existen problemas fitosanitarios entre ellas la marchitez sorpresiva que es una de las enfermedades más agresivas en plantaciones de palma aceitera en la Amazonía ecuatoriana. Se caracteriza por ser letal y su mayor incidencia se presenta después del tercer año de haberse sembrado, aunque puede presentarse desde el primer año de sembrada la plantación. Generalmente esta enfermedad está asociada a plantaciones con bajo nivel de manejo especialmente de las gramíneas. El primer registro de la enfermedad fue en Surinam (Parthasarathy *et al.* 1976). Posteriormente ha sido encontrada en Colombia, Ecuador, Perú, (Thomas *et al.* 1979).

La marchitez sorpresiva ha sido asociada con un protozooario flagelado del género *Phytomonas sp.*, que se localiza en el floema de las plantas infectadas; dicho protozooario es transmitido por el pentatomidae *Lincus sp.*, que al ponerse en contacto con la planta es dispuesto para su invasión en el tejido. La distribución de estos protozoarios dentro de la planta no es regular y se puede hacer un diagnóstico observando a través del microscopio unas gotas de savia extraídas de la parte vegetal, especialmente de raíces aparentemente sanas (McCoy, 1981).

Según, (Asipuela, 2014), Existe un complejo de hongos entomopatógenos, que de forma natural están infectando las poblaciones de *Lincus sp.*, entre ellos *Paecilomyces tenuipes*, con altas características y potencialidad para ser empleado como futuro agente de control biológico dentro del manejo integrado de plagas.

Cruz, (2014) ha constituido, el manejo integrado, prácticas culturales, controles sanitarios, aspectos culturales sociales, obteniendo una disminución significativa

en la incidencia de la enfermedad, demostrando que la interacción de estos aspectos juega un papel fundamental en el mejoramiento productivo de las plantaciones de palma.

Un programa de Mejores Prácticas Agrícolas, es un plan integral que se inicia con la selección apropiada del sitio de producción y programas eficientes de labores culturales (incluyendo manejo de fertilizantes y control de plagas), cosecha, poscosecha, culminado con sistemas efectivos de autoevaluación y de trazabilidad de la producción. Además se pueden definir como la combinación de aspectos económicos, sociales, y ambientales (IPNI, 2009).

Una alta producción en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) está asociado con un manejo adecuado de su nutrición y de las prácticas de fertilización, (Múnevar, 2001). Por otra parte una buena nutrición influye positivamente sobre la incidencia de plagas y enfermedades que afectan el cultivo. El balance nutricional es un concepto vital en la fertilidad del suelo y en la producción de cultivos (INPOFOS, 2000). El objetivo de esta primer fase se enmarca en la determinación, identificación, multiplicación y evaluación de posibles Biocontroladores de *Lincus* sp. Vector de Marchitez sorpresiva en el cultivo de palma Aceitera.

Objetivo

- Identificación de posibles agentes de biocontrol sobre *Lincus* spp. en condiciones de laboratorio.

Metodología

Para aislamiento de posibles microorganismos con capacidad biocontroladora, se realizaron seis muestreos en total, se completaron 15 muestras de suelo de palma aceitera a una profundidad de 0–10 cm. Para el aislamiento de posibles microorganismos con capacidad de biocontrol, se utilizó la metodología de Parada, (2017) modificada, la que utiliza 2 g de suelo disueltos en un tubo de ensayo con 10 ml de agua destilada estéril para luego realizar las diluciones seriadas de hasta de 10^{-4} . Posteriormente 0.3 ml de la dilución de cada concentración fue añadida a platos Petri estériles, conteniendo medio de cultivo selectivo con dodine (acetato de N-dodecilguanidinio) (40 g de glucosa, 10 g de peptona, 15 g de agar, 0,01 g de cristal violeta, 0,25 g de cicloheximida, 0,25 g de Dodine, 0,5 g de cloranfenicol y 1 l de agua destilada) (Doberski y Tribe 1980). Se esparcirá la dilución sobre todo el plato Petri con la ayuda de una espátula Drigalski, la siembra fueron incubadas a temperatura ambiente (25-27°C). Las colonias que emergidas de la primer siembra fueron aisladas mediante la técnica punta de hifa (Montiel

González et al., 2005), fue transferido parte del micelio a cajas Petri con medio de cultivo agar papa dextrosa + 300 mg de sulfato de estreptomina por litro de agua destilada, para su identificación y confirmar si correspondía a uno de los hongos entomopatógenos citados por la literatura.

En los bioensayos en laboratorio se midió el porcentaje de mortalidad de *Lincus*. Aislado de *Beauveria* spp. y *Paecilomyces* spp. de cultivos conservados se repicó en un plato Petri con PDA se incubó durante siete días a 27°C. Al séptimo día de incubación, 5 ml de agua destilada estéril más 0.005% de Tween 20 (v/v) se añadió y con la ayuda de un cotonete estéril se rasparon sus conidias. Los crecimientos se colocaron en matraces y se agitaron a 3000 rpm durante 45 segundos, seguidamente la suspensión de conidias se filtró en una capa de gaza estéril y su concentración se determinó en la cámara Neubauer y se ajustó a 1×10^6 conidias/ml para ambos microorganismos.

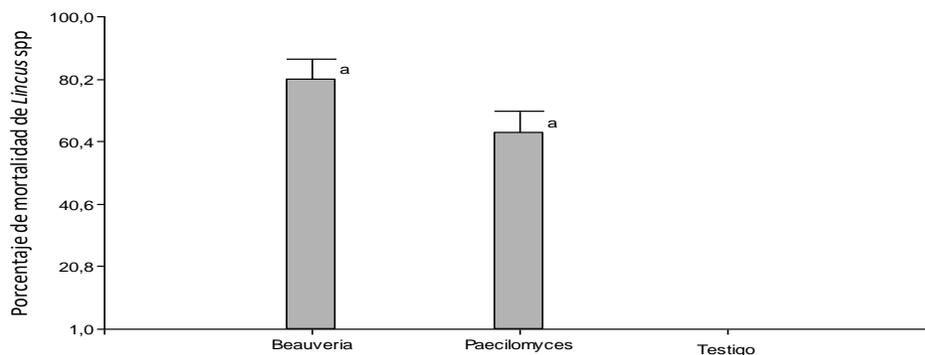
Adultos de *Lincus* spp. fueron colectados de una parcela de palma aceitera en la localidad de Enokanqui, Orellana y colocados en grupos de 10 insectos dentro de un recipiente plástico de 450 ml de capacidad. Los insectos fueron transportados al laboratorio de Protección Vegetal de la Estación Experimental Central de la Amazonía (EECA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), San Carlos, Orellana. Dentro de la cámara de flujo laminar, los insectos fueron lavados en hipoclorito de sodio al 0.2% durante 2 minutos, luego se lavaron 3 veces en agua estéril. Los insectos fueron colocados en grupo de 10 en cada cámara y se inocularon con 0.5 ml de la suspensión de conidias de los aislados probados. El tratamiento testigo consistió de 0.5 ml de agua destilada estéril más 0.05% de Tween 20 (v/v). Cada cámara se conformó como una repetición, se emplearon tres cámaras para cada microorganismo y el testigo. La cámara consistía de una bandeja plástica esterilizada que contenía dos láminas de papel absorbente de celulosa estériles en su base interna humedecidas con 5 ml de agua destilada estéril. Posteriormente se colocaron cuatro pedazos de inflorescencia endógena de aproximadamente 10 cm de longitud que fueron lavados en hipoclorito de sodio al 10% durante 2 minutos y se lavaron 3 veces en agua estéril y cambiadas cada tres días.

Hasta los 15 días se determinó el porcentaje de mortalidad de *Lincus* spp., seguidamente, los insectos muertos con y sin micosis fueron colocados en cámaras de esporulación para aislar el hongo inoculado. La temperatura y la humedad relativa a las 7:00 a. m. y 12:00 p. m. dentro de las cámaras de cría durante los bioensayos fueron de 23 y 28°C así como del 90 y 85%, respectivamente.

Resultados preliminares

En un grupo de muestras sembradas no se ha logrado identificar ningún hongo reportado como entomopatógeno. En el invernadero se han colocados especímenes de *Lincus* sp. para lograr la multiplicación de la plaga; con dicha población se realizará la prueba de patogenicidad con dos entomopatógenos que se mantienen aislados.

Al realizar el análisis de la variable porcentaje de mortalidad, los tratamientos mostraron diferencias estadísticas ($p < 0,0001$). El entomopatógeno *Beauveria* spp. obtuvo el mayor valor de control sobre *Lincus* sp con 80.0% seguido de *Paecilomyces* spp. con 63.0%; siendo iguales estadísticamente entre ellos. A pesar que en el testigo murieron un bajo número de insectos al colocarlos sobre cámara húmeda no creció ningún microorganismo entomopatógeno (Figura 19).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 19. Porcentaje de mortalidad de *Lincus* sp. en prueba de con dos entomopatógenos en condiciones de laboratorio

Conclusiones:

- El biocontrolador *Beauveria* sp presenta un alto nivel de control sobre el insecto *Lincus* sp. siendo un potencial para el control de esta plaga.

Recomendaciones:

- Se recomienda continuar con las pruebas incluyendo otros entomoptogenos en condiciones de laboratorio, invernadero y campo.

Bibliografía

Asipuela, R.; 2014, Etiología y control de la enfermedad marchitez sorpresiva en híbridos OxG Taisha - PDR. En línea <<http://www.palmardelrio.com/sitio/files/Marchitez%20Sorpresiva%20II%20CONGRESO%20ANCUPA.pdf>>.

- Castaño, J. 1994. Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. s.l., Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2015.
- Cruz, H.R. 2014. Experiencias del manejo de la Marchitez sorpresiva bajo los lineamientos de la RSPO en Tibú, Norte de Santander Revista Palmas, 35(4): 111-119.
- Doberski, JW; Tribe, HT. 1980. Isolation of entomogenous fungi from elm bark and soil with reference to ecology of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. Transactions of the British Mycological Society 74(1):95-100.
- INEC (Instituto Nacional de estadísticas y censos) 2015. Visualizador de control ESPAC. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa. Consultado el 13 de noviembre del 2016 en http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014_2015/2015/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC_2015.pdf.
- INPOFOS. (2 de Noviembre de 2000). Nutrición y fertilización de pejobaye parapalmito, informaciones agronómicas. Recuperado el 22 de Febrero de 2011, de INPOFOS: <http://www.inpofos.com/infagronomicas.html>.
- IPNI, (2009). Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en el Ecuador. Palma, 36.
- Múnevar, F. (2001). Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. Palmas, 10-17.
- McCoy, R.E. 1981. Flagellated protozoa, threatening new plant pathogens from South America. In Proc. Fla. State Hort. Soc 1981. p. 220-221.
- Parada, RB; Marguet, ER; Vallejo, M. 2017. Aislamiento y caracterización parcial de actinomicetos de suelos con actividad antimicrobiana contra bacterias multidrogo-resistentes. Revista Colombiana de Biotecnología 19(2):17-23.
- Pereira, PG; Mora, JM. 2004. Guía para la producción de *Metarhizium anisopliae*. Guayas, Ecuador: CINCAE.
- Parthasarathy. MV; Van Slobe. WG; Soudont, C. 1976. Trypanosomatid flagellate in the phloem of coconut palms. Science. 192: 1346 - 1348.
- Tomas, DL; MC Coy, RE; Espinoza, SA. 1976. Electron microscopy of flagellated protozoa With Marchitez sorpresiva disease of Africa oil palm In Ecuador. Phytopathology. 69: 222-226.

11.7. Actividad 7. Título: Mejoramiento de la producción de Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) en la región Amazónica del Ecuador a través de fertirrigación.

Antecedentes

El árbol de cacao (*Theobroma cacao*) es cultivado en zonas tropicales húmedas, sus semillas son usadas principalmente en la industria alimentaria para la producción de chocolate en barra y chocolate en polvo (para hornear, bebidas chocolatadas y para la industria del helado), además está considerado como uno de los cultivos principales para pequeños y medianos agricultores a nivel mundial, principalmente en el continente americano y africano. El cultivo de cacao tiene importancia y comercialización internacional (como "commodity"), según estimaciones de la "World Cocoa Foundation" (2012) el cacao como producto de intercambio comercial internacional contribuye a la sustentabilidad de la vida de entre 40-50 millones de personas a nivel mundial.

A nivel nacional en el año 2012 se registró una superficie cosechada de cacao de alrededor de 430 mil ha, con una producción media de 0.3 t/ha (ESPAC, 2013) lo que de acuerdo al Banco Central, representó el 1.78% del PIB del país, por lo tanto el cacao representa uno de los principales cultivos de la economía ecuatoriana. La Amazonía representa alrededor del 40% de la superficie del Ecuador donde el cacao es uno de los principales cultivos, cumpliendo un rol principal no solo en la economía de esta región, sino fundamentalmente en el desarrollo social de la misma. Según los datos presentados por la ESPAC (2013), las plantaciones de cacao en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) son de alrededor de 65 574 ha, representando el 64.3% de los cultivos permanentes en la región y junto con las plantaciones de plátanos, caña de azúcar, café y palma africana, el cacao está considerado como un cultivo que garantiza ingresos de forma constante para las familias productoras y al mismo tiempo, por sus características de cobertura permanente, es apropiado para establecer sistemas agroforestales compatibles con las condiciones ambientales de la Amazonía, reduciendo de forma significativa el impacto ambiental. La mayoría de las plantaciones de la región pertenecen a pequeños y medios agricultores que desarrollan este cultivo bajo técnicas básicas de cultivo y como consecuencias con rendimientos muy bajos y no consistentes (alta alternancia en la productividad) lo que evita un desarrollo socio económico apropiado de este grupo humano en la región.

Según las características climáticas de la RAE, se considera como una región óptima para la producción de cacao. Las temperaturas promedio de esta región se

registran entre 23.4 y 25.4 oC, con precipitaciones anuales de entre 1 900 a 6 200 mm. Según los datos presentados en el "Análisis Reflexivo Sobre el Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana" (2012) respecto de los balances hídricos de la región, se puede apreciar que no existe déficit hídrico en ningún periodo del año cuando el análisis se realiza a nivel mensual, pero en sistemas de producción agropecuarios la importancia del "déficit hídrico" debe ser considerada a una escala de tiempo mucho más reducida como en horas de "déficit hídrico" por día. Según este mismo informe los suelos de la RAE están definidos principalmente como suelos del orden "Inceptisoles" que tiene el carácter de poco asequeables para cultivos, por ser suelos recientes, lo que significa que en los sistemas agrícolas en general y en las plantaciones de cacao de la RAE en particular, se observa un estrés nutricional importante en las plantas lo cual conlleva a bajas producciones, alternancia en la producción y mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.

La potencial biomasa anual (por arriba del suelo) producida por el árbol de cacao fue estimada por Corley (1983) en 56 t/ha; asumiendo que el índice de cosecha es de 0.20 (posiblemente una sobrestimación), la máxima cosecha de semilla estaría alrededor de las 11 t/ha; este valor es significativamente más alto de la mejor producción registrada de 4.4 t/ha (sin sombra) y la mejor producción comercial de 1.5-2.5 t/ha (Carr y Lockwoods, 2011). La producción de cacao por hectárea en el Ecuador y en la RAE en particular en promedio son de entre 0.3 - 0.5 t/ha, valores que se encuentran muy por debajo de los valores anteriormente sugeridos, principalmente en relación al Cacao Nacional Fino de Aroma. Los factores considerados como limitantes y causantes de la productividad son: agua, nutrientes, plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas, principalmente.

Tomando en cuenta la aparente sensibilidad del árbol de cacao a condiciones de sequía, inclusive temporal, sorprendentemente hay escasos reportes científicos sobre experimentos de irrigación (Carr and Lockwoods, 2011). En general, los estudios sobre la respuesta del cacao a la falta de agua fueron realizados principalmente en plantas juveniles y bajo condiciones ambientales controladas (Rada, et al., 2005). En Costa de Marfil, Jadin y Jacquemart (1978), compararon la influencia de dos métodos diferentes de irrigación (por aspersores y por goteo) con control no irrigado sobre la producción de cacao joven por el periodo de dos años. El riego, principalmente por goteo, aceleró el crecimiento de las plantas, incrementó el número de flores e incrementó la producción, pero no tuvo ningún efecto en la periodicidad del ciclo de crecimiento. Huan et al. (1986), reportó un aumento en la producción de semilla seca de 60 y 28% en el primer y segundo año de experimento respectivamente, como consecuencia de la aplicación

suplementaria de agua por riego por goteo en Malasia, también se observó un incremento en el número de frutos y en el peso de la semilla. En la zona norte del Estado de Queensland, Australia, con irrigación suplementaria la producción de semilla seca fue de entre 1.5 y 2.7 t/ha en plántones jóvenes (Diczbalis et al., 2010).

El presente estado de conocimiento sobre el efecto de fertilización en general y de fertirrigación en particular en la producción de cacao es extremadamente limitado, no solo en el Ecuador sino a nivel mundial. La mayoría de los experimentos reportados en publicaciones científicas hacen referencia a la aplicación de fertilizantes (principalmente nitrógeno en forma de urea) de forma granular y de forma irregular (no constante) durante los periodos de lluvia principalmente (Asomaning et al., 1971; Lainez 1972; Ahenkorah et al., 1987). La mayoría de estos reportes están en relación a la producción de cacao principalmente en el continente Africano, sin embargo, Bentley et al. (2004) reporta en su informe "Neighbor trees: Shade, Intercropping, and Cacao in Ecuador" que las variedades tradicionales de cacao son en general sin riego, pocos son los agricultores que fertilizan el cacao y en el caso de hacerlo lo realizan en forma granular, principalmente con urea; aquellos que aplican dosis más importante de fertilizantes son los agricultores que trabajan principalmente con el clon CCN51.

Considerando las características climáticas y de suelo de la RAE, la hipótesis para el presente trabajo se define que la aplicación de fertilizante balanceado (N-P-K + microelementos) a través del sistema de riego durante los distintos estadios fenológicos de crecimiento y producción del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) aumentará de forma significativa la producción de frutos y semillas secas. Como consecuencia el objetivo general de las dos fases de la presente investigación es mejorar los ingresos brutos de los agricultores de cacao de la RAE de forma significativa promoviendo el mejoramiento socio-económico de tales familias agrícolas en particular y de la RAE en general. El objetivo particular a largo plazo de esta investigación es desarrollar un protocolo de fertirrigación para el cacao de la RAE que permitirá: 1) aumentar la producción media de cacao en la RAE de forma significativa en un 100%; 2) disminuir la alternancia actual en la producción de cacao nacional; 3) disminuir la susceptibilidad a plagas y enfermedades que reducen de forma significativa la producción de cacao. En una primera instancia no se evaluarán procesos de cosecha y postcosecha que influyen directamente en la calidad del producto, pero se contempla utilizar la metodología aceptada hoy en día para el tratado del fruto en la post-cosecha y evaluar el impacto de la fertirrigación en varios componentes que definen la calidad de los granos de cacao como perfil de ácidos grasos, componentes aromáticos, componentes antioxidantes y propiedades como rendimiento..

Objetivo:

- Estudiar el efecto de la fertirrigación sobre la incidencia de moniliasis y rendimientos de cacao en la Amazonía.

Metodología

Se realizará un experimento en la EECA con ocho tratamientos, en el mismo que se determinarán diferentes variables de respuesta agronómica, morfológica, de calidad y económica. El proyecto requiere una primera fase de tres años para el establecimiento y evaluación del potencial productivo en las primeras cosechas a nivel de estación experimental y requiere continuidad en una segunda fase, considerando que el cacao es un cultivo perenne y alcanza la estabilidad productiva a los 5 años de haber sido sembrado, donde claramente se identificarán los mejores tratamientos para ser establecidos, evaluados y recomendados a nivel de productor. Es así que, a finales del tercer año (36 meses) se obtendrán los primeros resultados de productividad que permitirán identificar y proyectar los mejores tratamientos para establecer y validar, luego de los 5 años de evaluación, en parcelas de producción en fincas de agricultores y seleccionar la mejor tecnología que será transferida a los productores que permita mejorar su calidad de vida. Finalmente se elaborará un protocolo de trabajo para la fertirrigación del cacao Nacional en la RAE en parcelas de fincas de productores.

La investigación se realizará en el laboratorio de Protección Vegetal de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, ubicada en la parroquia San Carlos, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, a 280 msnm, con 0°21'32" de latitud Sur y 76°52'40" de longitud Occidental. El factor que se estudia en la presente investigación corresponden a niveles de fertilización. Las plantas están sembradas a 4 x 4 metros, densidad poblacional de 625 plantas por hectárea, área total de cada parcela experimental de 144 m², número de árboles por UE 16, número de árboles de cacao por parcelas útil 4, número de unidades experimentales 40, área total del ensayo 5 760 m².

Los tratamientos en estudios se describen a continuación:

1. Control (sin riego y sin fertilizante; sin encalado).
2. Control II (con riego y sin fertilizante) + encalado.
3. Fertirrigación I (N-P-K + microelementos) 20 ppm (hasta 200 kg N/ha/año) + encalado.
4. Fertirrigación II (N-P-K + microelementos) 10 ppm (hasta 100 kg N/ha/año) + encalado.
5. Fertirrigación III (N-P-K + microelementos) 40 ppm (hasta 400 kg N/ha/año) + encalado.
6. Fertilización granular "slow release" + encalado.
7. Encalado (sin riego y sin fertilizante).

8. Fertilización química recomendada por manejo integrado.

Se empleará un diseño de bloques completo al azar con cinco repeticiones, Los datos se analizarán con el programa estadístico InfoStat, empleando modelos lineales generales y mixtos, (Di Rienzo *et al.* 2008).

Se evaluará las siguientes variables:

Número de mazorcas sanas, en las cuatro plantas de la parcela útil, se contarán mensualmente el número de mazorcas que no presentan síntoma alguno de enfermedad.

Número de mazorcas enfermas por monilia (*Moniliophthora roreri*), se contarán mensualmente el número de mazorcas con síntomas de enfermedad, tales como: gibas, maduración prematura, puntos claros, mancha chocolate y/o esporulación blanca (Phillips-Mora y Cerda 2010).

Porcentaje de mazorcas enfermas (monilia), es el resultado de la relación entre mazorcas sanas y enfermas, como se indica en la siguiente fórmula:

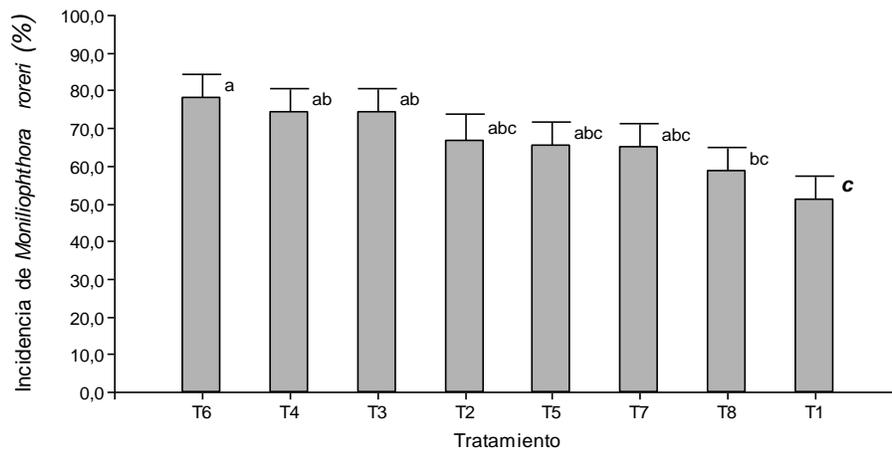
$$\% ME = (n/N) \times 100$$

Dónde: % ME = porcentaje de mazorcas enfermas, n = número de frutos enfermos y N: número total de frutos.

Producción en kg, se determinará pesando las almendras maduras que serán cosechados durante el período de evaluación de las 9 plantas seleccionadas en la parcela útil.

Resultados

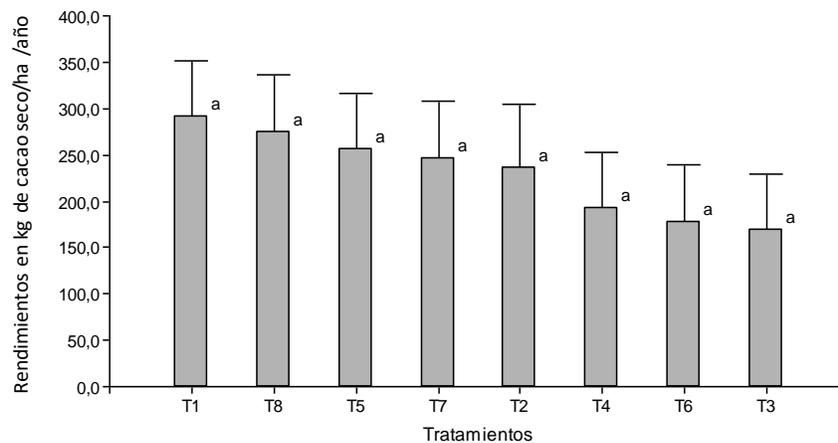
Al realizar la prueba LSD Fisher $\alpha = 0.05$ se observa los tratamientos mostraron diferencias significativas ($p < 0,0533$) para la variable incidencia de monilia. La incidencia más alta (78,13%) la presentó el tratamiento seis (Fertilización granular "slow release" + encalado), seguidos del tratamiento cuatro (Fertilización II (N-P-K + microelementos) 10 ppm (hasta 100 kg N/ha/año) + encalado) y el tratamiento tres (T3: N-P-K + microelementos; 20 ppm; hasta 200 kg N/ha/año + encalado); siendo iguales estadísticamente entre sí; sumándose a este grupo el T2, T5 y T7. El tratamiento uno (T1: sin riego y sin fertilizante; sin encalado) y el T8 (Fertilización química recomendada por manejo integrado) obtuvieron la menor incidencia (50,87% y 58,64% respectivamente), los cual es diferente estadísticamente a los citados anteriormente (figura20).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 20. Incidencia de monilia (*M. roreri*) de acuerdo a los tratamientos en el ensayo de fertirrigación.

Al realizar la prueba LSD Fisher $\alpha = 0.05$ se observa que los tratamientos no mostraron diferencias estadística para la variable rendimientos; Aunque Los rendimientos fueron mayores en el tratamiento uno (290.93 kg cacao seco/ha) (Control II con riego y sin fertilizante sin encalado) y el tratamiento ocho (275.08 kg cacao seco/ha) (Fertilización química recomendada por manejo integrado) (Figura 21).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 21. Rendimientos en kg cacao seco/ha/año de acuerdo a los tratamientos en el ensayo de fertirrigación.

Conclusiones:

- La incidencia de monilia es alta en todos los tratamientos aunque al hacer menos usos de las aplicaciones de fertilizantes la incidencia es menor.
- Las aplicaciones de fertilizantes por medio de la fertirrigación hace efecto sobre los menores rendimientos.

Recomendaciones:

- Observar variables químicas de suelo para determinar el efecto negativo al realizar una fertirrigación.

Bibliografía

Ahenkorah, Y., Halm, B J., Appiah, M.R., Akrofi, G.S., and Yirenkyi, JEK. (1987). Twenty Years' Results from a Shade and Fertilizer Trial on Amazon Cocoa (*Theobroma cacao*) in Ghana. *Experimental Agriculture*. 23: 31-39.

Asomaning, EJA., Kwakwa, RS., and Hutcheon, WV. (1971). Physiological studies on an Amazon shade and fertilizer trial at the Cocoa Research Institute, Ghana. *Ghana Journal of Agricultural Science (Ghana)*. 4(1): 47-64.

Bentley, JW., Boa, E., and Stonehouse, J. (2004). Neighbor trees: Shade, Intercropping, and Cacao in Ecuador. *Human Ecology*. 32 (2) 241-270.

Carr, MKV., and Lockwood, G. (2011). The water relations and irrigation requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.): a Review. *Expl. Agric.* 47 (4): 653-676.

World Cocoa Foundation. 2012. Cocoa Market Update. http://worldcocoafoundation.org%2Fwpcontent%2Fuploads%2FCocoa-Market-Update_as_of-3.20.2012.pdf&usg=AFQjCNFtmy38gGQkbO5rFMQ2O5bF0zNJQ&sig2=4jYLVBEyst9Ef vTzVNYL_Q

Corley, RHV. (1983). Potential productivity of tropical perennial crops. *Experimental Agriculture*. 19: 217-237.

Diczbalis, AJ., Lemin, C., Richards, N., and Wicks, C. (2010). Producing cocoa in Northern Australia. Australian Government, Rural Industries Research and Development Corporation Report 09/092.

ESPAC, 2009. Censo Nacional Agropecuario.
<http://tramitesecuador.com/category/Instituto-nacional-de-estadisticas-y-censos-inec/>

ESPAC, 2013. Censo Nacional Agropecuario.
<http://tramitesecuador.com/category/Instituto-nacional-de-estadisticas-y-censos-inec/>

Hardy, F. 1970. Edafología Tropical. México. 416 pp.

Huan, LK., Yee, HC., and Wood, BJ. (1986). Irrigation of Cocoa on coastal soils in Peninsular Malaysia. In Cocoa and Coconuts: Progress and Outlook, Kuala Lumpur, Incorporated Society of Planters, 117-132.

Jadin P., Jacquemart, J-P. 1978. Effet de l'irrigation sur la précocité des jeunes cacaoyers. Café Cacao Thé 22:31-35

INIAP. 2011. Informe Anual. Estación Experimental Central de la Amazonía. INIAP. Joya de los Sachas, Orellana, Ecuador.

Lainez CJ., (1972). Fertilización química de café y cacao en el Litoral ecuatoriano. Boletín Técnico. INIAP. 1972.11.

Lal, R., Kimble, I., Levine, E., Steward B.A. (eds) 1995. Soil and global change. CRC & Lewis publishers, Boca Raton FL.

Nieto, C; Caicedo, C. 2012. Análisis Reflexivo del Desarrollo Sostenible de la Amazonía Ecuatoriana

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., Sombroek, W.G. 1991. 2ª ed. World map of the status of human induced soil degradation: and explanatory note. United Nation Environment Programme, Nairobi.

Pico, R., Calderón D., Fernández F., Díaz. A. 2012. Guía del Manejo Integrado de Enfermedades del Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonía. INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía. Joya de los Sachas, Ecuador. 19 pp.

Rada, F., Jaimez, RE., Garcia-Nuñez, C., Azócar, A. and Ramirez, ME. (2005). Water relation and gas Exchange in *Theobroma cacao* var. Guasare under periods of water deficit. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 22: 105-112.

Uribe A., Méndez H., Mantilla. 1998 Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del Departamento de Santander. Revista Suelos Ecuatoriales. 28:31-36