



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

PROMOCIÓN II

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE:

MAGISTER EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

TEMA:

**EVALUACIÓN DE CORRELACIONES EN LA ASOCIACIÓN CACAO
LEGUMINOSAS PARA LA SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA DEL CACAO**

(*Theobroma cacao* L.), EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS

AUTOR: ANZULES TOALA, VICENTE VIDAL

DIRECTOR: ING. AGR. SORIA IDROVO, NORMAN AURELIO, M. Sc

Sangolquí, Mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

MAESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

CERTIFICADO

Ing. NORMAN AURELIO SORIA IDROVO, M.Sc

CERTIFICA

Que el trabajo titulado “Evaluación de correlaciones en la asociación cacao leguminosas para la sostenibilidad productiva del cacao (*Theobroma cacao* L.), en Santo Domingo de los Tsáchilas” realizado por el Ing. VICENTE VIDAL ANZULES TOALA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por la Universidad De Las Fuerzas Armadas – ESPE en el reglamento de estudiantes.

Sangolquí, 10 de Mayo de 2015

Ing. Norman Aurelio Soria Idrovo

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**MAESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE****DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD****VICENTE VIDAL ANZULES TOALA****DECLARO QUE**

El proyecto de grado titulado “Evaluación de correlaciones en la asociación cacao leguminosas para la sostenibilidad productiva del cacao (*Theobroma cacao* L.), en Santo Domingo de los Tsáchilas”, ha sido desarrollado con base en una investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis de grado en mención.

Sangolquí, 10 de Mayo de 2015

Vicente Vidal Anzules Toala

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**MAESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE****AUTORIZACIÓN**

Yo, VICENTE VIDAL ANZULES TOALA

Autorizo a la Universidad De Las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el trabajo de “Evaluación de correlaciones en la asociación cacao leguminosas para la sostenibilidad productiva del cacao (*Theobroma cacao* L.), en Santo Domingo de los Tsáchilas”, cuyo contenido, ideas y criterio son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 10 de Mayo de 2015

DEDICATORIA

Al Eterno Creador, que todo lo hace posible

A nuestra Madre Santísima, por sus bendiciones

A mi familia y en particular a mi esposa Graciela, por su amor y comprensión.

A mis hijas Viviana, Grace y Damaris, por su cariño y apoyo.

A mis nietos Giovann, Matheo, Gissel, Damián y Gía Maite, por llenar de alegría mi existencia.

Vicente Vidal Anzules Toala

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por el apoyo económico y brindar facilidades para estudiar.

Al Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura.

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Santo Domingo.

A los Ingenieros. Norman Soria, Director de Tesis, Patricio Vaca y Eduardo Calero; por su apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

Vicente Vidal Anzules Toala

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Definición del Problema.....	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
1.4 Descripción de la zona de estudio	4
1.5 Justificación e importancia	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Agricultura sustentable.....	6
2.1.1 Indicadores para medir sustentabilidad	7
2.2 El cacao en Ecuador	10

2.2.1 Asociaciones para la sostenibilidad del cacao.....	12
2.2.2 Regulación de sombra en sistemas de producción con cacao.	14
2.2.3. Cosecha	15
2.2.4 Fermentación y Secado.....	15
2.2.5. Certificación Orgánica del cacao.....	16
2.3. Coberturas leguminosas para la sostenibilidad	17
2.4 Características de pequeños productores.....	20
2.4.1 Afectación por plaguicidas y fertilizantes	22
CAPÍTULO III.....	24
DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	24
3.1 Diseño experimental.....	24
3.1.1 Tratamientos:	24
3.2 Características de la unidad Experimental (UE)	25
3.3 Variables analizadas	25
3.3.1 Porcentaje de cobertura de leguminosas.....	26
3.3.2 Vigor de planta en cacao.	26
3.3.3 Producción de materia seca de malezas	27
3.3.4 Humedad gravimétrica del suelo	27
3.3.5 Análisis de suelo	27
3.3.6 Análisis foliar de las plantas de cacao	28
3.3.7 Análisis microbiológico	28
3.3.8 Costo de producción	28
3.4 Manejo del experimento	29

CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Porcentaje de cobertura	31
4.2 Vigor de la planta de cacao	32
4.3 Producción de materia seca de malezas.....	34
4.4 Humedad gravimétrica del suelo	36
4.5 Fertilidad del suelo	37
4.6 Análisis foliar de las plantas de cacao	38
4.7 Análisis microbiológico.....	39
4.8 Análisis económico	41
CAPITULO V	44
SOCIALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	44
CAPÍTULO VI.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
5.1 CONCLUSIONES.....	45
5.2 RECOMENDACIONES	46
CAPITULO VII	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema del Análisis de Varianza.....	25
Tabla 2. Correlaciones entre cobertura y el vigor de la planta de cacao.....	34
Tabla 3. Regresiones y correlaciones entre el contenido de humedad del suelo y el vigor de plantas de cacao.....	37
Tabla 4. Rendimiento (kg/ha) de maní descascarado y frejol vigna cosechado a la madurez fisiológica.....	42
Tabla 5. Costos de producción/ha, ingresos y beneficio del establecimiento de leguminosas en asociación con cacao.....	43
Tabla 6. Porcentaje de cobertura y nivel de significancia*.....	52
Tabla 7. Peso seco de biomasa de malezs por tratamiento (kg/ha).....	52
Tabla 8. Humedad gravimétrica del suelo.....	54
Tabla 9. Análisis químico del suelo	54
Tabla 10. Análisis foliar plantas de cacao.....	55
Tabla 11. Análisis microbiológico del suelo.....	57
Tabla 12. Meteoros prevalentes en la zona 2013	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de cobertura de tratamientos	32
Figura 2. Incremento del vigor de las plantas de cacao (volumen de biomasa)	33
Figura 3. Peso seco de la biomasa de malezas/tratamiento (kg/ha)	35
Figura 4. Humedad gravimétrica del suelo expresada en porcentaje.....	37
Figura 5. Mapa de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.....	58
Figura 6. Croquis de campo	59
Figura 7. Relación ombrotérmica y humedad relativa de la zona de Sto. Domingo	60
Figura 8. Ensayo experimental cacao-leguminosas	60
Figura 9. Tratamiento cacao – maní, a los 60 días.....	61
Figura 10. Tratamiento cacao – frejol vigna, a los 60 días	61
Figura 11. Tratamiento cacao – siratro, a los 60 días	62
Figura 12. Tratamiento cacao – control mecánico, a los 60 días	62
Figura 13. Tratamiento cacao – control químico, a los 60 días	63
Figura 14. Socialización de resultados, 22 de mayo de 2013	63
Figura 15. Capacitación a estudiantes de la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE, 30 de junio de 2013.....	64

RESUMEN

La sustentabilidad de un sistema de producción agrícola fue analizada en una investigación cuyo objetivo general fue: evaluar la contribución de la asociación cacao - leguminosas a la sostenibilidad productiva del sistema en Santo Domingo de los Tsáchilas. El material plantado fue CCN -51 de seis meses de edad, establecido a 4 x 3 m. Los tratamientos fueron: cacao - maní, cacao - fréjol vigna, cacao - siratro, cacao - control mecánico de malezas (testigo 1) y cacao - control químico de malezas (testigo 2). El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones. Siratro fue la mejor cobertura. La correlación entre la cobertura del suelo y el vigor de plantas de cacao fue alta ($r = 0,96$) para siratro, significando que a mayor cobertura, mayor vigor de planta. La regresión y correlación entre humedad gravimétrica del suelo y vigor de plantas de cacao determinó relación inversamente proporcional alta para los tratamientos maní ($r = -0,94$) y control mecánico ($r = -0,98$), indicando que el vigor de las plantas tiende a disminuir con la disminución de la humedad. Las malezas proporcionaron importantes cantidades de biomasa. Se observaron ligeros cambios en nutrientes del suelo y hojas del cacao y hongos benéficos en los tratamientos con coberturas (*Trichoderma* sp) y (*Mucor* sp.) Las coberturas, contribuyeron a la sustentabilidad económica, social y ambiental del sistema.

Palabras claves:

SUSTENTABILIDAD

COBERTURA

VIGOR DE PLANTA

HUMEDAD GRAVIMÉTRICA

ABSTRACT

The sustainability of agricultural production systems was analyzed in a study, the general objective was: to assess the contribution of the cocoa - legumes association (cover crops) to the productive systems sustainability, in Santo Domingo de los Tsáchilas. The planting material was six months old CCN-51 cocoa plant, planted at 4x3m. The treatments were: cocoa-peanut, cocoa-vigna beans, cocoa-siratro grass, cocoa-mechanical weed control, (control 1) cocoa-chemical weed control (control 2). The experimental design was randomized complete block, with three replications. Siratro grass was the best cover crop. The correlation between land cover and vigor of cocoa plant was high ($r=0.96$) for siratro grass, meaning that the greater coverage, the greater plant vigor. Regressions and correlations between soil moisture and vigor in cocoa plants, determined strong but negative relationship for peanut and mechanical control treatments ($r=-0.94$) and ($r=-0.98$) respectively, indicating that the vigor tends to decrease with decreasing soil moisture. Weeds provided significant amount of biomass. Slight changes were observed in nutrients (soil and leaf). The presence of beneficial fungi in the treatments with cover crops was determined (*Trichoderma* sp.) and (*Mucor* sp.). Cover crops contributed to the economic, social and environmental sustainability of the system.

Keywords:

SUSTAINABILITY

COVER CROP

PLANT VIGOR

GRAVIMETRIC MOISTURE

EVALUACIÓN DE CORRELACIONES EN LA ASOCIACIÓN CACAO LEGUMINOSAS PARA LA SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS

La sostenibilidad es entendida como un aspecto multidimensional; es el resultado de la interacción de variables ecológicas, económicas, sociales, culturales y políticas, Cáceres (2008). Promueve la conexión positiva entre el manejo de los recursos, el incremento de la productividad, reducción de desperdicios, creación de nuevos empleos y capacidad de generar ingresos, asegurando además la protección del ambiente y la calidad de vida. Merece por tanto, la necesidad de comprender las interacciones que ocurren entre la naturaleza y la sociedad.

La sostenibilidad, implica la durabilidad de los sistemas de producción y su capacidad para mantenerse en el tiempo; busca alternativas que eviten el deterioro ambiental que obedece, entre otras razones, a la aplicación de políticas estatales para el agro, cuyos impactos eco sistémicos y culturales han acelerado el deterioro de los recursos naturales generando serios conflictos. Por consiguiente, se ha centrado en la crítica a la agricultura convencional cuyos paquetes tecnológicos en algunos casos han causado efectos negativos al ambiente, porque se extendió a lugares y grupos sociales que no son precisamente aquellos para los que se ideó y que generalmente están en ecosistemas frágiles (Corrales, 2010).

La agricultura sostenible para que cumpla con su rol debe ser suficientemente productiva, económicamente viable, ecológicamente adecuada, conservar la base de los recursos naturales y preservar la integridad del ambiente local, regional y global; además debe ser cultural y socialmente aceptable. (Sarandón 2002); bajo esta premisa, los sistemas “tradicionales”, serían más sustentable, debido a la coevolución de los agricultores con su medio ambiente; sin embargo es necesario investigar y/o validar estudios de aquellos sistemas agrícolas que han podido mantenerse en el tiempo, demostrando su contribución a la sustentabilidad con prácticas de manejo de la cobertura vegetal o rotaciones de cultivos, (Altieri, 1994).

Considerando lo expuesto, y con el fin de aminorar el impacto causado por el uso permanente y descontrolado de herbicidas y fertilizantes sintéticos, se proponen alternativas que permitan la sustentabilidad de plantaciones de cacao en Santo Domingo de los Tsáchilas, incorporando leguminosas que reducirán la alta incidencia de malezas, la erosión de los suelos y que mejorarán la vida microbiana del suelo, el ambiente, la salud y economía de los productores (ESPE, 2011).

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

Ecuador, es productor y exportador de cacao fino y de aroma. Este producto, es el cuarto rubro de exportación agrícola y da trabajo a 600.000 personas en labores de cultivo, cosecha, pos cosecha, agroindustria y comercialización. En el año 2010, se contabilizaron 470.054 hectáreas en 100.000 unidades productivas; el 50% de estas, con menos de 5 ha y productividad de 180 kg/ha/año (INIAP, 2010). La contribución del cacao al PIB total desde el año 2002 al 2011 fue de 0,57% y al PIB agropecuario 6,4%. Participó con 4% de la PEA nacional y 12,5% de la PEA agrícola (Revista El Agro, 2013). En los años 2010 y 2011, la producción fue de 132.099 tm, y 185.000 tm, respectivamente. La producción del 2014 reportada por ANECACAO, (2014), se incrementó a 235.000 tm. (CORPEI, 2008).

De la superficie contabilizada, 19.837 ha corresponden a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la mayoría en monocultivo, plantadas a: 4 x 4, 4 x 3 m o 3.5 x 3.5 m; por esta situación, lentitud de crecimiento del cacao y precipitación superior a 2.500 mm, hay alta incidencia de malezas que propician la aplicación de herbicidas con afectación a la biodiversidad; ambiente y salud de los productores, (ESPE, 2007) Al no existir una cobertura vegetal, la erosión y pobreza de los suelos se evidencia especialmente en los de topografía irregular, teniendo que recurrirse a los fertilizantes utilizados en la agricultura convencional (ESPE, 2012).

Siendo el cacao producto de exportación reconocido en el mundo por sus características organolépticas, debe demostrar que en su producción se protegen los recursos naturales, se conserva la biodiversidad y se utilizan insumos aprobados; por consiguiente, se requiere la implementación de alternativas que contribuyan a la sostenibilidad del cultivo, que sean de bajo costo, promotoras del equilibrio ecológico, y que mejoren la productividad, condiciones de vida y que fortalezcan las exportaciones (Armajaro, 2012). En consecuencia, se propone la implementación de un sistema de producción cacao – leguminosas.

1.1 Definición del Problema

La insostenibilidad de la producción agrícola se deriva del uso de tecnologías no adecuadas a las circunstancias y limitaciones de los productores, que degradan el capital natural y amenazan la posibilidad de una producción durable. Tecnologías basadas en agroquímicos, empobrecen y contaminan el suelo y las fuentes de agua, provocando pérdida de la biodiversidad y generando efecto invernadero. Los agricultores de la zona de Santo Domingo, no escapan a esta realidad que se complementa con la baja productividad del cultivo, falta de asistencia técnica, ausencia de cultivos intercalados, uso indiscriminado de insumos químicos (fertilizantes y herbicidas), que generan impacto negativo en la sostenibilidad productiva, rentabilidad del cultivo y en la salud del suelo y productores (ESPE, 2012).

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la contribución de la asociación cacao leguminosas en la sostenibilidad productiva del sistema, en Santo Domingo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de las leguminosas en el control de malezas frente al control mecánico y químico.
- Determinar el aporte de biomasa proveniente de malezas al suelo
- Medir la humedad del suelo en los diferentes tratamientos
- Analizar la microbiología y condiciones físicas y químicas del suelo
- Medir la productividad, y rentabilidad del sistema.

1.3 Hipótesis

H₀ El sistema de producción cacao leguminosas no incide en la sostenibilidad productiva.

H₁ El sistema de producción cacao leguminosas incide en la sostenibilidad productiva.

1.4 Descripción de la zona de estudio

La investigación, se realizó en la parroquia Luz de América, cantón Santo Domingo, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Km 35 de la vía Santo Domingo, Quevedo, predios de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Latitud: 0° 38' 00,32" S y longitud: 79° 20' 49,66" O (figura 1, del anexo).

La zona de vida, corresponde al Bosque húmedo Tropical (bh-T). Altitud: 272 msnm, temperatura promedio: 23 °C, precipitación: 2.700 mm año, humedad relativa promedio: 85%, heliofania: 760 horas brillo solar año⁻¹. Suelo: Franco Arenoso.

1.5 Justificación e importancia

Considerando que las fincas cacaoteras tienen diferentes características productivas, económicas y socioculturales que podrían tener influencia sobre la sostenibilidad del cultivo, es conveniente efectuar estudios que permitan tomar acciones para mejorar la capacitación e incrementar el nivel tecnológico de los sistemas de producción. El trabajo de investigación es importante para el sector productor, incrementara la productividad, beneficiara al ambiente, salud y economía; proporcionará condiciones favorables para la micro fauna (insectos polinizadores), y organismos potencialmente controladores de enfermedades que afectan al cacao, como *Bacillus* spp. que prospera en suelos libres de pesticidas y ricos en materia orgánica (Vaca, 2013). Contribuirá a la seguridad y soberanía alimentaria y particularmente a depender menos de plaguicidas.

Como el cacao genera recursos económicos importantes, en el orden de 2.700 millones de dólares (Revista El Agro, 2013) es necesario fortalecer la exportación mediante la implementación de sistemas de producción sostenibles, que paralelamente generen fuentes de trabajo, permanencia en la finca e integración familiar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Agricultura sustentable

La agricultura sustentable es una práctica fundamental para producir alimentos de calidad en cantidades razonables, proteger sus recursos y dar seguridad ambiental. No depende de la compra de productos químicos como fertilizantes, se basa en los procesos naturales y en los recursos renovables que se pueden extraer del mismo sistema. La agricultura sustentable, pretende dar respuesta a serios problemas de la agricultura como el costo energético, erosión del suelo, contaminación de las capas freáticas, pérdida de productividad, disminución de los ingresos del productor y riesgos para la salud de la población (Sala, 1994). Con frecuencia se puede mejorar al combinar prácticas tradicionales con tecnologías modernas, como la siembra simultánea, así como la rotación y la labranza de conservación. El beneficio de estas prácticas consiste en que los cultivos explotan diferentes recursos ó interactúan entre sí, logrando una mayor productividad.

La sustentabilidad, implica la durabilidad de los sistemas de producción y su capacidad para mantenerse en el tiempo; busca alternativas que eviten el deterioro ambiental que obedece, entre otras razones, a la aplicación de políticas estatales para el agro, cuyos impactos eco sistémicos y culturales han acelerado el deterioro de los

recursos naturales generando serios conflictos. Por consiguiente, se ha centrado en la crítica a la agricultura convencional cuyos paquetes tecnológicos en algunos casos han causado efectos negativos al ambiente, porque se extendió a lugares y grupos sociales que no son precisamente aquellos para los que se ideó y que generalmente están en ecosistemas frágiles (Corrales, 2010).

A más de la productividad como atributo de la agricultura sustentable, Vivas *et al* (2010), mencionan a la Resiliencia, como la capacidad que tienen los agroecosistemas de retornar al estado de equilibrio después de sufrir perturbaciones graves. Otro atributo, es la equidad, que permite la distribución de manera justa intra e intergeneracional los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos naturales. Así mismo mencionan a la autodependencia, como autoregulator y controlador de las relaciones con el exterior.

2.1.1 Indicadores para medir sustentabilidad

La evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas no ha resultado fácil, debido a la dificultad de traducir aspectos filosóficos e ideológicos en la capacidad de tomar decisiones. La evaluación, además, se ve afectada por problemas inherentes a la propia multidimensión del concepto respecto a los aspectos ecológico, económico, social, cultural y temporal (Sarandon, 2002). Sin embargo, a pesar de las dificultades, en la evaluación, se viene trabajando con algunas herramientas como los indicadores y su agregación en índices, útiles para la formulación de políticas. Un indicador es una variable seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra

forma no es fácilmente detectable (Singh *et al.*, 2009).

Según Masera, *et al* (1999), la evaluación de fincas es un proceso encaminado a determinar sistemática y objetivamente el estado actual de un sistema, monitoreando los cambios de las diferentes intervenciones, con el fin de proponer mejoras, planteando modificaciones para optimizar el estado de cada componente o factor clave, mediante distintas alternativas de manejo agroecológico. Para evaluar la sostenibilidad, los investigadores coinciden en señalar que no existe un conjunto de indicadores universales que puedan ser utilizados para cualquier situación. Por lo tanto estos deben construirse y adaptarse a la situación del análisis y ser adecuados para los objetivos propuestos.

Estudios realizados por Merma y Julca, (2012) para caracterizar y evaluar la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Perú, permitieron describir las características biofísicas de suelos, clima, unidades fisiográficas, geodinámica, cobertura vegetal, microcuencas y aspectos socioeconómicos con énfasis en la producción agrícola. La creciente colonización y la escasez de tierras ha obligado a los agricultores a establecer cultivos en áreas no aptas; por lo que parte del territorio se encuentra en conflicto de uso, acelerando problemas de deforestación y erosión. Los mejores suelos (terrazas y conos aluviales) tienen potencial agropecuario y deben ser utilizados para la producción intensiva de cultivos rentables, con riego tecnificado y técnicas agroforestales. Las zonas de paisaje colinoso deben ser reservadas con fines de protección. La cobertura boscosa en las partes altas de la cuenca debe ser protegida para

el mantenimiento del ciclo hidrológico.

Por su parte, Salminis y Geymonat, (2007), en estudios realizados para analizar la sustentabilidad socioeconómica y ambiental entre sistemas agrícolas y agrícola-ganadero en la provincia de Córdoba , Argentina, utilizaron experimentalmente el método conocido como Marco de Evaluación MESMIS, que procura integrar y analizar la sustentabilidad en sus tres dimensiones: social, económica y ambiental. Encontraron que ambos sistemas presentan una aceptable sustentabilidad general, sobresaliendo los atributos económicos en el sistema agrícola puro, y los socioambientales en el agrícola ganadero.

Ramírez *et al.* (2008), trabajaron en la identificación de indicadores para evaluar la sostenibilidad agrícola en la Cuenca media del Río reventado, Costa Rica. Entre otros aspectos encontraron que los niveles de erosión, en la mayoría de las fincas, fueron moderados; el grosor del horizonte A y el P disponible disminuyeron al pasar de erosión leve, a moderada y a severa. El índice estructural y la capacidad de uso de las tierras indicaron en las Clases II y III, suelos moderadamente susceptibles a ser degradados, y en las clases mayores alta susceptibilidad a ser degradados. No encontraron diferencias significativas entre las clases de capacidad de uso de la tierra y la producción de los cultivos. Los indicadores económicos y sociales evaluados fueron positivos para ambas regiones, no así los indicadores ambientales.

Desde el punto de vista conceptual, Cáceres (2008) discute la conveniencia de

adoptar enfoques que midan la sustentabilidad desde dos perspectivas: “estados” versus “procesos”. Para el efecto elaboraron tres indicadores ambientales y tres socioeconómicos, los cuales se integraron en el índice de sustentabilidad predial (ISP). Los indicadores fueron utilizados de manera sistemática durante cinco años consecutivos, para valorar la sustentabilidad de catorce sistemas productivos campesinos de Argentina Central. Los resultados permitieron observar que en el 57% de los sistemas se ha registrado un deterioro del ISP. Los resultados fueron analizados a la luz de las dos perspectivas mencionadas más arriba. Se sugiere que el enfoque de “procesos” podría presentar algunas ventajas por sobre el de “estados” para medir la sustentabilidad de las explotaciones agropecuarias.

2.2 El cacao en Ecuador

En Ecuador, el cacao (*Theobroma cacao* L.), ocupa el cuarto lugar de las exportaciones agrícolas. Genera importantes fuentes de empleo para 600.000 personas que se benefician directamente de las actividades de producción, transformación y comercialización. Durante la etapa 2002-2011 su contribución al PIB total fue 0,57% y al PIB agropecuario 6,4%. Participó con 4% de la PEA nacional y 12,5% de la PEA agrícola (Revista Líderes, 2013). En los años 2002, 2010 y 2011, la producción fue de 73.924, 132.099 y 185.000 toneladas métricas, respectivamente. El 40% de la producción nacional se exporta a los Estados Unidos de América, un porcentaje similar a la Unión Europea y 20% a otros países como Japón y Sud América. El 87% corresponde a exportaciones en grano y 13% a semielaborados (ANECACAO, 2014).

La provincia de Los Ríos, tiene la mayor superficie en monocultivo con 58.572 hectáreas. Manabí y Guayas cuentan con 52.577 y 51.227 hectáreas respectivamente. Manabí, es la primera provincia con cacao asociado: 48.423 hectáreas. La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas contabilizada, 19.837 ha, la mayoría en monocultivo, plantadas a: 4 x 4, 4 x 3 m o 3.5 x 3.5 m (ESPE, 2012). En el país, se cultivan dos tipos de cacao: el Cacao CCN-51(Colección Castro Naranjal) y el denominado Cacao Nacional o Cacao Fino de Aroma conocido como 'Arriba', desde la época colonial (Newsweek, 2011). Ecuador es el país con la mayor participación en este segmento del mercado mundial. El cacao CCN51, se caracteriza por su resistencia a las enfermedades y por la productividad que supera en 4 veces el rendimiento de las variedades criollas. Los frutos contienen una proporción muy elevada de grasa y muy poca cáscara, a partir de los cual se obtienen chocolates muy finos. Empieza a dar frutos al final del segundo año, en cantidades de 3 - 4 quintales por ha/ año, alcanzando niveles estables de productividad de 50 - 55 quintales por ha/año, a partir del sexto año.

El cacao, prospera en una amplia gama de ambientes agroecológicos tropicales y de suelos, se encuentra desde el nivel del mar hasta 1200 metros de altitud. Factores climáticos como la temperatura, la precipitación, el viento y la radiación solar, afectan los procesos fisiológicos de la planta como la nutrición, floración y fructificación, considerados factores importantes para la producción. Entre las labores culturales se destacan el control de malezas que durante el primer año, debido al distanciamiento de plantación y lentitud de crecimiento del cultivo, debe realizarse periódicamente de manera mecánica o estableciendo coberturas vegetales. Las malezas no serán

abundantes cuando la plantación de cacao se encuentra establecida bajo sombra. Por ello, siempre se recomienda el establecimiento de la plantación bajo sombra temporal y permanente, antes del trasplante.

Otra labor importante en el manejo del cultivo es la poda (Armajaro, 2012), que debe considerar criterios fisiológicos, fitosanitarios y económicos; el objetivo, es lograr alta productividad de mazorcas. Algunos tipos de poda son la de formación realizada al año de establecida la plantación nueva, permite eliminar las puntas de las ramas que van hacia abajo, propicia el crecimiento recto de la planta, y estructura las ramas laterales. La poda de mantenimiento, se realiza a partir del segundo año de edad, facilita la entrada de la luz solar, aireación, y controla la altura de la planta. La poda sanitaria, elimina las secciones del árbol con alguna enfermedad o plaga que pueden dañar ramas, frutos.

2.2.1 Asociaciones para la sostenibilidad del cacao

Los sistemas agroforestales basados en cacao y café, (INIAP, 2010) constituyen una buena alternativa para los agricultores de ladera en condiciones de marginalidad, incrementan la sostenibilidad de sus sistemas de producción al incluir más de un componente productivo, en este caso los árboles que permiten lograr a través de la sombra un menor agotamiento del cacao y menor demanda de insumos que cuando está a plena exposición solar; prolongan la vida productiva del cacao; reducen costos de mantenimiento, específicamente en el control o regulación de malezas. Producen la

estabilización de la fertilidad del suelo por el aumento de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes y una mayor rentabilidad por el valor de las maderas y frutos.

Para la asociación temporal, se pueden utilizar plátanos, preferiblemente tolerantes a Sigatoka negra; y para la asociación permanente, especies maderables seleccionadas por su la demanda o aceptación en el mercado, el uso que se le pretende dar a la madera, la adaptación al clima y al suelo de la región, la productividad, además de la afinidad biológica con el cacao. Entre estas especies tenemos: el laurel negro (*Cordia megalantha*), caoba (*Swietenia macrophylla*) cedro (*Cedrella* sp.).

La asociación cacao con cultivos temporales o permanentes, contribuyen a la sostenibilidad del sistema (INIAP, 2010). En lo social, por ser fuente importante de trabajo para el núcleo familiar y comunitario en las diferentes labores del cultivo; pueden participar todos los miembros de la familia logrando la integración familiar y permanencia en la finca. En lo ambiental, las especies de sombra temporal y permanente protegen el suelo de la erosión y proliferación de malezas; las hojas al caer, se descomponen y contribuyen a mejorar el contenido de materia orgánica y una mayor infiltración de agua en el suelo. Si se emplean leguminosas como arboles de sombra se fija nitrógeno en el suelo; además los sistemas productivos de cacao son hábitat y refugio de la biodiversidad. La estabilidad económica ocurre porque el cacao es un cultivo que siempre tiene demanda, su precio es estable a diferencia de otros cultivos como café o frijol que además de tener precios variables enfrentan mayores riesgos de

pérdida de la producción especialmente en el trópico húmedo.

Con el fin de recuperar algunas de las plantaciones improductivas de cacao, se desarrolló un programa de aplicación de prácticas agroecológicas alternativas para el mejoramiento de la calidad de los suelos, incluyendo la diversificación de los cultivos asociados al cacao., Se estudiaron las principales características químicas, físicas y biológicas iniciales del suelo. Se utilizó el cacao (híbrido San Juan), dividiendo la parcela en cuatro cuadrantes con asociaciones diferentes: cuadrante 1 (cacao, plátano, maní forrajero, sombra árboles perennes - cedro, caoba, acacias), cuadrante 2 (cacao, plátano y sombra de árboles perennes), cuadrante 3 (cacao, lechosa, sin sombra perenne inicial), cuadrante 4 (cacao, lechosa, sombra parcial perenne primer año, bucare y forestal - pardillo - segundo año. Los resultados indicaron que el suelo mejoró sus características químicas. La materia orgánica pasó de 1,0 % (2006) a 2,2 (2008), el pH (5,2 a 5,5) y contenido de nitrógeno (0,11 a 0,18 %). Con la diversidad de cultivos, aumentó la biodiversidad de microorganismos, encontrándose cepas de bacterias solubilizadoras de fósforo (SF) y fijadoras de nitrógeno, (Ormeño, 2011).

2.2.2 Regulación de sombra en sistemas de producción con cacao.

El cacao en estado natural vive en asociación con otras especies, creciendo y produciendo mazorcas bajo la cubierta del bosque. A esta planta se la ha caracterizado como umbrófila o planta que tolera sombra, prosperando donde su follaje no está expuesto a la plenitud de la luz solar. Bajo estas circunstancias, la luz asociada con ciertos grados de temperatura, dentro de determinados límites, estimula la conformación

del follaje, la abertura de estomas de las hojas, la fotosíntesis, el aprovechamiento de nutrientes y la producción. Sin embargo, por el crecimiento excesivo de ramas laterales, los árboles de cacao o de sombra se tocan o apretujan entre sí, incrementándose el nivel de autosombreamiento en el interior de sus copas y entre ella por lo que la humedad relativa del aire se concentra dentro del cacaotal y la incidencia de enfermedades se intensifica, requiriendo necesariamente la regulación de la sombra (INIAP, 2010)

2.2.3. Cosecha

En el cacao, se debe cosechar únicamente los frutos o mazorcas maduras, ya que los verdes al tener almendras sin la madurez adecuada, originan un producto de sabor amargo, porque las sustancias azucaradas que recubren el grano no están en óptimas condiciones para el desarrollo de los procesos bioquímicos que ocurren durante la fermentación. La cosecha, se realiza cada dos o tres semanas con lo que se evita la maduración del fruto o pérdida por insectos o enfermedades.

2.2.4 Fermentación y Secado

Después de extraídas las almendras, inmediatamente tienen que fermentarse. Los precursores químicos del sabor a chocolate se desarrollan durante la fermentación y el secado. La combinación de ambos procesos conocido con el nombre de beneficio poscosecha es el que produce este resultado. (INIAP, 2010). Al principio, domina la fermentación por alcohol mediante los hongos de la levadura. La pulpa empieza a descomponerse y después de 24-36 horas, el cacao debe ventilarse para iniciar la

fermentación aeróbica de vinagre y ácido acético, que desintegra el alcohol y el resto del azúcar. En este proceso, la masa se calienta hasta 52° C. El ácido acético penetra en las semillas y al tercer día, el pH de los cotiledones se reduce de 6.6 a 4.8. El calor y la penetración del ácido acético causan la muerte de los embriones, iniciándose los procesos enzimáticos para el desarrollo del aroma. Según el tipo de cacao, de recipientes y la temperatura ambiental, el proceso ocurre entre 96 y 120 horas, requiriendo ventilación de la masa fermentante cada 48 horas.

El objetivo del secado es eliminar la humedad y el ácido acético formado en el proceso de fermentación. Al Término de la fermentación el contenido de humedad de los granos es de alrededor del 55 %; para ser almacenados, debe reducirse a límites del 7 - 7.5%. El proceso de secado no constituye una simple reducción de humedad sino que los cambios químicos continúan mientras el contenido de humedad desciende, este proceso no debe ser muy rápido, más al contrario debe ser lento para volatizar los ácidos. Fermentación y secado combinados toman un promedio de doce días hasta completarse, contando desde la cosecha. (INIAP, 2010).

2.2.5. Certificación Orgánica del cacao

La certificación orgánica garantiza que el cacao se venda bajo el sello de una organización. Manifiesta origen y operaciones realizadas de acuerdo a las normas pertinentes, garantizando autenticidad e integridad del cacao producido de manera sostenible. La certificación, pretende sensibilizar a los consumidores de las consecuencias ambientales de la producción de alimentos (como la deforestación, la

erosión del suelo, la contaminación con pesticidas) lo cual se debe traducir en una creciente demanda de productos agrícolas ecológicamente producidos. La demanda de los consumidores, garantiza una industria próspera del chocolate, por lo cual empresas multinacionales han emprendidos proyectos para mejorar la sostenibilidad del cultivo y hacerlo visible por la certificación. La certificación y el servicio de capacitación y extensión que viene con él ofrece muchos beneficios, tales como el fortalecimiento de las organizaciones de agricultores, el aprendizaje en grupo, la tecnología de mejora de la producción, mayores rendimientos, mejor calidad y mayores ingresos (Armajaro, 2012).

2.3. Coberturas leguminosas para la sostenibilidad

Dentro de los métodos de control de malezas, el método biológico a través del establecimiento de coberturas vegetales vivas, constituye una posibilidad para los productores de zonas tropicales húmedas (Anzules, *et al*, 2010). Las coberturas vegetales pueden establecerse como cultivos asociados a un cultivo perenne, generando alimentos y proporcionando servicios adicionales para el agrosistema como protección contra la erosión hídrica, captura y prevención de pérdidas de nutrientes del suelo, fijación de nitrógeno por las leguminosas, incremento del carbono del suelo y mejoramiento asociado a sus características físicas y químicas, disminución de la temperatura del suelo, incremento de la diversidad biológica incluyendo organismos benéficos y la supresión de las malezas y las plagas. Ejemplos de cultivos de cobertura adaptados a períodos cálidos en climas tropicales y sub-tropicales, incluyen leguminosas anuales como *Mucuna* spp. y *Crotalaria juncea* L. o gramíneas anuales estivales como *Sorghum* spp. (Sustainable Agriculture Network, 1998).

Las coberturas leguminosas, se siembran simultáneamente con plantas perennes para mantener el suelo cubierto la mayor parte del año y aumentar la materia orgánica. Se utilizan plantas de rápido crecimiento, rastreras, con abundante follaje, que aporten nutrientes, resistentes a plagas, sequías y exceso de humedad y compatibles con los cultivos (Guerrer, 2010). Se destacan las leguminosas maní: (*Arachis hypogaea* L.), fréjol vigna (*Vigna unguiculata*) y siratro (*Macroptilium atropurpureum*), que poseen en sus raíces nódulos con bacterias simbióticas conocidas como rizobios producen compuestos nitrogenados (Long, 1989). Cuando la planta muere, el nitrógeno ayuda a fertilizar el suelo. Se considera también que durante la vida de la planta, se enriquece el suelo con los exudados de las raíces, ricos en nitrógeno (Burity, 1989).

La fijación biológica de nitrógeno es proceso clave en la biosfera. Microorganismos portadores de la enzima nitrogenasa convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno combinado. El grupo de bacterias al que se conoce como rizobios, inducen en raíces o tallos la formación de estructuras especializadas, los nódulos, dentro de los cuales el nitrógeno gaseoso es reducido a amonio. Se estima que este proceso contribuye entre el 60-80 % de la fijación biológica de nitrógeno. Se mencionan algunos géneros: *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*. (Wang, et al 2000).

El maní se caracteriza por que sus semillas tienen alto contenido de grasa y proteína en el orden de 48 y 25 g/100 g de semillas; el contenido de carbohidratos es de 21 g/100 g de semilla). La productividad promedio de grano es de 1800 kg/ha; su ciclo

de vida es de 120 días. En el fréjol vigna, los contenidos de grasa, proteína y carbohidratos son de 0.53, 7.73 y 20.7 g/100 g de semilla, respectivamente; el ciclo de vida es de 110 días (INIAP, 2012). Siratro, se caracteriza por ser una planta perenne de tallos largos, con hojas de color verde oscuro en la superficie superior y plateado con mucha vellosidad en el envés, su inflorescencia es un racimo con seis a 12 flores de color púrpura profundo y las vainas son rectas con 75 mm de longitud con muchas semillas de color marrón a negro; aporta alrededor de 175 Kg de N /ha/año. Es bianual y desaparece una vez que el cultivo lo sombrea totalmente (Burity, 1989).

El uso de coberturas vegetales, para el control de malezas en el cultivo de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto sobre algunos componentes del rendimiento, se determinaron en un experimento donde los tratamientos de cobertura fueron: paja de *Panicum maximum* Jacq picada, entera, repicada y paja compostada, además de control químico (pendimetalin + linurón), dos tipos de control manual (desmalezado todo el ciclo y desmalezado a partir del inicio de la floración) y un testigo siempre enmalezado. Todos los métodos de cobertura alcanzaron más del 90% en el control de malezas a los 28 días después de la emergencia del cultivo, mientras que a 42 días sólo la paja picada mantuvo el nivel de control por encima del 90%. El mayor rendimiento del cultivo se obtuvo con el uso de la paja compostada con un valor de 2852,53 kg·ha⁻¹. a pesar de que este tratamiento no produjo el mejor nivel de control de malezas, lo cual se atribuyó a los beneficios adicionales que habría producido la incorporación de este material orgánico al suelo (Najul y Anzalone, 2006)

Andrade (2014) realizó una investigación utilizando coberturas leguminosas para la protección del suelo en el cultivo de cacao empleando maní forrajero (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg); siratro, (*Macroptilium atropurpureum* (Roxb) Benth.) y pueraria (*Pueraria phaseoloides* (DC) Urb.). Los controles fueron control mecánico y control químico con herbicidas. Los resultados indicaron que el maní forrajero, siratro y pueraria, a partir del cuarto mes presentaron coberturas superiores al 50 %, ejerciendo presión sobre las malezas y contribuyendo a mantener la humedad del suelo, permitiendo además la presencia de microorganismos benéficos. El vigor de la planta de cacao fue afectado por igual en los tratamientos.

Por su parte, Vaca (2013), observó el efecto de los herbicidas glifosato 1.5 l/ha, y paraquat 1.5 l/ha sobre el control de malezas y particularmente su efecto sobre las poblaciones microbianas del suelo en el cultivo de cacao, determinando que el uso de herbicidas produce efectos negativos sobre la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas del suelo. El glifosato disminuyó la población de ciertas cepas de *Trichoderma sp.* mientras que aumento las poblaciones del hongo *Fusarium spp.* La interferencia de herbicidas sobre los microbios y las actividades enzimáticas se relacionarían directamente con la fertilidad del suelo. Los resultados permitieron indicar también que el hongo *Trichoderma sp.* posee una resistencia innata a la mayoría de los agroquímicos, incluyendo a los fungicidas.

2.4 Características de pequeños productores.

Más allá de la cantidad de hectáreas con las que cuenta un agricultor, se considera

como pequeño al que usa principalmente mano de obra de su propia familia, tiene limitada capacidad de mercadeo, de mantenimiento de registros, de comunicación y hasta de almacenamiento y procesamiento, poco acceso al crédito y asistencia técnica basada en plaguicidas y fertilizantes sintéticos. El promedio de ingresos anuales es menor a 5.000 dólares, es decir no tienen un salario digno (Chiriboga, M y Wallis. B. 2010).

La pobreza rural en Ecuador, es el resultado de una larga lista de carencias: escaso acceso a los factores de producción; a los servicios sociales básicos de salud, saneamiento y educación; a oportunidades de empleo agrícola y no agrícola; a la falta de inserción en el tejido económico, a la permanente deforestación y contaminación de las fuentes hídricas y a una larga exclusión histórica por razones de sexo y etnia. En general se puede decir que es crónica y se concentra especialmente en las comunidades indígenas, campesinas y afro ecuatorianas (Corrales, 2010).

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, el 80% de los productores de cacao son pequeños, 18% medianos y 2% son considerados grandes. El grado de asociatividad es bajo, en la provincia apenas se cuenta con 15 asociaciones que tienen en promedio 20 productores cada una. Las parroquias de mayor producción de cacao son San Jacinto del Búa, Puerto Limón, Luz de América y Valle Hermoso. La mayor parte de los pequeños productores no aplican tecnología, provocando una seria disminución en la productividad del cacao. Por otra parte, la mezcla de almendras de diferentes tipos, la falta de conocimientos sobre post-cosecha, así como la falta de

infraestructura para la fermentación y secado no permiten que se obtenga mejores precios en la comercialización. (ESPE, 2012)

2.4.1 Afectación por plaguicidas y fertilizantes

Cuando los productores de cacao se enfrentan a problemas relacionados con plagas, a menudo aplican agroquímicos sin entender las causas del problema y sin saber cómo prevenirlos. Los plaguicidas, se utilizan a menudo sin seleccionar el producto. Pulverizadores a menudo no tienen el tamaño de boquilla recomendado o no se mantienen adecuadamente, causando riesgos de intoxicación para el agricultor y daños al ambiente. Los agricultores deben entender que la aplicación de agroquímicos debe estar basada en el uso racional y en una combinación de varias técnicas para controlar plagas sin el uso de agroquímicos. (Armajaro, 2012).

Según la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer (SOLCA), los más afectados en la salud por el uso de plaguicidas son los productores agrícolas indígenas y campesinos. Entre las causas están la falta de sensibilización sobre los riesgos de su uso; el analfabetismo, es otro factor que limita el acceso a la información sobre la toxicidad de estas sustancias. Por otra parte, el uso de fertilizantes sintéticos para lograr alta productividad, puede ocasionar contaminación en las aguas subterráneas y superficiales, creando riesgos de intoxicaciones químicas y aumentando los niveles de óxido nitroso (N_2O) atmosférico, el cual es un potente gas invernadero. El uso de nitrógeno sintético en los últimos 40 años ha aumentado de 3.5 millones a 80 millones de toneladas, tanto

en países desarrollados como en vías de desarrollo, incrementándose sus costos de producción a más de 20 billones USD anualmente (Acción Ecológica, 2007).

En el proceso de certificación del cacao, las Buenas Prácticas Ambientales relacionadas al uso de agroquímicos, observan los siguientes aspectos: conocer los posibles peligros para la salud cuando se utilizan productos agroquímicos; usar agroquímicos que estén permitidos por las autoridades locales y las iniciativas de estándar; aplicar agroquímicos mediante el uso de las dosis recomendadas en las etiquetas; protegerse usando ropa de protección adecuada cuando se aplican agroquímicos; almacenar los agroquímicos en lugares bien ventilados, fuera del alcance de los niños y los alimentos, de manera que no representen un riesgo para las personas y el ambiente. En el proceso de certificación, también es importante mantener la flora y fauna tan variada como sea posible conservando los hábitats semi-naturales como árboles forestales, con una amplia mezcla de cultivos dentro de la plantación de cacao, para permita incrementar las especies de insectos polinizadores muy útiles en el cultivo de cacao. Una plantación de cacao con hierbas útiles y árboles donde el suelo es rico en microorganismos ayudaran a equilibrar las plagas y organismos benéficos, dando lugar a un ambiente más sano en el que menos pesticidas deben ser aplicados (Armajaro, 2012).

CAPÍTULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Lugar: Carrera de Ingeniería Agropecuaria, parroquia Luz de América, cantón Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Figura 5, del anexo.

Material de cacao plantado: CCN51.

Distancia de plantación: 4.0 x 3.0 m.

Edad del cultivo: seis meses.

Duración del experimento: 9 meses (marzo a noviembre 2013)

3.1 Diseño experimental:

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). El ADEVA, se encuentra en tabla 1.

3.1.1 Tratamientos:

1. Cacao - maní (*Arachis hypogaea* L.)
2. Cacao - fréjol vigna (*Vigna unguiculata* L.) Walp
3. Cacao - siratro (*Macroptilium atropurpureum* DC.) Urb.
4. Cacao - control mecánico de malezas (Testigo 1)
5. Cacao - control químico de malezas (Testigo 2)

Número de repeticiones (r): 3

La distribución de tratamientos, se encuentra en figura 6 del anexo.

Tabla 1. Esquema del Análisis de Varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total (t-1)	14
Bloque (r-1)	2
Tratamiento (t-1)	4
Error (r-1) (t-1)	8

3.2 Características de la unidad Experimental (UE)

Número de unidades	:	15
Área de la unidad	:	192 m ²
Área útil de la unidad	:	48 m ²
Longitud UE	:	16 m
Ancho UE	:	12 m
Número de plantas por UE	:	16 plantas
Número de plantas por área útil:		4 plantas
Área total del ensayo	:	3.360 m ²
Longitud	:	80 m
Ancho	:	42 m
Número total de plantas	:	240 plantas

3.3 Variables analizadas

3.3.1 Porcentaje de cobertura de leguminosas.

En cada unidad experimental, se lanzó al azar por cuatro ocasiones un cuadrante de 0.5 m², que permitió evaluar el porcentaje de cobertura. Se empleó la escala 1 a 10. La evaluación se realizó a partir del mes de establecido el trabajo y luego con frecuencia de treinta días. Los valores se sometieron al análisis de la variancia y prueba de comparación múltiple de Tukey.

3.3.2 Vigor de planta en cacao.

Para determinarlo, se utilizó el índice de vigor (cm³) que permite determinar el volumen de biomasa de la planta. Se realizó en cinco ocasiones, con frecuencia de sesenta días, utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Índice de vigor} = \frac{C^2}{4} \sqrt{H^2 + \frac{L^2}{4}}$$

C= Circunferencia del tallo (cm)

H= Altura de la planta (cm)

L= Ancho de la corona foliar (cm)

La circunferencia (C) del tallo se midió a cinco cm de altura de la planta, multiplicando el diámetro de la planta por π (3,1416) (promedio de cuatro lecturas).

La altura de planta comprendió la medición desde el suelo hasta el ápice de la planta (promedio de cuatro lecturas).

El ancho de la corona foliar se realizó cuando la planta tenía ramas laterales formadas y opuestas en el tercio medio (promedio de cuatro lecturas).

3.3.3 Producción de materia seca de malezas

Cuando se realizó la medición de la cobertura, se procedió a extraer las malezas y pesar la biomasa. Se tomó muestra de 200 g y secó en estufa a 100°C durante 24 horas.

3.3.4 Humedad gravimétrica del suelo

De cada tratamiento, se tomó una muestra de suelo de 20g. cada 15 días para observar la humedad. Se utilizó el determinador digital de humedad METTLER TOLEDO HB 43-S del laboratorio de suelos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria.

3.3.5 Análisis de suelo

Antes de establecer el experimento, se tomó una muestra de un kilo (0 – 20 cm de profundidad) que señaló la situación inicial de fertilidad. A los cuatro y ocho meses,

se tomaron muestras de cada tratamiento. Las características físico-químico fueron determinadas en el laboratorio de suelos del INIAP.

3.3.6 Análisis foliar de las plantas de cacao

Las muestras fueron tomadas por tres ocasiones, al iniciar el experimento, a los cuatro y ocho meses. Se tomó una muestra de 100 g cada tratamiento del tercio medio de la planta. El análisis se realizó, en el laboratorio de suelos del INIAP:

3.3.7 Análisis microbiológico

Se tomó una muestra de suelo de 1 kg al establecimiento del experimento; luego a los cuatro y ocho meses, fueron tomadas muestras de suelo de 200 g, de cada tratamiento, para el análisis microbiológico en el INIAP. El análisis utilizó como medio de cultivo: papa, dextrosa, agar, a través de la técnica de dilución seriada en platos Petri. El conteo se realizó a las 24 horas para colonias bacterianas y siete días para hongos filamentosos.

3.3.8 Costo de producción

El costo de producción, se determinó con los registros de materiales, insumos, equipos, etc., utilizados desde la preparación del terreno, hasta la cosecha de las leguminosas.

3.4 Manejo del experimento

Previo al establecimiento del experimento, se realizó una limpieza general del área, utilizando motoguadaña, y aplicando 15 días después Gramocil (Paraquat + Diuron) 1.5 l/ha. Entre las hileras de cacao dependiendo del tratamiento, se sembraron seis hileras de maní separadas a 0.5 m; y 0,4 m entre plantas; frejol vigna: dos hileras, separadas a 1m y 0.4 m entre plantas, dos semillas/sitio y siratro: dos hileras separadas a 1m a chorro continuó.

El control de malezas, se realizó mensualmente. En el caso del testigo con control químico, se utilizó Glifosato 1.5 l/ha. Las principales malezas observadas fueron: Bledo, (*Amaranthus* sp.), caminadora *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton; saboya, *Panicum máximum* Jacq y pata de gallina, *Eleusine indica* (L.) Gaertn.

El control del gusano cogollero en maní, (*Stegasta bosquella*) y pulgón en fréjol vigna, *Aphis* sp., requirió la aplicación de un insecticida convencional Clorpirifos 40 cc/20 l agua, cada quince días, por dos ocasiones. La cosecha del maní se efectuó a los 110 días y la del frejol vigna empezó a los sesenta días cuando la legumbres mostraron madurez fisiológica y terminó a los cien días. Concluida la cosecha, se volvió a realizar limpieza manual de las unidades experimentales, para la segunda siembra.

Las plantas de cacao, recibieron dos podas de formación que permitieron la eliminación de chupones. En este cultivo, se observó la presencia de *Selenothrips*

rubrocinctus Giard, insecto que afecta el follaje ya que por su actividad alimenticia raspa las hojas que amarillean y caen. No se aplicó insecticidas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de cobertura

Los porcentajes de cobertura del suelo producida por las leguminosas o por las malezas en ocho evaluaciones, se resumen en tabla 6 del anexo y figura 1. Se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en todas las evaluaciones, con excepción de julio y septiembre. Se evidenció el efecto de las coberturas de maní y frejol vigna, y siratro. Siratro mostró tendencia lineal; mientras que maní, frejol vigna, control mecánico y químico, siguieron una tendencia polinómica de tercer orden, es decir a incrementarse hasta el mes de junio, disminuir en septiembre y volver a incrementarse. La mejor cobertura fue la de siratro, que a pesar de tener crecimiento lento, una vez establecido a los nueve meses, alcanzó una cobertura mayor al 90%.

En ambientes tropicales, el siratro, contribuye a reducir la incidencia de malezas y el control químico a más de reducir la incidencia de malezas, afecta la biodiversidad (Andrade, 2013). Las coberturas disminuyen la erosión y mejoran las condiciones del suelo (Larson, 1979) (Shenk, 1986). La precipitación que en la zona de estudio dura más de seis meses (fig. 7 del anexo) incidió en los resultados, debiendo aprovecharse este factor para establecer coberturas leguminosas, que pueden servir además para alimento humano, animal y sostenibilidad ecológica del sistema (Sánchez, 1981).

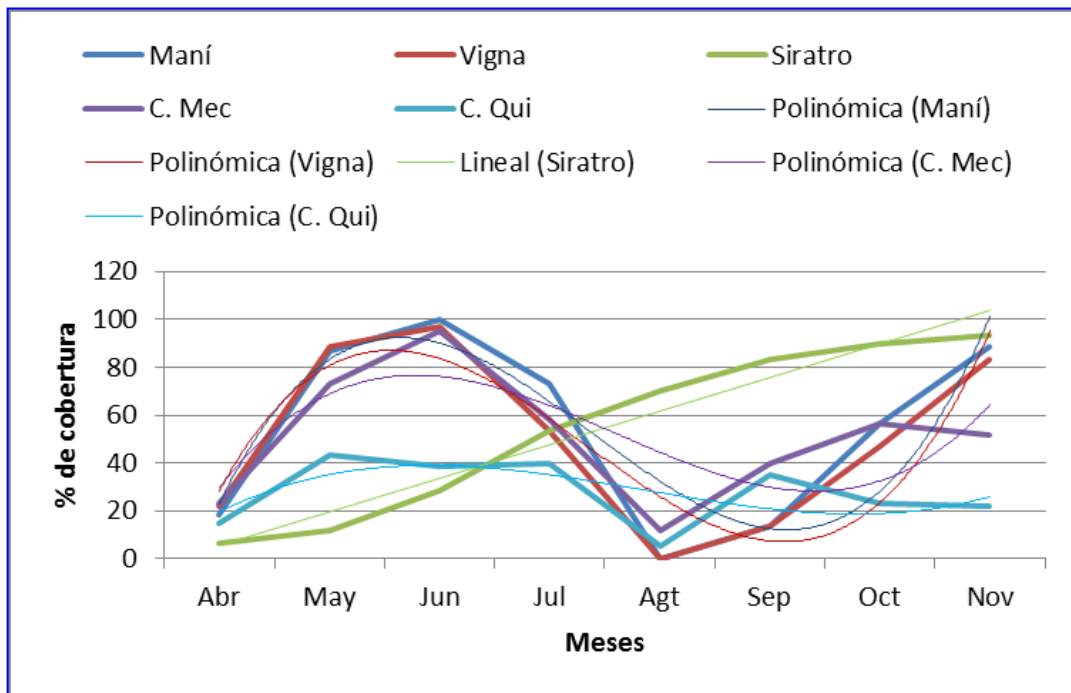


Figura 1. Porcentaje de cobertura de tratamientos.

4.2 Vigor de la planta de cacao

El vigor de las plantas de cacao de todos los tratamientos (figura 2) manifestó tendencia a incrementarse con el tiempo. En las dos primeras evaluaciones, no existieron diferencias de importancia, pero a partir de julio, se observaron. En noviembre, el mayor incremento lo presentaron los tratamientos cacao - siratro, y cacao - control mecánico con valores de 5.387 y 4.918 cm³ de biomasa. Los valores de tratamientos con maní y vigna, fueron 3.656, 2.876 y el control químico, 2.055 cm³ de biomasa.

La correlación entre el porcentaje de cobertura con el índice de vigor de las plantas de cacao durante los meses de mayo, julio, septiembre y noviembre, fue $r = 0,94$ para siratro; en cambio, para maní, frejol vigna, control mecánico y químico, los valores fueron negativos (tabla 2), indicando que a mayor cobertura, existe mayor vigor de planta. El porcentaje de cobertura de siratro, siguió una tendencia lineal. Los demás tratamientos, mostraron tendencia cuadrática.

El vigor de la planta de acuerdo con Zinmdahl (1980) depende de las características genóticas, interacción con el ambiente y competencia con otras plantas, principalmente. Las coberturas vegetales contribuyen a la diversificación estructural y funcional de los agroecosistemas (Altieri, 1992) citado por Hilje, y Hanson (2008), al incremento de la biomasa y materia orgánica del suelo, entre otros (Corrales, 2010).

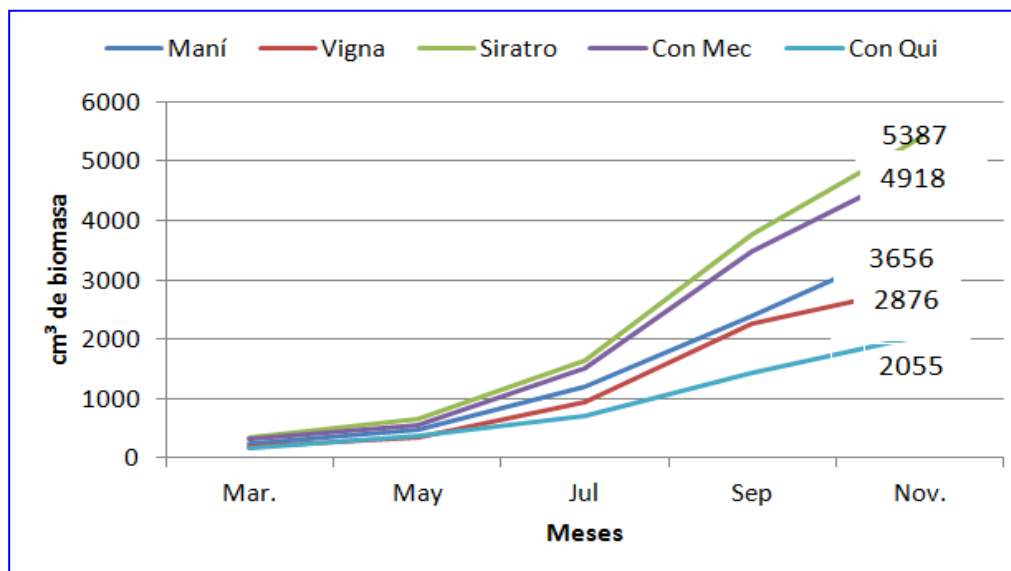


Figura 2. Incremento del vigor de las plantas de cacao (volumen de biomasa)

Tabla 2. Correlaciones entre cobertura y el vigor de la planta de cacao

Tratamientos	Maní	Vigna	Siratro	C. mecánico	C. Químico
C. de correlación (r)	-0.14	-0.27	0.94	-0.71	-0.96

4.3 Producción de materia seca de malezas

La cantidad de materia seca producida por la biomasa de las malezas, se muestra en tabla 7 del anexo y figura 3. En el tratamiento control mecánico, se evidencio la mayor cantidad de materia seca. A partir de mayo 13, se incrementó, luego disminuyó y después de septiembre 13, volvió a incrementarse. En los tratamientos maní, frejol vigna y siratro se observó incremento en la materia seca a partir de julio 13, debido al término del ciclo vegetativo del maní y del frejol vigna y al aletargamiento del siratro, como consecuencia de la ausencia de lluvias, tabla 12 y figura 7 del anexo, luego disminuyó por la segunda siembra de maní y frejol vigna, así como por la recuperación del siratro. En el tratamiento control mecánico el valor fue de 10.016 kg/ha.

El resultado señaló que las coberturas vegetales, no controlan totalmente las malezas, por esta razón las malezas generaron importantes cantidades de biomasa y en consecuencia de materia seca de gran significado en la fertilidad del suelo. En el tratamiento control mecánico, al no haber coberturas leguminosas, las malezas incrementaron la biomasa notablemente. El control químico por su naturaleza, redujo considerablemente la presencia de malezas y el aporte de biomasa al suelo.

En el sentido estrictamente ecológico, conforme lo señalan Malagón y Prager (2013), la productividad de materia seca de las malezas, es una buena medida de la fertilidad y productividad ambiental. La biomasa generada contribuye a la agregación del suelo mejorando las propiedades físicas, a la capacidad de intercambio catiónico, y suministrando la mayor parte del nitrógeno y del azufre y la mitad del fósforo que absorben los cultivos (Sánchez, 1981). Mantener un nivel alto de fitomasa conforme lo señala Altieri (1994), es sostener la biología del suelo y la producción animal y vegetal. La fitomasa es fuente de carbono, aporta energía y facilita la retención de nutrientes.

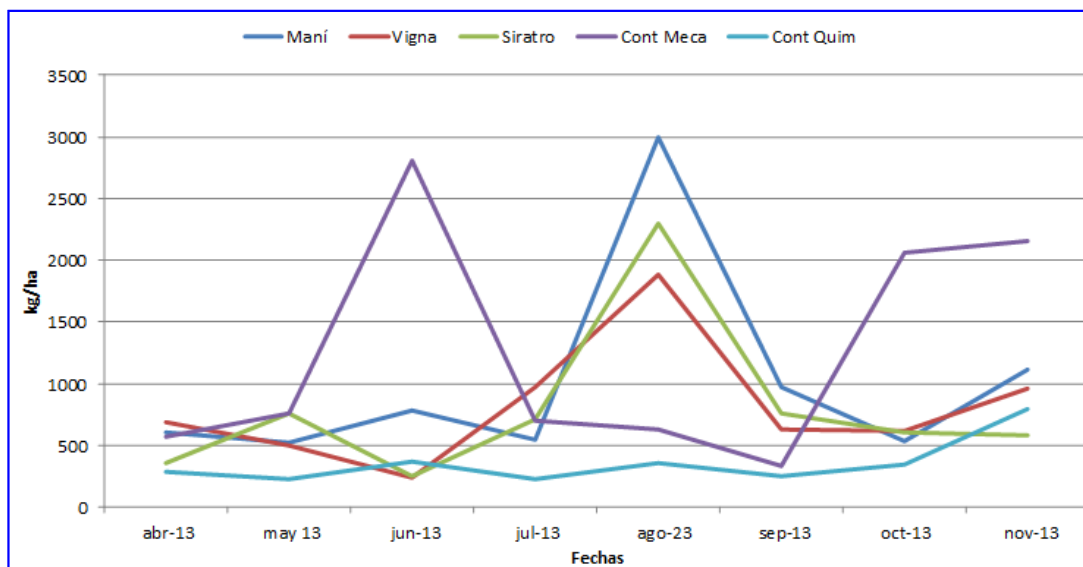


Figura 3. Peso seco de la biomasa de malezas/tratamiento (kg/ha)

4.4 Humedad gravimétrica del suelo

La humedad gravimétrica del suelo expresada en porcentaje en todos los tratamientos (tabla 8 del anexo y figura 4), tuvo tendencia similar, disminuyó de abril a septiembre, y luego se incrementó; con excepción del control químico que redujo la cubierta vegetal y obtuvo valores menores en mayo y junio y luego se incrementó. El análisis de regresión y correlación (tabla 3) entre el contenido de humedad del suelo y el vigor de las plantas de cacao encontró en los tratamientos maní y control mecánico una relación fuerte, pero negativa, en cambio con frejol vigna, siratro y control químico una relación positiva, pero débil. Las correlaciones altas para la cobertura maní ($r = -0,94$) y control mecánico ($r = -0,98$) indicaron que el vigor de las plantas tiende a disminuir con la disminución de la humedad del suelo. En cambio, los valores bajos de las otras correlaciones demostraron que la humedad del suelo no afectó el vigor de las plantas de cacao.

El resultado parece estar influenciado por la precipitación ocurrida durante los meses de estudio (tabla 12 del anexo). Sobre el particular, Larson (1979) señala la ventaja de la cubierta vegetal en la retención de la humedad. El aumento de la humedad ofrece condiciones favorables para el desarrollo de organismos que actúan como agentes de control natural, como los hongos entomopatógenos y antagonistas, así como un hábitat propicio para depredadores (Pérez, 2004). La falta de agua en el suelo hace más lento el movimiento de los nutrientes hacia las raíces. (Potash and Phosphate Institute, 1997).

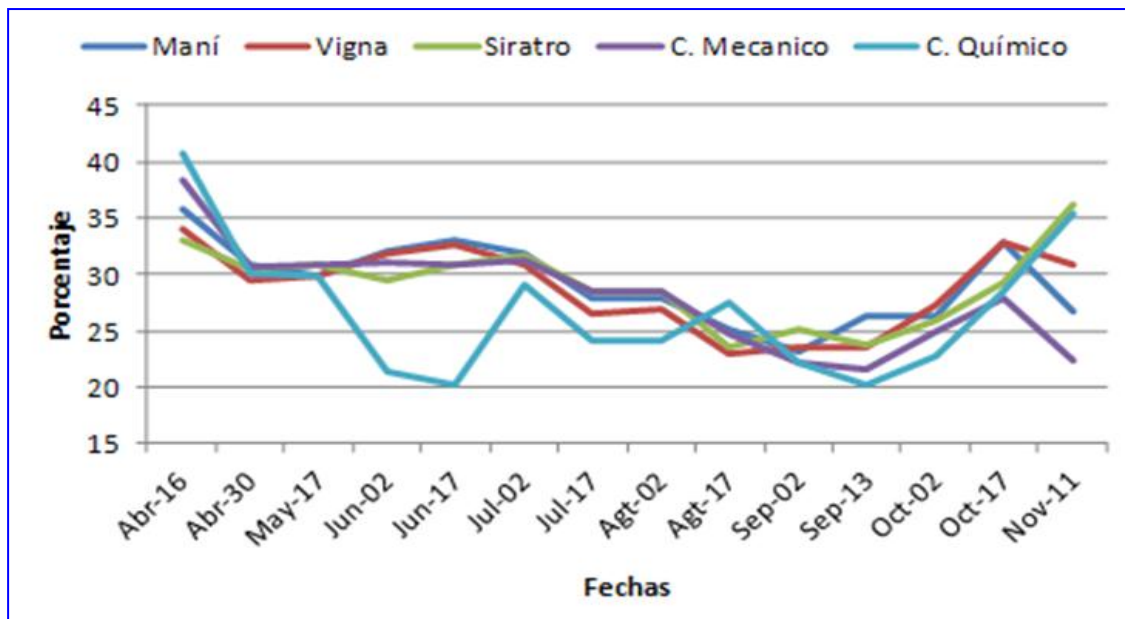


Figura 4. Humedad gravimétrica del suelo expresada en porcentaje

Tabla 3. Regresiones y correlaciones entre el contenido de humedad del suelo y el vigor de plantas de cacao.

Coefficientes	Maní	Vigna	Siratro	C. Mec.	C. Qui.
B	-616	-108	46	-325	11
R	-0,94	-0,39	0,13	-0,98	0,11

4.5 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo (tabla 8 del anexo) analizada al inicio de la investigación, cuatro y ocho meses, señaló que el pH tuvo tendencia a disminuir, el Nitrógeno a

incrementarse y luego a disminuir, el Fósforo a incrementarse, el Potasio y Calcio a mantener los valores, el Magnesio a incrementarse. En cambio, las partes por millón de Azufre, Zinc, Cobre, Hierro, Magnesio y Boro reportaron valores variables, unos a incrementarse (S) otros sin alteración (Zn, Fe, Mg y Bo) y otros a disminuir (Cu). La materia orgánica mantuvo los porcentajes; de igual manera hubo ligeras diferencias en las relaciones Ca/Mg, Mg/K, Ca+Mg/K y suma de bases.

En general, no se observaron cambios de importancias durante el tiempo que duró el experimento debido a que la descomposición y mineralización de la biomasa es muy lenta (Julca *et al*, 2006). La liberación de nutrientes depende de factores climáticos, de la superficie específica, de la carga microbiana, del contenido original de MOS, etc. dependen de la solubilidad del mismo, de su abundancia o escasez y de la superficie específica mostrada (Gallardo, 2014). La fertilidad del suelo, es parte de un sistema dinámico, algunos nutrientes son continuamente exportados y otros pueden perderse por lixiviación y erosión (Sánchez, 1981). La materia orgánica se descompone lentamente y los microorganismos del suelo inmovilizan y luego liberan nutrientes todo el tiempo, por esta razón el balance nutricional, no es estable (Potash and Phosphate Institute, 1997).

4.6 Análisis foliar de las plantas de cacao

El análisis foliar o de tejido vegetal (tabla 10 del anexo) efectuado cuando inicio el experimento, a los cuatro y ocho meses, señaló que el contenido de Nitrógeno,

Fósforo, Potasio y Calcio tuvieron tendencia a incrementarse; en cambio, el de Magnesio fue muy variable y el de Azufre no se alteró. También fueron muy variables las partes por millón de Zinc, Cobre, Fe, Manganeso y Boro, indicando que durante el tiempo del experimento y por efecto de los tratamientos no han ocurrido cambios de importancia en el contenido químico de las hojas de cacao, concordando con lo expresado por Sánchez (1981) de que la concentración de los diferentes nutrientes en hoja varía a lo largo del período de crecimiento del cultivo, existiendo movimiento de nutrientes móviles hacia los tejidos en desarrollo, acumulación de elementos inmóviles y modificación del contenido de materia seca. En este proceso, las coberturas leguminosas benefician a los cultivos perennes por que en lugar de competir por N con el cultivo principal, su capacidad de fijar N representa un aporte neto de dicho nutriente que puede ser utilizado por el cultivo principal. Además la abundante hojarasca que producen es un estimulante de la actividad biológica (baja relación C/N de los residuos), una fuente de materia orgánica y fuente de nutrientes al mineralizarse (Gallardo, 2014). Sobre el análisis foliar, Sánchez (1981) manifestó que es la mejor medida de la disponibilidad de nutrimentos, pero tiene una desventaja cuando señala un problema nutritivo, es muy tarde.

4.7 Análisis microbiológico

El análisis inicial de la carga microbiana del suelo (tabla 11 del anexo) encontró bacterias y hongos de los géneros: *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. y *Fusarium* sp. en cantidades variables. En el segundo análisis a los cuatro meses, no se

encontró *Rhizopus* sp.; *Fusarium* sp, desapareció excepto en el tratamiento con maní. En este análisis se reportó la presencia del hongo benéfico *Trichoderma* sp. excepto en el tratamiento con control químico. En el tercer análisis, a los ocho meses, se encontró *Mucor* sp, bajas poblaciones de *Penicillium* sp, y *Trichoderma* sp, e incremento de la población de *Aspergillus* sp. Según lo manifestado por Vaca, (2013), *Aspergillus* sp. puede encapsular la expresión del hongo benéfico *Trichoderma* sp, reduciendo su población. *Trichoderma* sp, por su parte, ejerce presión sobre la población de *Fusarium* sp.

Según Wild, 1992, los hongos representan el 70% de la población microbiana, todos son eucariotas heterótrofos y se incluyen entre las especies que necesitan nitrógeno, en forma de sales minerales o compuestos orgánicos nitrogenados, pues están desprovistos de capacidad fijadora. Las especies edáficas son exigentes en sustratos carbonados, pudiendo utilizar hidratos de carbono, alcoholes y ácidos orgánicos sencillos hasta los que son capaces de descomponer compuestos polimerizados como la celulosa y la lignina. Los tratamientos que incluyeron coberturas de leguminosas o de malezas, presentaron condiciones apropiadas para el incremento de poblaciones fungosas, debido a la descomposición de la materia orgánica que depende no solo de la diversidad de microorganismos e invertebrados, sino también de las complejas interacciones entre los organismos del suelo (Altieri, 1994).

La población fungosa predomina en suelos ricos en restos vegetales, donde la competencia por alimentos y energía no es demasiada aguda, pero declinan rápidamente

cuando desaparecen los materiales fácilmente degradables; en cambio, las bacterias persisten más tiempo y consumen a los hongos (Thompson y Troeh, 1989).

La posibilidad de que predominen los hongos o el grupo de bacterias-actinomicetos depende del pH y contenido de humedad. En el presente estudio, la disponibilidad o no de agua puede haber influenciado la población bacteriana que inicialmente y debido a la alta precipitación reportó bajas poblaciones de bacterias, que luego se incrementaron conforme las condiciones de humedad disminuyeron.

4.8 Análisis económico

El rendimiento (Kg/ha) de las leguminosas de grano (maní y frejol vigna), se presenta en la Tabla 4 y en la Tabla 5, el costo de producción de los tratamientos/ha. En la primera cosecha, la producción de maní fue superior al de frejol vigna; en la segunda ocurrió lo contrario. La productividad total para maní y vigna fue de 6.451 y 5.458 kg/ha, Los egresos por insumos y mano de obra fueron de 2.065 USD y 1.625 USD, para maní y frejol vigna, en su orden. El beneficio económico para maní fue 4.386 USD y para frejol vigna 3.923 USD.

La intercalación del cacao con maní o frejol vigna, es conveniente, los ingresos permitirán mantener la plantación de cacao hasta que empiece a producir, evidenciándose la sostenibilidad económica. En lo ambiental, la diversificación de cultivos, mejora las características físicas y químicas del suelo y aminora el uso de

herbicidas, dando lugar a la sostenibilidad ambiental, concordando con lo expresado con Sarandon (2002). Como en las labores del cultivo trabaja la familia, da lugar a la integración familiar y a la permanencia en la finca, evidenciándose la sostenibilidad social. La seguridad alimentaria, es complementaria según lo señala Altieri (1994) y surge como la capacidad que tiene cada familia para producir el alimento necesario para cubrir su propio consumo teniendo que ver con el grado de diversificación productiva; sin embargo, no se valoran efectos complementarios de prácticas que se realizan en los sistemas de producción y que aminoran la erosión del suelo, disminuye el uso de plaguicidas, entre otros.

Tabla 4. Rendimiento (kg/ha) de maní descascarado y frejol vigna cosechado a la madurez fisiológica.

Cultivos	Cosecha		Total (kg/ha)
	Primera	Segunda	
Maní	3646	2805	6451
Vigna	2488	3060	5548

Tabla 5. Costos de producción/ha, ingresos y beneficio del establecimiento de leguminosas en asociación con cacao.

Insumos y mano de obra	Maní	Vigna	Siratro	C. mecánico	C. químico
Semillas leguminosas	160	80	120	0	0
Herbicida/ 9 ocasiones	0	0	0	0	96
Insecticida/9 ocasiones	180	180	180	0	0
Fertilizante foliar	120	120	120	0	0
Total parcial	460	380	420	0	96
Semillero	0	0	60	0	0
Siembra leguminosas	300	150	150	0	0
Trasplante leguminosa	0	0	150	0	0
Control manual/9 ocasiones	405	405	405	1080	150
Control Fito - her/9 ocasiones	270	270	270	0	540
Cosecha leguminosas grano	270	270	0	0	0
Desgrane	360	150	0	0	0
Total parcial	1605	1245	1035	1080	690
Total egresos	2065	1625	1455	1080	786
Ingresos por cosechas					
Primera (0.8 USD/kg)	3646				
Segunda (0.8 USD/kg)	2805				
Primera (0.7 USD/kg)		2488			
Segunda (0.7 USD/kg)		3060			
Ingreso total USD/Ha	6451	5548			
Beneficio USD/Ha	4386	3923	0	0	0

CAPITULO V

SOCIALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La interacción con comunidades académicas y miembros del sector productivo permite a docentes y estudiantes conocer los últimos avances, propiciar alianzas para la investigación y efectuar eventos de capacitación acorde con las necesidades y requerimientos de los interesados. La socialización, construye espacios para garantizar la divulgación y apropiación social del conocimiento a través de diferentes eventos y programas de capacitación. Entre estos tenemos al Día de campo, que es un método de comunicación grupal, tendiente a mostrar una o varias prácticas agropecuarias, realizadas en condiciones locales, con el objeto de despertar el interés y los deseos de adopción.

El establecimiento y manejo de la investigación y la respuesta de los tratamientos estudiados (figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13) fueron socializados a productores de la zona de Luz de América y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Santo Domingo, en las siguientes fechas: 22 de mayo y 30 de junio de 2015, figuras 14 y 15 respectivamente.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. La cobertura propiciada por las leguminosas, permitió mejor control de malezas, comparado con los controles mecánico y químico.
2. Las malezas generaron importante cantidad de biomasa, con excepción del tratamiento control químico.
3. La humedad del suelo fue favorecida por la presencia de coberturas y precipitaciones.
4. No se observaron cambios significativos en contenido de nutrientes del suelo y de tejidos.
5. En los tratamientos con coberturas, se observó la presencia de hongos benéficos
6. La cobertura con siratro, mostró tendencia lineal en el cubrimiento, incidiendo en el vigor de las plantas de cacao
7. Correlación negativa se observó entre la humedad del suelo y el vigor de las plantas de cacao.
8. El sistema de producción cacao - leguminosas tiene importante connotación en la sustentabilidad económica, social y ambiental.

5.2 RECOMENDACIONES

Considerando las conclusiones, se recomienda:

1. La siembra de leguminosas de grano o forrajeras en las interlíneas del cacao.
2. Continuar con la evaluación en las variables analizadas.
3. Realizar investigaciones con otras especies leguminosas.
4. Difundir el conocimiento mediante eventos de capacitación

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acción Ecológica. (2007). Boletín Informativo. Quito, Ecuador. 10 p
- Altieri, M. (1994). Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura Técnica. Vol. 54, N° 4.
- Andrade, P. (2014). Efecto de tres leguminosas sobre el control de malezas y crecimiento del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) durante el primer año de establecimiento, en la Concordia, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Tesis de Grado Ingeniero Agropecuario. Universidad de las Fuerzas Armadas, Santo Domingo. p. 85
- Andrews, D y Kassam, A. (1976). The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: Multiple cropping. American Society of Agronomy. ASA Special Publication Number 27. pp: 1-10.
- Anecacao, (2014). Evolución de las exportaciones totales de cacao de 2003 a 2016.
- Anzules, V., Desiderio, X., Flores, R., y Vaca, P. (2010). Control de malezas en cultivos: Hacia una agricultura amigable con la salud y ambiente. Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo, Ecuador. Tríptico.
- Armajaro, (2012). Manual de capacitación del cacao. Santo Domingo, Ecuador. 50 p
- Burity H.A., M.A. Faris & B.E. Culman. 1989. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. Plant and Soil. 114-249-255.
- Cáceres, M. (2008). La sustentabilidad de los sistemas campesinos analizada desde dos enfoques: estados vs procesos. Interciencia. Agosto 2008. Vol. 33 N° 8, pp 578 – 585.
- Chiriboga, M y Wallis. B. (2010). Diagnóstico de la pobreza rural en Ecuador y respuestas de política pública. Quito, Ecuador. 57 p
- Corpei. (2008). Seminario nacional sobre avances tecnológicos, agroindustriales y comerciales del cacao fino y aroma. Manta, Ecuador.

- Corrales, R. (2010). Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia N° 5. Instituto de Estudios Rurales, IER, Pontificia Universidad Javeriana. ISBN 958-9262-17-1
- El Agro (marzo 20 de 2013). Cacao en la economía del Ecuador. Revista El Agro. Recuperado de <http://www.revistaelagro.com/2013/03/20/el-cacao-en-la-economia-del-ecuador/>
- Espe. (2007). Diagnóstico agrosocioeconómico en la Comuna El Congoma. Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Santo Domingo de los Tsáchilas. 25 p.
- Espe. (2012). Diagnóstico agrosocioeconómico en el sector Luz de América, Puerto Limón. Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Santo Domingo de los Tsáchilas. 18 p.
- Gallardo, J.F. (2014). Balance Biogeoquímico de Elementos en Cultivos de Palma Aceitera en el Ecuador: Hacia un Programa Interinstitucional. Programa Prometeo. ANCUPA, ESPE, CSIC. Presentación Técnica. Santo Domingo, Ecuador. 81 p.
- Guerrer, V. (2010). Manual de leguminosas y abonos verdes para una agricultura sostenible y soberanía alimentaria. Consultado el 04 de Febrero del 2012. Disponible en: http://www.revistalideres.ec/mercados/Cacao-Ecuador-chocolate-cultivo-exportacion_0_1153684651.html
- Guerrero, G. (2013). El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV. Revista Lideres. Recuperado de http://www.revistalideres.ec/mercados/Cacao-Ecuador-chocolate-cultivo-exportacion_0_1153684651.html
- Hilje, L y Hanson, P. (2008). La biodiversidad tropical y el manejo integrado de plagas. In: manejo integrado de plagas en Mesoamérica, aportes conceptuales. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Pp: 619-638.
- Iniap (2010). Producción intensiva de cacao nacional con sabor “arriba”: tecnología, presupuesto y rentabilidad. Manual Técnico N° 82. Quevedo, Los Ríos. 170 pág.
- Iniap. (2010). “Guía Técnica de Cultivos - Cultivo de Cacao” Cacao - ficha 2
- Julca, A. et al. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias en el uso de la agricultura. IDISIA (Chile) Enero – Abril 2006. Volumen 24, N° 1, Páginas 49-61.
- La Rotta, E. (2007). Investigación correlacional. Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

- Larson W E., R F. Holt, and C. W. Carlson. (1979). Residuos por soil conservation. Crop Residue management Systems. American Society of Agronomy, pp: 1-15.
- Long S. (1989). Rhizobium-legume nodulation: Life together in the underground. Cell. 56: 203-214
- Malagón, R, y Prager, M. (2000). El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Universidad nacional de Colombia, sede Palmira. 190 p.
- Masera, O.; Astier, M y López-Ridaura, S. (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS GIRA.A.C. México. 109 p
- Merma, I y Julca A. 2012. Caracterización y Evaluación de la Sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba. Universidad nacional agraria La Molina, Cusco, Perú. Ecol. apl. Vol. 11 N°1, pp. 13-21
- Najul, C y Anzalone, A. 2006. Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la Caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). Bioagro Vol 18 N° 2. Universidad Centrooccidental. Barquisimeto, Venezuela.
- Newsweek, (2011). Cacao ecuatoriano, el sabor del río. pp 10 -11.
- Ormeño, M, (2011). Los cultivos asociados al cacao (*Theobroma cacao* L.) Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Mérida, Venezuela J. Interamer. Soc. Trop. Hort. 53: 31-33.
- Potash and phosphate Institute. (1997). Manual internacional de fertilidad de suelo. Norcross, GA, USA.
- Ramírez, L., Alvarado, A., Pujol, R., McHugh, A., y Brenes, L. (2008). Indicadores para estimar la sostenibilidad agrícola de la Cuenca media del Río reventado, Cartago, Costa Rica. Agronomía Costarricense 32(2): 93-118. ISSN:0377-9424.
- Salminis, J, Geymonat, M. 2007. Estudio comparativo de la sustentabilidad socioeconómica y ambiental entre sistemas agrícolas y agrícola-ganaderos. Asociación Argentina de Economía Agraria. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Sánchez, P. (1981). Suelos del trópico: Características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. 660 p.
- Sarandón, S. et al. (2002). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas en fincas en Misiones, Argentina, mediante uso de indicadores. , Agroecología,

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, CC 31, 1900, La Plata, Argentina. pp 20-27.

- Shenk, M., G. Riveros, y C. Romero. (1986). Métodos de control de malezas. Oregon State University, Corvallis, Oregon. *International Plant*, pp: 55-64.
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., Dikshit, A. K. 2009. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecol. Indicat*, 9:189-212.
- Sustainable Agriculture Network. 1998. *Managing cover crops profitably*. Second edition. Handbook Series Book 3. Beltsville, MD, Estados Unidos de América.
- Thompson, L.M. y Troeh, F. R. (1988). Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona, España, pp. 135-169.
- Vaca, P. (2013). Evaluación de poblaciones de *Trichoderma* spp. *Paecylomices* l., Y *Monillioptera roreri* en suelos tratados con herbicidas en el cultivo de cacao. Tesis de Grado Magister. Universidad de las Fuerzas Armadas. Santo Domingo, 72 p.
- Vivas, M; Duarte, E y Rivero, J. (2010). Evaluación del Desarrollo Rural Local Sostenible: Indicadores de sustentabilidad, caso de estudio, Proyecto Terra Andina. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Wild, A. (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. MundiPrensa. Madrid, España, 1045 p.
- Zinmdahl, R. L. (1982). Weed-Crop Competition. A review. International Plant Protection Center. Oregon State University. USA. 189 p.

