



Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Maestría Agricultura Sostenible II Promoción

Vicente Anzules

EVALUACIÓN DE CORRELACIONES EN LA ASOCIACIÓN CACAO LEGUMINOSAS PARA LA SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA DEL CACAO, EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR



Antecedentes:

- **Ecuador, produce y exporta cacao fino y de aroma.**
- **El cacao, cuarto rubro de exportación agrícola.**
- **Trabajan 600.000 personas**
- **En 2010, se contabilizaron 470.054 hectáreas**
- **100.000 unidades productivas**
- **Productividad 200 - 300 kg/ha/año (INIAP, 2010)**



Introducción

Período 2002 – 2011

Contribución al PIB total: 0,57%

PIB agropecuario 6,4%.

Contribuyo a la PEA Nacional: 4%

PEA agrícola: 12.5% (Revista El Agro, 2013).

Producción:

2002: 73.924 tm

2010: 132.099 tm

2011: 185.000 tm,

2014: 235.000 tm

El 87% se exporta en grano

13% en semielaborados (Anecacao, 2014).

EL CACAO EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS

N° ha: 19.837

80% de los productores son pequeños, 18% medianos y 2% grandes.

Arreglo espacial: 4 x 4, 4 x 3 m o 3.5 x 3.5 m

Precipitación superior a 2.500 mm/año.

Utilizan herbicidas y otros agrotóxicos propios de la agricultura convencional que afectan la sustentabilidad de los sistemas de producción, porque contribuyen a la erosión de los suelos, atentan contra la biodiversidad, afectan la salud de productores y consumidores, entre los principales.



APLICACIÓN DE HERBICIDAS



APLICACIÓN DE HERBICIDAS



PROBLEMÁTICA:

Al no existir una cobertura vegetal, la erosión y pobreza de los suelos se evidencia especialmente en los de topografía irregular, teniendo que necesariamente utilizar fertilizantes químicos. (ESPE, 2012).

JUSTIFICACIÓN

El cacao producto de exportación reconocido en el mundo por sus características organolépticas, debe mostrar que en su producción se protegen los recursos naturales, y se utilizan insumos ecológicos; por consiguiente, se debe implementar alternativas que contribuyan a la sostenibilidad del cultivo (Armajaro, 2012).

COBERTURAS LEGUMINOSAS CONSTITUYEN UNA ALTERNATIVA



OBJETIVO GENERAL

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

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 gravimétrica del suelo**
- **Analizar la microbiología y condiciones físicas y químicas del suelo**
- **Medir la productividad, y rentabilidad del sistema**

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.

MARCO TEÓRICO

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 (Corrales, 2010)

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

La evaluación, en algunos casos se ve afectada por problemas inherentes a la propia multidimensión del concepto porque implica aspectos ecológico, económico, social, cultural y temporal (Sarandon, 2002).

- **La agricultura sustentable a más de la productividad tiene otros atributos: la resiliencia, capacidad que tienen los agroecosistemas de retornar al estado de equilibrio después de serias perturbaciones.**
- **Equidad y autodependencia Para determinar sustentabilidad socioeconómica, son otros atributos (Vivas et al, 2010).**

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE COBERTURAS LEGUMINOSAS

- **Rápido crecimiento,**
 - **Rastreras,**
 - **Abundante follaje,**
 - **Aportan nutrientes,**
 - **Resistentes a plagas, sequías y exceso de humedad compatibles con los cultivos (Guerrer, 2010).**
-
- **maní: (*Arachis hypogaea* L.),**
 - **fréjol vigna (*Vigna unguiculata*) y**
 - **siratro (*Macroptilium atropurpureum*), (Long, 1989)**

LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO

Se mencionan algunos géneros *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesrhizobium*, *Bradyrhizobium*.

Microorganismos portadores de la enzima nitrogenasa convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno combinado.

La fijación biológica contribuye entre el 60-80 % de la fijación biológica de nitrógeno. (Wang, et al, 2000).

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE MANÍ, FREJOL VIGNA Y SIRATRO

- **Maní: alto contenido de grasa y proteína en el orden de 48 y 25 g/100 g de semillas.**
- **Productividad de grano 1800 kg/ha; ciclo de vida 120 días.**
- **Fréjol vigna: grasa, proteína y carbohidratos: 0.53, 7.73 y 20.7 g/100 g de semilla. Ciclo de vida 110 días (INIAP, 2012).**
- **Siratro, aporta alrededor de 175 Kg de N /ha/año. Es bianual y desaparece una vez que el cultivo lo sombrea totalmente (Burity, 1989).**

LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES.

- **Limitado número de ha.**
- **Utiliza mano de obra familiar.**
- **Limitada capacidad de mercadeo, de almacenamiento y procesamiento.**
- **Poco acceso al crédito**
- **Asistencia técnica basada en plaguicidas y fertilizantes sintéticos.**
- **El promedio de ingresos anuales menor a 5.000 dólares.**
- **(Chiriboga, y Wallis, 2010).**

AFECTACIÓN POR PLAGUICIDAS Y FERTILIZANTES

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**

(Acción Ecológica, 2007)

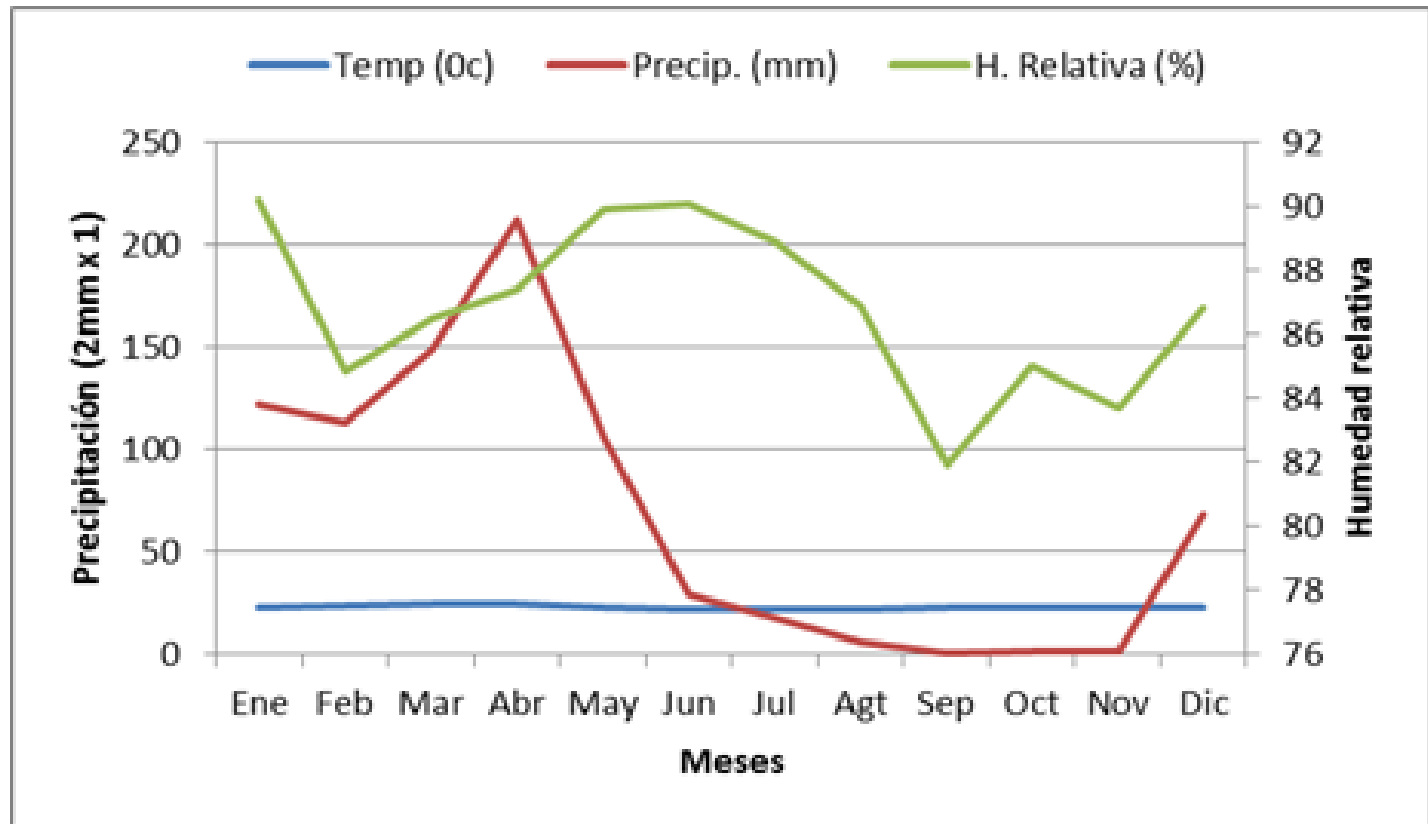
INVESTIGACIONES EN CACAO

- Los policultivos, aumentan la diversidad de microorganismos (Ormeño, 2011)
-
- Maní forrajero, siratro y pueraria, son excelentes coberturas, mantienen la humedad del suelo, permiten presencia de microorganismos benéficos (Andrade, 2014)
- *Trichoderma spp.* posee una resistencia innata a la mayoría de los agroquímicos. Los herbicidas glifosato y paraquat afectan las poblaciones microbianas del suelo. (Vaca, 2013).

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Ubicación Geográfica:** Parroquia Luz de América, cantón Santo Domingo.
- **Ubicación Geográfica:** Km 35 de la vía Santo Domingo – Quevedo. Coordenadas: $0^{\circ} 26' 28.1''$ S, $79^{\circ} 19' 236''$ O.
- **Ubicación Ecológica:** Bosque húmedo Tropical. Altitud: 272 msnm.

Figura 7. Relación Ombrotérmica y Humedad Relativa de la zona de Sto. Domingo



- Material plantado: CCN 51. a 4 x 3m, de seis meses.

- Tratamientos:
 - 1. Cacao – maní, *Arachis hypogaea*
 - 2. Cacao - fréjol vigna, *Vigna unguiculata*
 - 3. Cacao - siratro, *Macroptilium atropurpureum*
 - 3. Cacao - control mecánico de malezas (Control)
 - 5. Cacao - control químico de malezas (Control)

- Número de repeticiones (r): 3

- Diseño experimental:
 - **DBCA (Diseño de Bloques Completos al Azar).**

- **Duración: Nueve meses**

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

Especificaciones técnicas:

Dentro de las hileras de cacao

- Siembra de maní* : seis hileras separadas a 0.5 x 0.4m
- Siembra de fréjol* : dos hileras en el centro del callejón, separadas a 1m
- Siembra de siratro: dos hileras en el centro del callejón, separadas a 1m
- El control mecánico de malezas, mensualmente
- Control químico de malezas, mensualmente

* sembrados por dos ocasiones

VARIABLES ANALIZADAS:

- **Porcentaje de cobertura**, mensualmente.
Escala de 0 a 10.
- **Vigor de la planta de cacao**, mensualmente
(Circunferencia del tallo, altura de la planta, ancho de la corona foliar (cm))
- **Producción de materia seca de malezas**

- Humedad gravimétrica del suelo, quincenalmente
- Fertilidad del suelo, inicial, cuatro y ocho meses
- Análisis foliar plantas de cacao, inicial, cuatro y ocho meses
- Análisis microbiológico del suelo, inicial, cuatro y ocho meses
- Análisis económico

RESULTADOS

COBERTURA 90 DÍAS



COBERTURA 120 DÍAS



PORCENTAJE DE COBERTURA

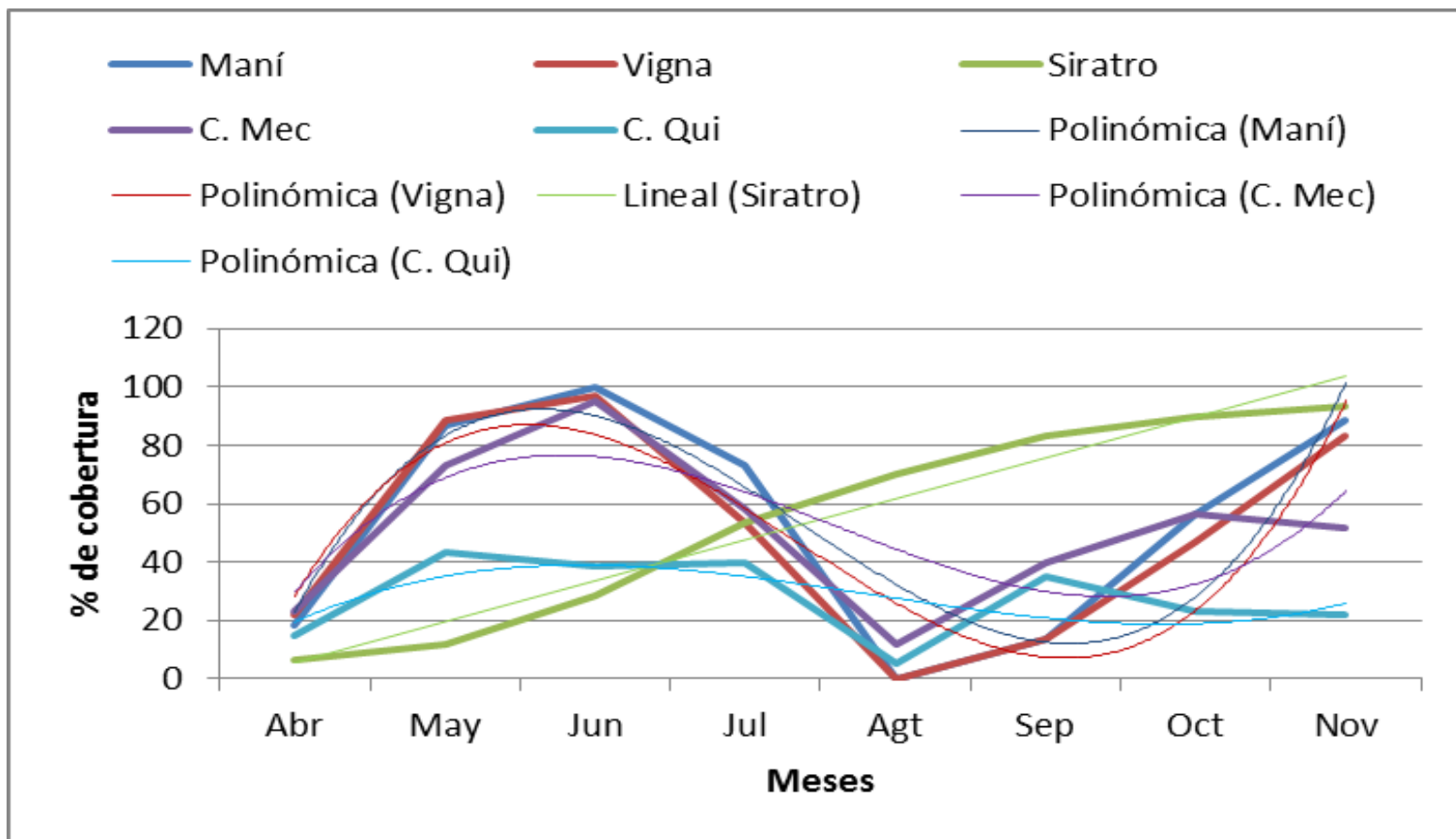


Tabla 2. Porcentaje de cobertura y nivel de significancia*

Tratamientos	abr-11	may-14	jun-13	jul-12	ago-15	sep-13	oct-14	nov-14
T1. Maní	18,33 ab	86,67 a	100,00 a	73,33 ns	0,00 b	13,33 ns	56,67 ab	88,33 a
T2. Vigna	21,67 a	88,33 a	96,67 ab	53,33	0,00 b	13,33	46,67 ab	88,33 ab
T3. Siratro	6,67 b	11,67 c	28,33 c	53,33	70,00 a	83,33	90,00 ab	93,33 a
T4. C. mecánico	23,33 a	73,33 ab	95,00 ab	58	11,67 b	40	56,67 ab	51,67 bc
5. C. químico	15,00 ab	43,33 abc	38,33 bc	40	50,00 b	35	23,33 b	21,67 c

Las coberturas leguminosas reducen la incidencia de malezas; mientras que el control químico, las elimina afectando la biodiversidad (Andrade, 2013).

Las coberturas, disminuyen la erosión y mejoran las condiciones del suelo (Larson, 1979) (Shenk, 1986).

INCREMENTO VIGOR DE PLANTA DE CACAO

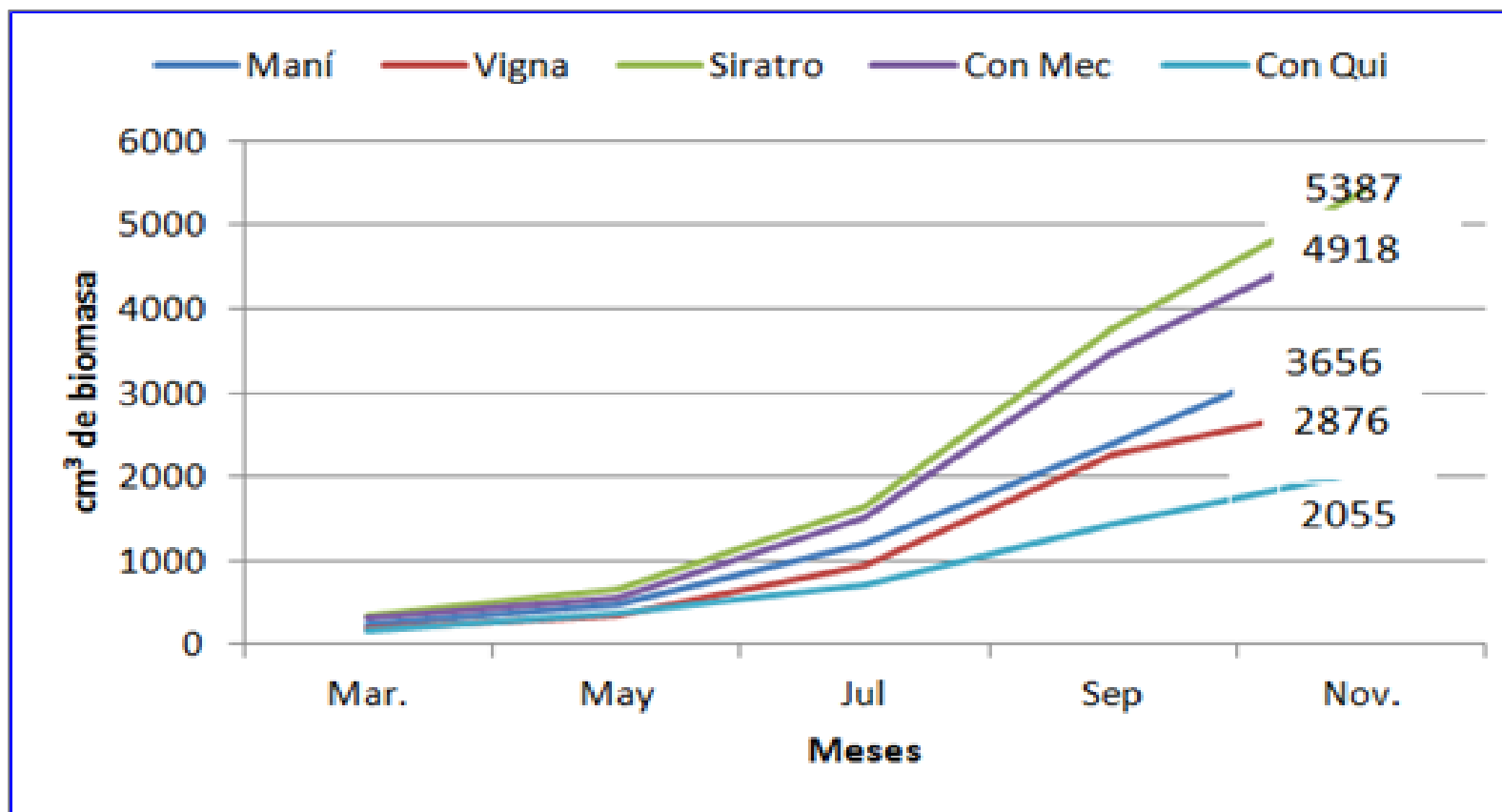
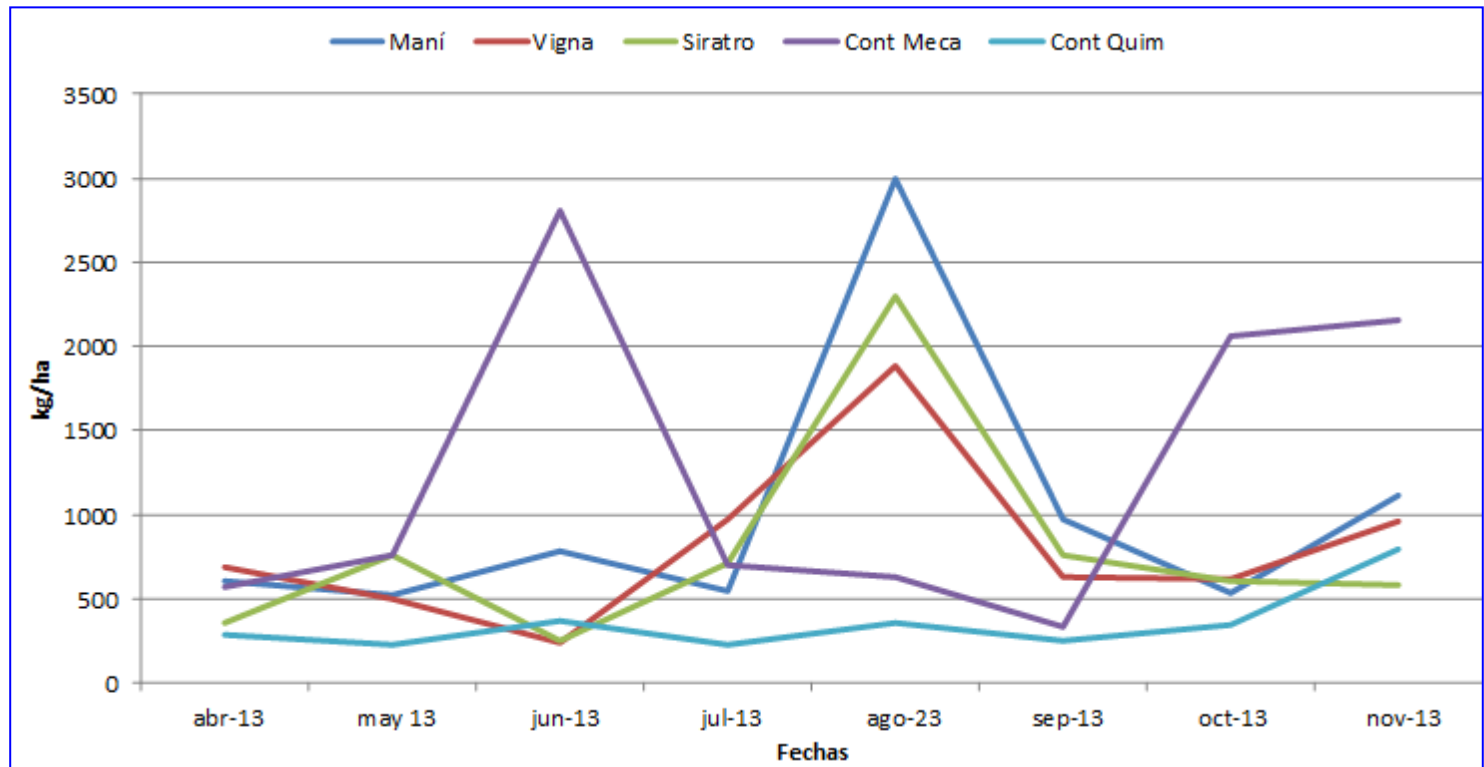


Tabla 3. Correlaciones entre cobertura y el vigor de la planta de cacao

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

- El coeficiente de correlación para siratro fue $r = 0,94$; significando que a mayor cobertura del suelo por siratro existe mayor vigor de planta. Para los demás tratamientos los valores fueron negativos.
- La cobertura de siratro siguió una tendencia lineal. Los otros, tendencia cuadrática, es decir a incrementarse en los primeros meses, luego disminuir y volver a incrementarse.

PESO SECO DE LA BIOMASA DE MALEZAS



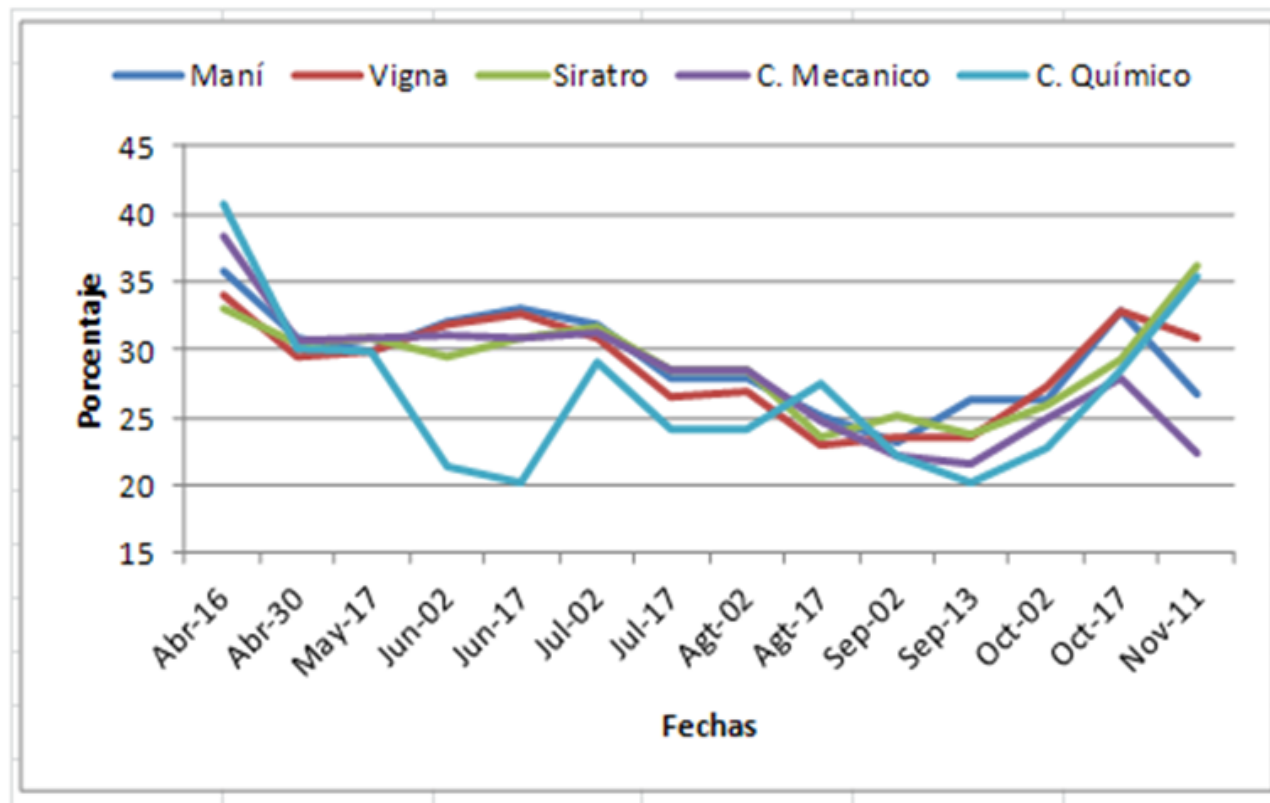
Cantidad de materia/tratamiento (kg/ha)

Tratamientos	Kg/ha M.S
1	8.070.9
2	6.478.1
3	6.327.1
4	10.017
5	2.863.35

- **La productividad de materia seca de las malezas, es una buena medida de la fertilidad y productividad ambiental (Malagón y Prager, 2013).**
- **La biomasa mejora las propiedades físicas, la CIC, y suministra una buena parte de nitrógeno, azufre y la mitad del fósforo (Sánchez, 1981).**

Las principales malezas observadas fueron: Bledo, (*Amaranthus* sp.), caminadora (*Rottboelia cochinchinensis*); saboya, (*Panicum máximum*) y pata de gallina, (*Eleusine indica*).

HUMEDAD GRAVIMÉTRICA DEL SUELO



- **El resultado parece estar influenciado por la precipitación ocurrida durante los meses de estudio.**
- **Las ventajas de la cobertura vegetal en la retención de la humedad (Larson, 1979).**
- **El incremento de humedad ofrece condiciones favorables para el desarrollo de organismos que actúan como agentes de control natural (Pérez, 2004).**

Tabla 6. Regresiones y correlaciones entre el contenido de humedad del suelo y el vigor de plantas de cacao

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

- **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 afecto el vigor de las plantas de cacao.**

ANÁLISIS DE SUELO

Inicial General

pH	ppm		meq/100ml					ppm					% M.O	Ca/ Mg	Mg/ K	Ca+ Mg/K	meq/100ml Σ Bases
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B						
5,9	9 B	11 M	0,33 M	5 M	0,8 B	4 B	3,8 M	6,5 A	132 A	4,9 B	0,21 B	5,1 A	6,2	2,42	17,58	6,13	

Cuatro meses

Tratamientos

1	5,3	40 M	35 A	0,26 M	10A	0,9 B	9 B	6,3 M	4,7 A	308 A	3,3 B	0,33 B	7,7 A	11,1	3,46	41,92	11,16
2	5,6	31 M	25 A	0,31 M	9 A	1,0 M	7 B	3,7 M	3,3 M	251 A	1,9 B	0,37 B	5,1 A	9	3,23	32,26	10,31
3	5,5	32 M	20 M	0,29 M	8 M	0,8 B	6 B	5,8 M	4,5 A	216 A	1,8 B	0,39 B	4,3 M	10	2,76	30,34	9,09
4	5,4	36 M	22 A	0,26 M	8 M	0,9 B	6 B	4,2 M	3,8 M	221 A	2,5 B	0,36 B	5,7 A	8,8	3,46	34,23	9,16
5	5,5	30 M	19 M	0,21 M	8 M	1,0 M	7 B	4,0 M	6,4 A	197 A	2,6 B	0,37 B	5,5 A	8	4,76	42,86	9,21

Ocho meses

Tratamientos

1	5,2	15B	27A	0,25M	5M	0,7B	12M	5,4M	5,2A	163A	4,8B	0,18B	9,0A	7,1	2,8	22,8	5,95
2	5,5	15B	30A	0,31M	6M	1,0M	18M	6,5M	5,3A	161A	3,9B	0,23B	9,0A	6	3,23	22,58	7,31
3	5,6	14B	25A	0,38M	6M	1,0M	17M	5,1M	5,3A	149A	3,7B	0,16B	7,7A	6	2,63	18,42	7,38
4	5,3	14B	19A	0,23M	4M	0,6B	15M	3,7M	6,1A	149A	3,5B	0,19B	6,8A	6,6	2,61	20	4,83
5	5,4	15B	29A	0,30M	5M	0,9B	16M	5,7M	5,8A	153A	3,8B	0,22B	7,0A	5,5	3	19,67	6,2

No se observaron cambio de importancia porque:

- **La descomposición y mineralización de la biomasa es muy lenta (Julca et al, 2006).**
- **La liberación de nutrientes depende de factores climáticos y carga microbiana (Gallardo, 2014).**
- **La fertilidad es parte de un sistema dinámico, algunos nutrientes son continuamente exportados y otros pueden perderse por lixiviación o erosión (Sánchez, 1981)**
- **La M.O se descompone lentamente , los microorganismos inmovilizan y luego liberan nutrientes (Potash and Phosphate Institute, 1997)**

Análisis foliar general inicial

N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
			%					Ppm		
2,3 A	0,13 D	1,48 D	1,15 A	0,3 D	0,12 D	84 A	12A	278 E	353 E	35 A

Análisis foliar a los cuatro meses

Tratamientos

1	3,0 E	0,19 E	1,8 A	1,7 E	0,54 A	0,15 D	165 E	21 E	277 E	240 E	55 E
2	2,8 E	0,2 E	2,38 E	1,47 E	0,47 A	0,14 D	71 A	13 A	206 E	167 A	49 E
3	3,0 E	0,19 E	2,06 A	1,42 E	0,39 D	0,14 D	64 A	13 A	157 A	177 A	53 E
4	2,9 E	0,17 E	2,14 A	1,36 E	0,4 A	0,12 D	69 A	11A	259 E	191 A	44 E
5	3,0 E	0,15 E	1,97 A	1,44 E	0,38 D	0,13 D	73 A	13 A	174 A	188 A	44 E

Análisis foliar a los ocho meses

Tratamientos

1	2,3A	0,14D	1,77 ^a	1,72E	0,33D	0,07D	44A	10A	511 E	207 A	21 D
2	3,3E	0,14D	1,32D	2,32E	0,40A	0,06D	115E	8D	366 E	244 A	19 D
3	2,9E	0,14D	1,39D	1,87E	0,38D	0,11D	38A	9D	228 E	141 A	20 D
4	3,0E	0,17A	1,69D	1,59E	0,42A	0,10D	55A	10A	347 E	154 A	22 D
5	3,2E	0,17A	1,48D	1,77E	0,40A	0,14D	86A	9D	343 E	187 A	18 D

La concentración de los diferentes nutrientes en la hoja varía a lo largo del período de crecimiento del cultivo, porque existe movimiento de nutrientes móviles hacia los tejidos en desarrollo (Sánchez, 1981).

El análisis foliar es la mejor medida de disponibilidad de nutrientes, pero tiene una desventaja, cuando señala un problema nutritivo, es muy tarde.

Tabla 9. Análisis microbiológico del suelo

Código muestra	Organismos fúngicos (UFC* x g de suelo)				Bacterias UFC* x g de suelo	
M1	Penicillium sp (1,3 x 10 ⁴)	Aspergillus sp (1,2 x 10 ³)	Rhizopus sp (1,4 x 10 ²)	Fusarium sp (1,5 x 10 ⁴)	5,3 x 10 ⁴	
Cuatro meses						
			UFC* mL ⁻¹ x 10 ³			
Tratamientos	Penicillium sp	Aspergillus sp	Fusarium sp	Trichoderma sp	Bacterias	
1	0,3	1,7	0,05	6,7	18,5	
2	0,5	3,1		1,5	68	
3	0,15	6,55		1,5	75,7	
4	0,55	2,55		0,05	64,6	
5	0,5	1			5,2	
Ocho meses						
			UFC* g de suelo ⁻¹ x 10 ⁴			
Tratamientos	Penicillium sp	Aspergillus sp	Fusarium sp	Mucor sp.	Trichoderma sp	Bacterias
1	0	6,85	3,15	0	3,15	89,7
2	0	1,4	0,85	0,5	4,3	96,5
3	0	1,2	0,15	1	2,25	77
4	0	170	0	1	0	352
5	1	9,5	1,3	0	0,6	98,5

La biomasa de leguminosas o de malezas, tienen condiciones apropiadas para el incremento de poblaciones fungosas, debido a la descomposición por los microorganismos e invertebrados y sus complejas interacciones (Altieri, 1994).

La humedad ofrece condiciones favorables para el desarrollo de organismos que actúan como agentes de control natural (Pérez, 2004).

Tabla 1. 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 11. Costos de producción/ha, ingresos y beneficio del establecimiento de leguminosas en asociación con cacao.

Insumos	Maní	Vigna	Siratro	Cont mec.	Cont quím.
Semillas leg	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
Mano de obra					
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

SOCIALIZACIÓN:

22 de mayo de 2013



30 de junio de 2013



CONCLUSIONES :

- **La cobertura propiciada por las leguminosas, permitió mejor control de malezas, comparado con los controles mecánico y químico.**
- **Las malezas generaron importante cantidad de biomasa, con excepción del tratamiento control químico.**
- **La humedad del suelo fue favorecida por la presencia de coberturas y precipitaciones.**
- **No se observaron cambios significativos en contenido de nutrientes del suelo y de tejidos.**

- **En los tratamientos con coberturas, se observó la presencia de hongos benéficos.**
- **La cobertura con siratro, mostró tendencia lineal en el cubrimiento, incidiendo en el vigor de las plantas de cacao.**
- **Correlación negativa se observó entre la humedad del suelo y el vigor de las plantas de cacao.**
- **El sistema de producción cacao - leguminosas tiene importante connotación en la sustentabilidad económica, social y ambiental.**

RECOMENDACIONES:

Considerando las conclusiones, se recomienda:

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

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



GRACIAS POR SU ATENCIÓN