

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

**Maestría en Agroecología
Mención Gestión Ambiental**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO EN
RELACIÓN AL CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia
volubilis* L.) EN TINGO MARÍA**

TESIS

Para optar el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

PERCY PÉREZ MEZA

TINGO MARÍA – PERÚ

2011



F01

P45

Pérez Meza, Percy

Evaluación de la Calidad del Suelo en Relación al Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Tingo María. Tingo María, 2011

160 h.; 70 cuadros; 35 fgros.; 38 ref.; 30 cm.

Tesis (Maestro en Ciencias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Escuela de Posgrado.

1. PLUKENETIA VOLUBILIS L. 2. ANÁLISIS - SUELO 3. DENSIDAD - SIEMBRA
4. PRODUCCION 5. ANALISIS ECONOMICO 6. CULTIVO - SACHA INCHI 7. PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

ESCUELA DE POSGRADO

DIRECCION

Av. Universitaria Km. 1.5 - S/N - Telefax (062) 561070 Email: epgunas@hotmail.com



"Año del Centenario de Machu Picchu para el mundo" "UNAS, Primer Lugar en la Amazonía Peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria siendo las 10.15 a.m. del día viernes 14 del mes de Julio de 2011, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis Titulada:

"EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SUELO EN RELACION AL CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EN TINGO MARIA."

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología con Mención en Gestión Ambiental, Ingeniero: **PERCY PEREZ MEZA.**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**.

Acto seguido, a horas 11.40 a.m. el Presidente dio por levantado el acto, procediéndose a la suscripción de la presente Acta por parte de los miembros integrantes del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


.....
M.Sc. JOSE W. ZAVALA SOLORZANO
Presidente del Jurado


.....
M.Sc. CARLOS E. HUATUCO BARZOLA
Asesor


.....
M.Sc. JOSE D. LEVANO CRISOSTOMO
Miembro del Jurado


.....
M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA
Miembro del Jurado

DEDICATORIA

A mis queridos padres:

EDVER y ELVA

Con eterno amor, gratitud
y mucho respeto.

Para mi esposa e hija:

SALLI y TAMARA

Con mucho cariño y amor.

A mis queridas hermanas:

PAQUITA, PERLA y VANESSA

Por que son parte de mi alma y mi vida.

Por que son los seres que alegran cada uno de mis días, que
contribuyeron para llegar a superarme.

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. M. Sc. Carlos Huatuco Barzola; asesor del presente trabajo, por sus acertadas orientaciones y sugerencias.
- Al Ing. M. Sc. David Guarda Sotelo; coasesor del presente trabajo, por su desinteresada colaboración.
- A los Miembros Integrantes del Jurado; Ing. M. Sc. José Wilfredo Zavala Solórzano (Presidente), Ing. M. Sc. José Lévano Crisóstomo e Ing. M. Sc. Jorge Adriazola del Águila, (Jurados), por sus acertados aportes en la revisión académica científica del contenido del comportamiento de la calidad de los suelos.
- Al Ing. Ronel Hidalgo Huertas, propietario del terreno donde se instaló el experimento.
- Al Sr. Lincoln Moreno Grández, por su apoyo incondicional en el mantenimiento del campo experimental.
- Al Sr. Concepción Ariza Espinoza, personal técnico del Laboratorio de Suelos, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por el aporte en los análisis de suelos y evolución de CO₂.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	46
3.1. Ubicación.....	46
3.2. Historial del campo experimental.....	47
3.3. Componentes en estudio.....	47
3.4. Factor densidad de siembra (D).....	47
3.5. Tratamientos en estudio	48
3.6. Diseño experimental.....	48
3.7. Características del campo experimental.....	49
3.8. Observaciones registradas y metodología.....	53
3.9. Ejecución del experimento.....	57
IV. RESULTADOS.....	61
4.1. Observaciones biométricas registradas.....	61
4.2. Análisis económico y rentabilidad del rendimiento de sachá inchi	85
4.3. Identificación de plagas y enfermedades en sachá inchi	86
4.4. Determinación de la calidad del suelo.....	88
V. DISCUSIÓN	123
5.1. De los parámetros biométricos del cultivo de sachá inchi (<i>P. volubilis</i> L.).....	123
5.2. Análisis económico y rentabilidad del rendimiento de sachá inchi.....	132

5.3. Identificación de plagas y enfermedades en sachá inchi	134
5.4. De la determinación de la calidad del suelo.....	135
VI. CONCLUSIONES.....	149
VII. RECOMENDACIONES	151
VIII. RESUMEN	152
IX. BIBLIOGRAFÍA	154
X. ANEXO	160

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Consumo per cápita promedio de aceites (kg año ⁻¹) entre 1988-1998 .	34
2. Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo	45
3. Tratamientos en estudio.....	48
4. Análisis de variancia	48
5. Resumen de análisis de variancia de la altura de planta en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	61
6. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para la altura de planta en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	62
7. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de altura de planta en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	64
8. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la altura de planta de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	65
9. Resumen de análisis de variancia del diámetro de tallo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	66
10. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el diámetro de tallo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	67

11. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de diámetro de tallo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	69
12. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el diámetro de tallo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	70
13. Resumen de análisis de variancia del distanciamiento de entrenudos en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	71
14. Resumen de análisis de variancia efectos simples para el distanciamiento de entrenudos en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	72
15. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples en el distanciamiento de entrenudos en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	74
16. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el distanciamiento de entrenudos de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	75
17. Resumen de análisis de variancia del índice de área foliar en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	76
18. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el índice de área foliar en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	77
19. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del índice de área foliar en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	79

20.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el índice de área foliar en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	80
21.	Resumen de análisis de variancia del rendimiento en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	81
22.	Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el rendimiento en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	82
23.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del rendimiento en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	83
24.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) para el rendimiento en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	84
25.	Análisis económico y rentabilidad, a nivel experimental del rendimiento de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.) en los tratamientos	85
26.	Identificación de plagas y enfermedades en sachá inchi.....	87
27.	Resumen de análisis de variancia de la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	88
28.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	89
29.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	90

30.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	91
31.	Resumen de análisis de variancia en la densidad aparente del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	91
32.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para la densidad aparente del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	92
33.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la densidad aparente del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	93
34.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la densidad aparente del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	93
35.	Resumen de análisis de variancia de la compactación del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	94
36.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para la compactación del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	95
37.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la compactación del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	96
38.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la compactación del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	96

39.	Resumen de análisis de variancia del pH del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	97
40.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para el pH del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	98
41.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del pH del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	99
42.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el pH del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	99
43.	Resumen de análisis de variancia del nitrógeno del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	100
44.	Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el nitrógeno del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	101
45.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del nitrógeno del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	102
46.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el nitrógeno del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	102
47.	Resumen de análisis de variancia del fósforo del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	103
48.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para el fósforo del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	104

49.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del fósforo del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	105
50.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el fósforo del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	105
51.	Resumen de análisis de variancia del potasio del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	106
52.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para el potasio del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	107
53.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del potasio del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	108
54.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el potasio del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	108
55.	Resumen de análisis de variancia del porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	109
56.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para el porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	110
57.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	111

58.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	111
59.	Resumen de análisis de variancia del porcentaje de materia orgánica del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	112
60.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para la materia orgánica del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	113
61.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la materia orgánica del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	114
62.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la materia orgánica del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	114
63.	Resumen de análisis de variancia del porcentaje de nitrógeno total del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	115
64.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para el nitrógeno total del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	116
65.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del nitrógeno total del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	117
66.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el nitrógeno total del suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	117

67.	Resumen de análisis de variancia en la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	118
68.	Resumen de análisis variancia de efectos simples para la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	119
69.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples en la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	121
70.	Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Croquis del campo experimental.....	51
2. Detalle de parcela T ₁ y T ₅	52
3. Detalle de parcela T ₂ y T ₆	52
4. Detalle de parcela T ₃ y T ₇	53
5. Detalle de parcela T ₄ y T ₈	53
6. Índice de rentabilidad respecto a la densidad de siembra	86
7. Fluctuaciones de la respiración microbiana en el suelo con y sin incorporación de materia orgánica	122
8. Terreno antes de la instalación del experimento	167
9. Rozo del área para la instalación del experimento	167
10. Medición de la compactación del terreno experimental.....	168
11. Muestreo de suelo para su análisis	168
12. Obtención de muestra de suelo para la densidad aparente	169
13. Método de la triangulación en el alineado, estaqueado, poseo y siembra de <i>Erytrina</i> sp., y semillas de saca inchi	169
14. Alineado de los tratamientos por bloque	170
15. Estaqueado de los tratamientos por bloque	170
16. Poceado para la siembra de <i>Erytrina</i> sp	171
17. Hoyo para la siembra de <i>Erytrina</i> sp	171
18. Establecimiento de los tutores vivos (<i>Erytrina</i> sp.)	172

19. Germinación de las semillas de sachá inchi por tratamiento en cada uno de los bloques.....	172
20. Plantación de sachá inchi con sus respectivos tutores vivos.....	173
21. Floración de las planta de sachá inchi	173
22. Fructificación en la planta de sachá inchi.....	174
23. Maduración de frutos en la planta	174
24. Roya (<i>Cronartium</i> spp.), ramas	175
25. Roya (<i>Cronartium</i> spp.), en el estigma del fruto	175
26. <i>Colletotrichum gloesporoides</i> en frutos	176
27. Roya (<i>Cronartium</i> spp.), ramas	176
28. <i>Colletotrichum gloesporoides</i> en frutos	177
29. Fumagina (<i>Fumago</i> sp.)a nivel de hojas	177
30. Algunas plagas en el cultivo a nivel de hojas	178
31. <i>Atta</i> sp., causando daño en hojas de sachá inchi.....	178
32. Prueba de respiración microbiana en laboratorio	179
33. Obtención de muestra para evaluación.....	179
34. Titulación y viraje de muestras.....	180
35. Cosecha de frutos maduros	180

I. INTRODUCCIÓN

El trópico peruano, alberga una diversidad de recursos faunísticos y botánicos que constituyen una riqueza biológica, lo que hace de nuestro país uno de los mega diversos del mundo. Los recursos florísticos han contribuido en mantener la calidad del suelo, promoviendo el reciclaje de residuos en general, con apoyo de organismos microbiano en forma sostenible en nuestros bosques tropicales, manteniendo la fertilidad de los suelos mientras estos se encontraban cubiertos por una gran biomasa vegetal. Asimismo, constituyen recursos con propiedades medicinales, alimenticias, cosméticas y ambientales, que han permitido la existencia de especies animales e inclusive del hombre, de manera especial de las comunidades indígenas, a través de miles de años.

Actualmente, el hombre está introduciendo técnicas foráneas y entrando a la globalización, para explotar recursos nativos de nuestra selva peruana, destruyendo el hábitat de la biodiversidad, deteriorando la calidad y fertilidad del suelo e incrementando la pérdida del pool genético de muchas especies vegetales y animales.

Dentro de la flora amazónica destaca el sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo), planta nativa peruana, reconocida mundialmente por sus grandes contenidos de aceite Omega 3, 6 y 9 (CAMPOS, 2006; AGURTA, 2006), el mismo que controla y reduce el colesterol, interviene en la formación de tejido nervioso, ocular y membranas celulares, transporta nutrientes en la sangre, mantiene en equilibrio metabólico, regula la presión y funciones renales (HIGUCHI, 2006). El sachá inchi puede ser consumido en dietas de niños, jóvenes y adultos; en especial en la dieta del adulto mayor. Además, constituye una alternativa para mitigar los efectos negativos de la deforestación y favorecer la conservación del suelo y el ambiente (DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA SAN MARTÍN, 2006).

En los últimos años existe gran demanda internacional, nacional y local por aceites provenientes del sachá inchi, de manera especial de aceites con Omega 3, por lo que se hace necesario expandir el cultivo y divulgar su importancia, a fin de atender de manera especial el mercado japonés y europeo que demandan 200,000 t de aceite/año. Es decir, se debe impulsar la producción ecológica de sachá inchi, que constituye una buena perspectiva ambiental, comercial y económica para nuestros agricultores, empresarios y técnicos vinculados con el agro amazónico (CAMPOS, 2006; HIGUCHI, 2006).

Por otro lado, en la zona de Tingo María y en otras partes de nuestro país no se han realizado trabajos con ecotipos y densidades de siembra en sachá inchi, para determinar el comportamiento de la calidad del suelo, en el rendimiento sostenible de este cultivo, con la influencia de la calidad química y física así como biológica del suelo, por lo que amerita iniciar este tipo de trabajos y buscar cuál de los ecotipos y densidades es la más adecuada para la producción ecológica y sostenible de esta oleaginosa. Siendo necesario efectuar trabajos que nos ayuden a comprobar la calidad del suelo desde el punto de vista Químico físico y biológico, que influyen en la producción agrícola sostenible.

En base a las consideraciones citadas anteriormente, se planteó el presente trabajo de investigación, cuyos objetivos son los siguientes:

- a. Evaluar el efecto del cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el comportamiento de la calidad del suelo.
- b. Evaluar el efecto de dos ecotipos con cuatro densidades de siembra sobre las variables biométricas y la producción de sachá inchi.
- c. Determinar la influencia de las densidades de siembra de sachá inchi en el manejo y conservación de la calidad del suelo.
- d. Determinar el análisis económico, la rentabilidad de los tratamientos en estudio, y la relación B/C.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo)

El MINAG (2006) hace referencia que el sachá inchi pertenece al orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, subfamilia Plukenetieae, género *Plukenetia*, tribu Plukenetieae, subtribu Plukenetiinae, especie *Plukenetia volubilis*, nombre científico de *Plukenetia volubilis* Linneo; sin embargo se le ha denotado con diferentes nombres comunes, como sachá inchi, maní del monte, maní del inca, sachá maní, etc.

2.2. Morfología general

El sachá inchi, planta trepadora, voluble, semileñosa, altura indeterminada, con hojas alternas, oval elípticas, aseruladas y pinnitinerias, de 9 a 16 cm de largo y 6 a 10 cm ancho, ápice puntiagudo y base plana o semi arriñonada, flores con alto porcentaje de polinización cruzada (especie alógama), observándose 2 tipos de flores: a). Masculinas: Pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos. b). Femeninas: en la base del racimo y ubicadas lateralmente una a dos flores. El fruto es tipo cápsula de 3,5 a 4,5 cm de diámetro, con 4 lóbulos aristados (tetralobados) y 4 semillas. Algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos. La semilla es ovalada, color marrón oscuro, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia el borde. Según ecotipo, el diámetro fluctúa entre 1,3 y 2,1 cm (MINAG, 2006).

2.3. Ecología

Plukenetia volubilis Linneo, crece bien a diversas temperaturas (mín. 10°C y máx. 36°C). Temperaturas muy altas ocasionan caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados. Crece desde los 100 msnm en la selva baja y 2000 msnm en la selva alta. A bajas intensidades de luz necesita mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; a sombra muy intensa la floración disminuye, por tanto la producción es menor. Necesita disponibilidad permanente de agua, para un crecimiento sostenido; siendo mejor si las lluvias permanecen durante el año entre 850 a 1000 mm períodos prolongados de sequía o baja temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños por enfermedades. Crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio. Necesita terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo (MINAG, 2006).

2.4. Fenología o período vegetativo

A. En almácigo

El MINAG (2006) hace referencia que la germinación inicia entre 11 a 14 días después del almácigo, emergencia de las hojas verdaderas entre 16 y 20 días (1^{er} par de hojas), 28 y 42 días (2^{do} par de hojas) y entre 45 y 59 días (3^{er} par de hojas), todos después del almácigo.

B. Después del trasplante

Después del trasplante entre 20 a 41 días, se observa la emisión de las guías. La floración entre 86 y 139, fructificación entre 119 y 182. La cosecha entre 202 a 249 después del transplante (MINAG, 2006).

2.5. Manejo agronómico

A. Sistema de producción

Investigaciones realizadas por el MINAG (2006), indican que puede cultivarse en sistemas agroforestales, monocultivos y asociados, en suelos arcillosos a francos arenosos y tolera suelos ácidos. El trasplante debe realizarse en época de lluvias (enero a marzo). El sachá inchi se propaga por semilla. En la desinfección de semillas usar Acefato (3 a 4 g kg⁻¹ de semilla) con Tiofanate metil y Tiram (3 a 5 g kg⁻¹ de semilla).

B. Siembra

1. Siembra directa

Se propaga por semillas (1.0 a 1.5 kg ha⁻¹), entre 2.5 a 3.00 m, entre hileras, 3.00 m, entre plantas, una planta/golpe a una profundidad de siembra de 2 a 3 cm., siendo la germinación entre 14 a 16 días, entre 48 y 50 días se da la emisión de la guía, entre 88 y 135 días la floración, entre 122 y 168 días la fructificación y entre 180 y 220 días la cosecha, todo a los días después de la siembra (MINAG, 2006).

2. Siembra indirecta

a. Vivero

El MINAG (2006) dice que se debe almacigar las semillas en arena lavada de río, colocándolas en hileras distanciadas a 10 cm a una profundidad de 2.0 cm. Por lo que el repique de plántulas se realiza en bolsas de polipropileno negro con sustrato de tierra negra de bosque, antes de la aparición del tercer par de hojas verdaderas.

b. Trasplante

Se realiza aproximadamente a 60 días del almacigado y antes de la aparición de las guías (MINAG, 2006).

3. Época de siembra

El MINAG (2006) recomienda que se siembre al inicio de las lluvias para una buena germinación. En siembras directas la plantación debe instalarse entre diciembre y marzo. La siembra en vivero debe realizarse entre los meses de noviembre a febrero.

4. Preparación de terreno

Por otro lado, tradicionalmente se realiza el rozo, tumba, picacheo y shunteo. Sin embargo, la mecanización debe realizarse con arado, rastra y surcado (MINAG, 2006).

5. Sistemas de tutoraje

a. Tutores vivos o muertos (ventajas):

Sin embargo, el MINAG (2006) recomienda que los tutores vivos o muertos se empleen en suelos planos y campos limpios, para reducir la mano de obra en podas, fácil y rápido acomodo de ramas en los alambres. Para tal fin, se requiere postes vivos o muertos de madera (3 a 3,50 m de longitud y 0,15 m de espesor) enterrados a 60 a 70 cm de profundidad, a distanciamiento de 3 x 3 m y se debe colocar 3 hileras de alambre galvanizado; alambre N° 10 a más o menos 1,60 m desde el suelo, 2^{da} y 3^{ra} hilera de alambre N° 6 ó 7 a 40 cm y 80 cm del primero, respectivamente. El trasplante se deberá realizarse después de haberse instalado el sistema de tutoraje.

6. Densidad de la plantación

En el sistema de tutoraje en espalderas se pueden emplear distanciamientos de 3 y 2.5 m entre hileras y 3 m, entre plantas (densidades de 1111 y 1333 plantas ha⁻¹ respectivamente) (MINAG, 2006).

7. Cultivos de cobertura

El MINAG (2006) dice que los cultivos de cobertura apropiados son aquellos de crecimiento rápido, práctica útil para la conservación del suelo, evitando su erosión, control de malezas, plagas y enfermedades y, aporte de nutrientes al cultivo. Los cultivos de cobertura que se pueden emplear son: *Indigofera* sp., *Arachis pintoi* y *Desmodium* sp.

8. Asociación con otros cultivos

El sachá inchi se encuentra asociado con cultivos anuales, bianuales y/o permanentes en su hábitat natural. En campos de agricultores de la región selva se le encuentra asociado con algodón, plátano, frijol, maíz, yuca, frutales, especies forestales, etc. En sistema de tutoraje, entre las hileras se puede asociar con cultivos de ciclo corto como maní, frijoles, algodón "Upland" y otros cultivos de porte pequeño (MINAG, 2006).

9. Fertilización

Estudios realizados por el MINAG (2006), recomiendan en vivero 2 a 3 aplicaciones de Grow More 32-10-10 (3 kg ha^{-1}). Campo definitivo, abono foliar nitrogenado (1.0 a 1.5 L ha^{-1}), Grow More 10-55-10 (2 a 4 kg ha^{-1}) o Quimifol PK 970 Plus (1.0 a 2.0 kg ha^{-1}) al inicio de floración e inicio de formación de fruto. Aplicaciones al suelo de NPK ($30 \text{ g urea más } 45 \text{ g superfosfato triple más } 30 \text{ g KCl}$) y humus de lombriz de tierra ($15 \text{ t ha}^{-1}\text{año}$).

10. Control de malezas

Importante en los primeros estadios de desarrollo del cultivo. Depende del tipo de maleza, desarrollo y población; puede ser manual o químico; para este último aplicar el herbicida sistémico Glifosato a dosis de 4 a 5 L ha^{-1} o herbicida de contacto del tipo glufosinato de amonio a dosis de 4 a 5 L ha^{-1} (MINAG, 2006).

11. Riego

El MINAG 2006) recomienda que en épocas de verano se riegue cada 15 a 20 días.

12. Poda

Para dar un buen manejo al cultivo, formar la planta, incrementar la producción y facilitar la cosecha. La poda mejora la distribución de luz, aireación y permite la distribución de frutos en lugares accesibles para la cosecha. La poda de formación se realiza para eliminar ramas o guías a la altura del 1^{er} alambre a 40 cm del suelo (“en espalderas”) a fin de formar la “horqueta”. Mientras que la poda de producción se realiza después de una a dos cosechas, para mantener o incrementar la producción (MINAG, 2006).

13. Control fitosanitario

El control de “gusanos cortadores” y hormigas (*Acromyrmex* sp.) es aplicando Carbaryl (2 kg ha^{-1}). Para “arañita roja”, aplicar aceite agrícola $180 \text{ ml } 15 \text{ L}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. Para enfermedades, previniendo con la desinfección de semilla y para controlar *Fusarium* sp., aplicar Rhizolex – T (2 kg ha^{-1}), contra nematodos (*Meloidogyne* sp.) aplicar Carbofuran (10 g pl^{-1}) u Oncol 5G (50 g pl^{-1}) (MINAG, 2006).

14. Cosecha

Ensayos realizados por el MINAG (2006), determinaron que la cosecha se realiza a 6.5 u 8.0 meses después del trasplante, cuando los frutos están secos, recogándose las cápsulas manualmente cada 15 a 30 días.

15. Rendimiento

Los ecotipos tienen un rendimiento de 0,7 a 2,0 t ha⁻¹ (MINAG, 2006).

16. Poscosecha

El secado se realiza de manera natural y la trilla consiste en el descascarado de los frutos. Alrededor del 52 a 55% es semilla seca y el 48 a 45% es cáscara. El almacenamiento, se realiza en sacos de yute (50 a 70 kg) y en ambientes secos (MINAG, 2006).

2.6. Origen y distribución geográfica

El género *Plukenetia* ha sido reportado en Malasia, Nueva Guinea, Borneo, México, etc., en América Tropical varía de 7 a 12 países. El sachá inchi, ha sido registrado en la Amazonía Peruana, Bolivia e Indias Occidentales. En nuestro país reportado en Madre de Dios, Huánuco, Oxapampa, San Martín, Rodríguez de Mendoza, Cuenca del Ucayali (Pucallpa, Contamana y Requena), Putumayo, Iquitos y Caballococha, tal como lo manifiesta Soukup (1970) citado por INIA (2006). En San Martín se le encuentra a lo largo de la cuenca del Huallaga hasta Yurimaguas, en el Alto Mayo, Bajo Mayo, subcuenca del Cumbaza y en áreas del sector Lamas - Shanusi (INIA, 2006).

2.7. Situación y avances del cultivo de sachá inchi en el Perú

Desde 1988 el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA) - Estación Experimental Agraria "El Porvenir" - Tarapoto; la Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, investigan al sachá inchi, realizando colecciones, caracterización, evaluación y conservación de germoplasma. Evaluando 47 accesiones de sachá inchi, del que han seleccionado ecotipos promisorios, principalmente por su rendimiento en grano seco (MINAG, 2006).

En el Perú se le encuentra en estado silvestre en los departamentos de San Martín, Ucayali, Huánuco, Cuzco, Amazonas, Loreto y Madre de Dios. En San Martín se encuentra en la cuenca del Huallaga, Lamas, Valle de Sisa, Alto Mayo y Bajo Mayo. Esta asociado a bordes de bosques secundarios, cañaverales, sobre cercos vivos, como malezas en platanales y cultivos perennes. Cultivado también en la costa peruana en época prehispánica, encontrándose semillas y representaciones en cerámicas. Los pobladores rurales de San Martín utilizan el sachá inchi en su alimentación, cocida o tostada en la preparación de platos como inchicapi, ají de sachá inchi, cutacho, mantequilla de sachá inchi, inchi cucho, tamal de sachá inchi, turrón de sachá inchi, etc.; asimismo las hojas son comestibles (MINAG, 2006).

En la actualidad las zonas de producción son los departamentos de San Martín, Huánuco, Junín y Cusco, con cuatro mil hectáreas, por lo que diversas entidades han planteado expandir su cultivo y divulgarlo. Convirtiéndose en

gran potencial para el sector agrario e industrial nacional. Actualmente el mundo todavía no conoce de sus virtudes. Sin embargo, somera proyección tendría mirar y atender los mercados de Japón y Europa que demandan 200,000 t aceite año⁻¹. Se sabe que la empresa Agroindustrias Amazónicas tiene 2,000 hectáreas de producción de sacha inchi en los departamentos de Amazonas, Cuzco, Huánuco, Junín, Pasco, San Martín y Ucayali desde el 2001. Para atender con una tonelada de aceite de sacha inchi, se necesita una hectárea cultivada. Cultivo que puede producir en forma permanente durante 20 años (HIGUCHI, 2006).

2.8. Marco general del sacha inchi

El sacha inchi, es una planta que se adapta a suelos arcillosos y ácidos, se desarrolla mejor en climas cálidos. Presenta características muy favorables para la reforestación. La siembra con tutores vivos en las laderas de los cerros, protegería a suelos de la erosión. En el primer año los rendimientos promedios son de 0,7 a 2,0 t ha⁻¹. Se desarrolla en asociación y con cultivos de cobertura, alcanzando edades hasta de 10 años, dependiendo de las variedades. En cuanto a contenido y calidad de grasas (54%) y proteína (29%), el sacha inchi constituye un cultivo nativo con posibilidades de industrialización y rendimiento económico para reemplazar en alguna medida al cultivo de coca, pero es indispensable implementar las investigaciones en mejoramiento genético, principalmente en aspectos de biología floral, resistencia a plagas y enfermedades (*Meloidogyne* sp., y *Fusarium* sp.), resistencia a la humedad y al stress hídrico; a su vez se deben implementar también las investigaciones en agroindustria (MINAG, 2006).

El *sacha inchi* contiene principalmente: proteínas, aminoácidos, ácidos grasos esenciales (Omegas 3, 6, y 9) y vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles) en contenidos más elevados, respecto a semillas de otras oleaginosas (maní, palma, soya, maíz, colza y girasol). Investigaciones recientes con aceite omega y vitamina E, indican la importancia nutricional y terapéutica de su consumo para el control de radicales libres y una serie de enfermedades que estos originan en el organismo humano (MINAG, 2006).

El INIEA mantiene la colección más importante de *sacha inchi*, con amplia variabilidad de ecotipos (47 entradas), identificándose materiales promisorios por sus altos contenidos de aceite. Sin embargo, tienen bajos rendimientos y son altamente susceptibles a *Meloidogyne* sp., “nematodo del nudo de la raíz”, principal problema fitosanitario por mortandad de plantas al 2^{do} año de producción. Asimismo, se reportan daños considerables por *Fusarium* sp., en estado de plántula y plantas adultas asociados a daños por *Meloidogyne* sp. (MINAG, 2006).

Plukenetia volubilis L., se presenta como una alternativa para contrarrestar la deforestación y favorecer la conservación del suelo y del ambiente en general. La siembra de éste con tutores vivos de “Amasisa” (*Erythrina* sp.) en suelos de ladera en San Martín, evita la erosión de los suelos. Asimismo, el uso de pastos (*Desmodium* sp.) y otros cultivos de coberturas y/o asociaciones (caupí), constituyen prácticas de conservación de suelos con pendientes o erosionados que el agricultor sanmartinense las viene poniendo en práctica, evitando a la vez, la proliferación de malezas. Debido a su

potencial como plantación agroindustrial alimentario, el sachá inchi se está constituyendo en una alternativa para la reforestación económica y autosostenida de la Selva Alta (DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA SAN MARTÍN, 2006).

Dada la importancia de este cultivo, es necesario investigar el manejo agronómico, mejoramiento genético, manejo integrado de plagas y enfermedades, beneficios al ambiente y agroindustria. A fin de seleccionar los materiales genéticos que presenten tolerancia a *Meloidogyne* sp. y *Fusarium* sp., con buenos rendimientos y altos contenidos de aceites, de manera que se puedan obtener variedades con las que se logre competir en la industria de aceites en el mercado nacional e internacional (MINAG, 2006).

La primera mención científica del sachá inchi fue en 1980, como consecuencia de los análisis de contenido graso y proteico de las semillas, realizados por la Universidad de Cornell (EEUU). De todas las fuentes naturales que conocemos de aceites, el aceite de sachá inchi es uno de los que tiene el mayor contenido de Omega 3, y más rico en ácidos grasos insaturados, llegando hasta un 93.6% en ácidos grasos esenciales. En promedio aporta: 48% de ácido graso esencial alfa linolénico Omega 3. Asimismo, 36.80% de ácido graso esencial linoleico Omega 6 y 8.28% de ácido oleico Omega 9 (AGURTA, 2006).

El sachá inchi puede ser consumido en dietas de niños, jóvenes y adultos; recuperación de enfermos, especialmente en la dieta del adulto mayor.

De todas las fuentes naturales de aceites, el de sachá inchi es uno de los que tiene mayor contenido de Omega (AGURTA, 2006). Por sus cualidades nutraceuticas, alimenticias, cosméticas y otras, constituye un importante recurso genético y un valioso aporte a la humanidad. Así se le ha reconocido recientemente en la feria organizada por la empresa Agro Business Consulting & Development - ABCD, entre los días 15, 16 y 17 de junio del año 2004 (Francia), donde se expuso las virtudes de esta planta y de su Aceite Extra Virgen Oleaginosa, obteniendo la Medalla de Oro por su inigualable composición en Omega 3, escaso en otros productos vegetales, por su fino sabor, aroma sutil, delicadeza de su textura al degustarlo, sensación de frescura y ligereza vegetal (HIGUCHI, 2006).

Por otro lado, HIGUCHI (2006) menciona que el Omega 3, controla y reduce el colesterol y es fundamental en la formación del tejido nervioso y ocular (más de la mitad del cerebro es Omega 3, que interviene en la formación de membranas celulares y en el transporte de nutrientes en el torrente sanguíneo) además ayuda a mantener en equilibrio nuestro metabolismo y contribuye a la regulación de la presión y de las funciones renales, principalmente.

El sachá inchi, además de extraerle aceite, puede consumirse en harinas, pepiáno, Ocopa, tamales, mazamorra, juanes e inchicapi. El Programa de Nutrición y la Agencia Adventista de Desarrollo y Recursos Asistenciales (ADRA), han preparado un recetario popular para consumo directo. El consumo

debe producirse en personas que no están en programas de reducción de peso, por las 562 calorías que contiene. Asimismo, ADRA está promoviendo intensamente el sachá inchi para la dieta de 37,000 familias de 9 departamentos con altos porcentajes de desnutrición. La demanda de los productos naturales en los países del primer mundo crece entre 15 y 20% anualmente, para el 2006 este negocio bordeará los 100 mil millones de dólares. El sector agrario peruano exporta solamente 700 millones de dólares comparado con el chileno, que sobrepasa los 10 mil millones de dólares. Motivo de invertir en productos orgánicos, en tecnología e investigación (HIGUCHI, 2006).

En 1988, el Programa Nacional e Investigación de Recursos Genéticos ejecuta el Sub proyecto Colección, Caracterización y Conservación de Germoplasma de Oleaginosas Nativas con resultados expectantes. En 1994, resultados de la investigación titulado "Avances en la caracterización del aceite y proteínas del cultivo sachá inchi", como alternativa para la alimentación humana y animal". Este estudio se realizó en Yurimaguas, con sorprendentes resultados. Ya en 1995, la investigación titulada "Ensayos para la extracción y caracterización de aceite de sachá inchi, en el departamento de San Martín"; tipificando al producto como la salvación de la pobreza, e indica sus beneficios alimenticios. En el 2001, el Convenio INIA – Agroindustrias Amazónicas, analizaron muestras de semillas del banco de germoplasma de "El Porvenir" en laboratorios del Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, encontrando valores entre 44.24% y 54.21% de contenido de aceite. En el 2002 el Proyecto Omega,

hace referencia que el aceite de sachá inchi tiene mayor contenido de Omega 3 en comparación con otras oleaginosas utilizadas en el consumo humano. En el 2003, el proyecto de “El Porvenir”, presentó el estudio de factibilidad “identificación de material promisorio, recuperación y recolección de germoplasma *Plukenetia Volubilis* L.”, el mismo que ocupó el sexto lugar en el Concurso Público N° 003 – 2003 – PIEA – INCAGRO – Subproyectos de Investigación Estratégica. Actualmente la Universidad del Pacífico, ha establecido dentro de su Proyecto de Agroindustria la elaboración de aceite de sachá inchi con un alto contenido de ácidos grasos Omega 3, para ser exportado a la industria farmacéutica de Japón (HIGUCHI, 2006).

HIGUCHI (2006) también hace referencia que por estas y otros estudios realizados desde 1980, en Perú, Estados Unidos, Canadá, Bélgica y recientemente en Alemania, sabemos que este aceite es el mejor de los aceites vegetales entre los de mayor utilización en el consumo humano, su composición de ácidos grasos demuestra su alta calidad. El perfil de algunos aminoácidos en la torta de sachá inchi es mejor que el de otras semillas aceiteras. Comparando las proteínas totales del sachá inchi con los patrones recomendados por FAO/WHO/ONU para la alimentación de niños en edad preescolar de 2 a 5 años y recomendado para todas las edades a excepción de infantes ratifican su importancia; la proteína del sachá inchi es completamente digerida, deficiente solamente en leucina y lisina. Falta una política a favor del desarrollo del cultivo de sachá inchi, para lograr el crecimiento de comunidades campesinas, sustituyéndose las importaciones de aceite en el orden de 200

millones de soles. Se estima que en el país existía una superficie de un millón de hectáreas para el cultivo de sachá inchi, así como para fomentar la agroindustria para aceites, lo cual era considerado una alternativa viable en la sustitución del sembrío de hoja de coca (HIGUCHI, 2006).

HIGUCHI (2006) también hace referencia que en el Perú el consumo de aceites per cápita es bastante bajo, entre 2.5 a 3.5 kg/persona año⁻¹. Al mismo tiempo hay déficit en grasas y aceites, siendo necesario importar para cubrir esa demanda en un 58% de materia prima o aceites crudos de soya (83%), girasol (1%), palma (3%) y otros (3%), que no tienen Omega 3, y en consecuencia va a ser adquirido por muchos laboratorios a nivel mundial. Por esta razón es un producto que debe ser parte de la preocupación del Tratado de Libre Comercio (TLC). El consumo insuficiente de aceite en el Perú, se agrega el bajo nivel de la producción de aceites, dependiendo en más del 50% de la importación para satisfacer la demanda real del mercado. La población y el consumo per cápita de aceites, se ha determinado dividiendo la demanda nacional de aceites entre la población para los años 1988 a 1998, tal como se muestra en el cuadro 1 (ANAYA, 2003).

Cuadro 1. Consumo per cápita promedio de aceites (kg año⁻¹) entre 1988 – 1998.

Año	Demanda nacional (t)	Población (habitantes)	Per-cápita (kg HBT ⁻¹ .)
1988	154,738.80	20' 684,244	7,481
1989	89,285.20	21' 112,598	4,229
1990	133,979.70	21' 550,322	5,289
1991	118,856.60	21' 998,261	5,403
1992	121,295.80	22' 453,867	5,402
1993	119,620.90	22' 915,872	5,220
1994	179,815.40	23' 383,011	7,690
1995	158,271.40	23' 854,017	6,635
1996	147,517.10	24' 330,702	6,063
1997	166,526.20	24' 813,913	6,711
1998	164,227.90	25' 300,927	6,491

Fuente: INEI, citado por ANAYA (2003)

2.9. Indicadores importantes en la determinación de la calidad del suelo

Conociendo el suelo, su morfología, sus componentes, de las cuales algunas afectan la masa del suelo y reflejan su comportamiento físico; otras nos muestran fenómenos relacionados con la superficie de las partículas sólidas y de la interfase sólido/líquido; finalmente aquellos comportamientos que depende de su composición química (GARCIA, 2005).

Las características morfológicas del perfil indican las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, de ellas la clase textural es un indicador importante que influye en el rendimiento de los cultivos sostenibles, de igual manera el porcentaje de materia orgánica así como la población de macro y microorganismos activos en el suelo.

A. Propiedades físicas

Propiedades condicionadas por la masa total del mismo. Son una función de sus componentes tanto en el tamaño como a su naturaleza, por ello una de las más influyentes es la distribución por tamaños de las partículas edáficas. Estas partículas se unen para crear la estructuración cuya forma, tamaño y consistencia modifica el comportamiento de las partículas aisladas. Todo ello crea un entramado sólido que deja un gran espacio poroso que puede ser ocupado por aire o agua, lo que permite el suministro de estos indispensables elementos a las plantas. Solo hay una característica independiente que es la distribución por tamaños de los componentes del suelo y su naturaleza, que son función del material original y de los restantes factores formadores del suelo (GARCIA, 2005).

1. Capacidad de retención de agua del suelo

El agua que llega al suelo y se infiltra en él, termina por llenar todos sus poros y desalojar a la totalidad del aire, siendo todo esto "capacidad máxima". Constituyendo un estado pasajero pues los poros gruesos, permiten rápida circulación descendente y favorecen que el agua se incorpore a las capas freáticas. A medida que se van vaciando los poros más gruesos la velocidad de circulación del agua disminuye, al principio la disminución de velocidad es muy importante y llega un momento en que casi se estabiliza hasta anularse completamente, pero en ese punto todavía queda agua en el suelo (PROPIEDADES DEL SUELO, 2007a).

2. Densidad aparente

Refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para incluir a la fase sólida y gaseosa en ella. Para establecerla debemos tomar un volumen suficiente para que la heterogeneidad del suelo quede suficientemente representada y su efecto atenuado. Es muy variable según el suelo, incluso en cada uno de los horizontes porque depende del volumen de los poros. Si el suelo es compacto, la densidad sube. Su valor nos permite establecer equivalencias entre las relaciones masa/masa, que son la forma habitual de medir los parámetros del suelo, y la masa/superficie que son las utilizadas en la aplicación de aditivos al mismo para corregir sus deficiencias (GARCIA, 2005).

La densidad aparente del suelo influye en la calidad física del suelo cuando se compacta un suelo es afectado en su peso o masa y su volumen por lo que la densidad varía, afectando a los diferentes cultivos en producción.

3. Estructura

Forma en que se asocian las partículas elementales del suelo para formar agregados. Es una consecuencia del estado de los coloides del suelo, cuando están floculados forman agregados más o menos estables. Por el contrario cuando están dispersos los componentes texturales quedan aislados (GARCIA, 2005). Por lo que un contaminante de plaguicidas, fertilizantes, metales pesados etc. Estaría afectando la calidad física del suelo.

4. Compactación

Corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas como los implementos de labranza del suelo, cargas producidas por neumáticos de tractores e implementos de arrastre, pisoteo de animales, elevado contenido arcilloso de los horizontes subsuperficiales y sobrepastoreo en los suelos utilizados para ello. En condiciones naturales se pueden encontrar suelos con horizontes de diferentes grados de compactación, por las condiciones que dominaron durante la formación y evolución del suelo. Sin embargo, el intensivo uso agrícola acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas. La compactación se caracteriza por un aumento de la densidad aparente, un empaquetamiento muy denso de las partículas del suelo y una disminución de la porosidad y especialmente de la de mayor tamaño (ABC AGRO, 2007).

B. Propiedades químicas

La importancia de la composición química, involucra el estudio de la génesis del suelo, pasando por la alteración mineral, formación de nuevas especies, destrucción de la materia orgánica fresca y formación de las sustancias húmicas. Solo nos queda considerar unos compuestos que perteneciendo a la fase sólida del suelo, pueden pasar fácilmente a la fase líquida por ser extraordinariamente solubles, es lo que consideramos las sales solubles del suelo (GARCIA, 2005). Por lo que corresponde fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, K, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl) para las

plantas, o por dotar al suelo de determinadas características (Carbono orgánico, Carbonato cálcico, Fe en diferentes estados) (PROPIEDADES DEL SUELO, 2007b).

1. pH

Mide la concentración en iones hidronio (H_3O^+). En los suelos los iones hidronio están en la solución, también existen en el complejo de cambio. Así hay dos tipos de acidez: una la activa o real (debida a los H_3O^+ en solución) y otra de cambio o de reserva (para los H_3O^+ adsorbidos). Ambas están en equilibrio dinámico. Si se eliminan H_3O^+ de la solución se liberan otros tantos H_3O^+ adsorbidos. Como consecuencia el suelo muestra una fuerte resistencia a cualquier modificación de su pH. Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente: naturaleza del material original, factor biótico, precipitaciones, complejo adsorbente (saturado en cationes ácidos o básicos) (PROPIEDADES DEL SUELO, 2007a).

2. Conductividad eléctrica

Permite establecer una estimación aproximadamente cuantitativa de la cantidad de sales que contiene. La relación suelo-agua tiene influencia sobre la cantidad y composición de las sales extraídas, siendo necesario especificar la relación (CALDERON y PAVLOVA, 1999). La salinidad es la consecuencia de la presencia en el suelo de sales más solubles que el yeso. Por sus propias características se encuentran tanto en la fase sólida como en la fase líquida, por lo que tienen una extraordinaria movilidad. La

salinización natural del suelo es un fenómeno asociado a condiciones climáticas de aridez y presencia de materiales originales ricos en sales, como ciertas margas y molasas. No obstante, existe una salinidad adquirida por el riego prolongado con aguas de elevado contenido salino, en suelos de baja permeabilidad y bajo climas secos subhúmedos o más secos (GARCIA, 2005).

3. N – P – K disponibles

Es una propiedad que se refiere a la cantidad de alimentos o nutrientes en el suelo. Es así que el nitrógeno da color verde oscuro a las plantas, favorece el desarrollo vegetativo y succulencia. Forma parte del protoplasma celular y constituye las proteínas, clorofila, nucleótidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas. Es absorbido en forma de iones de amonio y nitrato. Interactúa con el fósforo, potasio y calcio. El fósforo fomenta la formación de raíces, semillas y estimula la floración. Forma parte de la célula, nucleótidos, lecitinas y enzimas. El potasio da resistencia a las enfermedades, heladas y falta de agua. Participa en la fotosíntesis, producción de carbohidratos (azúcar, almidón), desarrollo de tubérculos y raíces, síntesis y activación de proteínas (PROPIEDADES DEL SUELO, 2007a).

4. Saturación de bases

Porcentaje de la capacidad de cambio catiónico total ocupada por cationes alcalinos como el calcio, magnesio, sodio y potasio. La saturación de bases está relacionada con el pH y la fertilidad del suelo, a mayor pH y mayor fertilidad de un suelo mayor es el grado de saturación de bases. A mayor grado de saturación de bases es mayor la facilidad con que los cationes son absorbidos por las plantas (RELACIÓN SUELO – PLANTA, 2007).

C. Propiedades biológicas

Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida de flora y fauna, tales como microorganismos, lombrices e insectos. Los mismos que contribuyen a definir su capacidad de uso y su erodabilidad (PROPIEDADES DEL SUELO, 2007b).

1. Materia orgánica

Son los residuos de plantas y animales descompuestos, que da al suelo algunos nutrientes, que las plantas necesitan para su crecimiento y producción, mejora las condiciones del suelo para un buen desarrollo de los cultivos. De la materia orgánica depende la buena constitución de los suelos un suelo de consistencia demasiada suelta (suelo arenoso) se puede mejorar haciendo aplicaciones de materia orgánica (compost), asimismo un suelo demasiado pesado (suelo arcilloso) se mejora haciéndolo mas suave y liviano mediante aplicación de materia orgánica (PROPIEDADES DEL SUELO, 2007b). La materia orgánica del suelo se considera como el indicador más significativo de la calidad del suelo y es fundamental para mantener la estructura del suelo, retener agua necesaria y reserva nutritiva. Ciertos usos del suelo pueden disminuir de forma drástica el contenido de materia orgánica del suelo. Las causas principales que desencadenan este proceso son: la agricultura intensiva y la quema de los residuos de las cosechas in situ (SANTIBÁÑEZ, 2007).

2. Respiración microbiana

Generalmente suelos con alto contenido de materia orgánica presenta gran actividad microbiana, puede ser evaluada mediante la

respiración microbiana, que es la absorción de oxígeno o liberación de CO_2 por bacterias, hongos, algas y protozoos. La respiración resulta de la degradación de la materia orgánica. La formación de CO_2 es el último paso de la mineralización del carbono. En suelos no perturbados (sin adición de nutrientes, etc.), habrá un balance ecológico entre los organismos y sus actividades. En este caso la respiración se denomina "respiración basal". En un suelo perturbado (con adición de materia orgánica) se puede observar un cambio en la respiración del suelo debido al crecimiento rápido y mayor mineralización de los microorganismos. Este incremento en la respiración se caracteriza por las siguientes fases: inicial, de aceleración, exponencial, retraso, estacionaria y decreciente. Por tanto, la evolución de CO_2 de un suelo es una medida de la actividad biológica total del suelo. La respiración del suelo puede ser determinada en terreno o bien en el laboratorio. Las mediciones en terreno presentan grandes fluctuaciones y no es posible diferenciar entre la respiración proveniente de los microorganismos y la proveniente de la cobertura vegetal y las raíces de las plantas. Las mediciones en laboratorio utilizan suelos homogeneizados bajo condiciones controladas de experimentación (SANTIBÁÑEZ, 2007).

3. Nitrógeno mineralizable (N total)

Las formas minerales del nitrógeno en suelo provienen generalmente de la descomposición de los residuos orgánicos de nitrógeno, materiales frescos orgánicos, abonos orgánicos, humus etc. Estas formas por lo general son nitrógeno amoniacal (NH_4^+) y nítrico (NO_3^-). Los procesos biológicos y minerales ocurren debido a la influencia de los macro y

microorganismos existentes en el suelo. La determinación de nitrógeno total en el suelo se realiza mediante el método Kjeldhal clásico o Kjeldhal modificado en algunas ocasiones (CALDERON y PAVLOVA, 1999).

2.10. Calidad del suelo y su conservación dentro del contexto ambiental

La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo. El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (ECOSISTEMAS, 2004). Por ello un suelo de calidad es aquel que presenta buenas propiedades físicas químicas y biológicas, así mismo presenta buen contenido de nutrientes, con buen % de materia orgánica, un suelo sin contaminar, y que es capaz de hacer producir sosteniblemente a los cultivos.

ECOSISTEMAS (2004) hace mención que el concepto de calidad del suelo ha estado asociado con el de sostenibilidad, de manera que ha sido percibida de muchas formas desde que este concepto se popularizó en la década anterior. Incluyendo atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental.

De manera que la calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad

ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos. En consecuencia, este concepto refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites del equilibrio del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa (ECOSISTEMAS, 2004).

Es así que ECOSISTEMAS (2004), hace referencia sobre las definiciones más recientes de calidad del suelo que fueron sintetizadas por el Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of America como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat. A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad e impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo. Sin embargo, los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él. Los mismos que deberían permitir: analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; analizar los posibles impactos antes de una intervención; monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible (ECOSISTEMAS, 2004).

Por otro lado, ECOSISTEMAS (2004) menciona que las condiciones que deben cumplir los indicadores de calidad del suelo, tanto para que las

propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones: a) describir los procesos del ecosistema; b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; c) reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; d) ser sensibles a variaciones de clima y manejo; e) ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo; f) ser reproducibles; g) ser fáciles de entender; h) ser sensibles a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica; i) y, cuando sea posible, ser componentes de una base de datos del suelo ya existente.

Finalmente, todo tipo de vida depende de la calidad del suelo para su supervivencia. Por ende, la protección de este recurso natural debe ser una política nacional e internacional. Para lograr lo anterior y, al mismo tiempo, un manejo adecuado del suelo, es necesario contar con indicadores que permitan evaluar su calidad. El desarrollo de tales indicadores debe hacerse con base en las funciones del suelo que se evalúan; considerando aquellas propiedades edáficas sensibles a los cambios de uso del suelo. En materia de calidad de suelo, se requiere ampliar la perspectiva original enfocada sólo a suelos agrícolas para incluir también suelos forestales de ecosistemas naturales y modificados con fines específicos como el urbano o el pecuario (ECOSISTEMAS, 2004).

Cuadro 2. Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo.

Propiedades	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación
Físicas		
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación
Químicas		
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica	comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm ⁻¹ ; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg.ha ⁻¹ ; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos
Biológicas		
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	kg de N o C ha ⁻¹ relativo al C y N total o CO ₂ producidos
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	kg de C ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N	kg de N.ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo al contenido de C y N total

Fuente: ECOSISTEMAS (2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El experimento se llevó a cabo en un fundo agrícola, ubicado en la localidad de Naranjillo. En este fundo existen un total de 7 ha, predominantemente cubierta por pasto y árboles frutales. El experimento se desarrolló durante los meses de octubre del 2007 a setiembre del 2008.

Departamento	:	Huánuco
Provincia	:	Leoncio Prado
Distrito	:	Padre Felipe Luyando
Ciudad	:	Tingo María
Altitud	:	636 msnm
Latitud	:	09° 14' 39" sur
Longitud	:	75° 59' 37.9" oeste

El fundo, estaba ubicado en el kilómetro 6.02 de la carretera Tingo María - Pucallpa, colindante con el río Huallaga, este lugar presenta un relieve plano a casi plano, con 0 – 2% de pendiente predominante. Con temperatura media anual de 25.6 °C, humedad relativa de 76.7% y precipitación promedio de 2300 mm al año. Ubicado en las coordenadas UTM siguiente; 390840 Este y 8978004 Norte. Fisiográficamente, se localiza en el llano amazónico. Según el mapa ecológico del Perú, pertenece a la zona de vida Tropical-Cálido Húmedo (bh-T) y al ecosistema Rupa Rupa o Selva Alta. La actividad económica de la localidad de Naranjillo está determinada por: la actividad comercial, transporte de pasajeros por vía terrestre y fluvial, trabajadores de servicios públicos, pobladores cuentan con su propio fundo para la agricultura y trabajadores independientes.

3.2. Historial del campo experimental

a. Fundo: Localidad de Naranjillo

Nombre del fundo	:	“Fundo Ganadero”
Propietario	:	Ing. Ronel Hidalgo Huertas
Área total del fundo	:	7 ha (pasto natural y corte con algunos árboles frutales)

En este fundo se han controlado malezas con aplicaciones de productos químicos y para mejorar la producción se ha realizado abonamiento orgánico (humus) en la siembra de pasto de corte. Este fundo alberga pasto natural y corte con algunos árboles frutales por más de 15 años a la fecha. El experimento se ha instalado en una superficie de 05 ha., utilizando como cultivo indicador al sachu inchi.

3.3. Componentes en estudio

A. Factor ecotipo (A)

a_1	=	S:7	(Pinto Recodo)
a_2	=	S:13	(Alto Mayo)

3.4. Factor densidad de siembra (D)

d_1	=	1667	pl ha ⁻¹ (3,0 m x 2,0 m)
d_2	=	1333	pl ha ⁻¹ (3,0 m x 2,5 m)
d_3	=	1111	pl ha ⁻¹ (3,0 m x 3,0 m)
d_4	=	952	pl ha ⁻¹ (3,0 m x 3,5 m)

3.5. Tratamientos en estudio

Cuadro 3. Tratamientos en estudio

Clave	Combinación	Descripción
T ₁	a ₁ d ₁	Ecotipo S:7, con densidad de 1667 pl ha ⁻¹
T ₂	a ₁ d ₂	Ecotipo S:7, con densidad de 1333 pl ha ⁻¹
T ₃	a ₁ d ₃	Ecotipo S:7, con densidad de 1111 pl ha ⁻¹
T ₄	a ₁ d ₄	Ecotipo S:7, con densidad de 952 pl ha ⁻¹
T ₅	a ₂ d ₁	Ecotipo S:13, con densidad de 1667 pl ha ⁻¹
T ₆	a ₂ d ₂	Ecotipo S:13, con densidad de 1333 pl ha ⁻¹
T ₇	a ₂ d ₃	Ecotipo S:13, con densidad de 1111 pl ha ⁻¹
T ₈	a ₂ d ₄	Ecotipo S:13, con densidad de 952 pl ha ⁻¹

3.6. Diseño experimental

En este experimento se ha trabajado con el diseño experimental de Diseño de Bloques Completamente al Azar, con Arreglo Factorial 2A x 4B, con 3 repeticiones. Las características evaluadas se han sometido a la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0,05.

Cuadro 4. Análisis de variancia

Fuente de variabilidad		G.L.
Bloques	2	
Tratamientos	7	
A (Ecotipos)		1
D (Densidades)		3
AxD		3
Error Experimental	14	
Total	23	

3.7. Características del campo experimental

3.7.1. Bloques

- Número de bloques : 3
- Largo de bloques : 88 m
- Ancho de bloques : 12 m
- Área de cada bloque : 1056 m²
- Área total de bloque : 3168 m²

3.7.2. Parcelas

- Número de parcelas totales : 24
- Número de parcelas por bloque : 8
- Largo de cada parcela
 - T₁ y T₅ = 8 m
 - T₂ y T₆ = 10 m
 - T₃ y T₇ = 12 m
 - T₄ y T₈ = 14 m
- Ancho de cada parcela : 12 m
- Área de cada parcela por bloque
 - T₁ y T₅ = 96 m²
 - T₂ y T₆ = 120 m²
 - T₃ y T₇ = 144 m²
 - T₄ y T₈ = 168 m²
- Área total de parcela
 - T₁ y T₅ = 288 m²
 - T₂ y T₆ = 360 m²

$$T_3 \text{ y } T_7 = 432 \text{ m}^2$$

$$T_4 \text{ y } T_8 = 504 \text{ m}^2$$

- Número de hileras por parcela : 4
- Ancho de hileras
 - $d_1 = 2,0 \text{ m}$
 - $d_2 = 2,5 \text{ m}$
 - $d_3 = 3,0 \text{ m}$
 - $d_4 = 3,5 \text{ m}$
- Distanciamiento entre golpes : 3,00 m
- Número de golpes por hilera : 4
- Número de plantas por golpe : 1
- Área neta a cosechada por parcela
 - $T_1 \text{ y } T_5 = 24 \text{ m}^2$
 - $T_2 \text{ y } T_6 = 30 \text{ m}^2$
 - $T_3 \text{ y } T_7 = 36 \text{ m}^2$
 - $T_4 \text{ y } T_8 = 42 \text{ m}^2$

3.7.3. Dimensiones del campo experimental

- Largo = 88 m
- Ancho = 38 m
- Distanciamiento entre bloque : 1 m
- Bordes : 1 m
- Área de total del experimento : 3344 m²

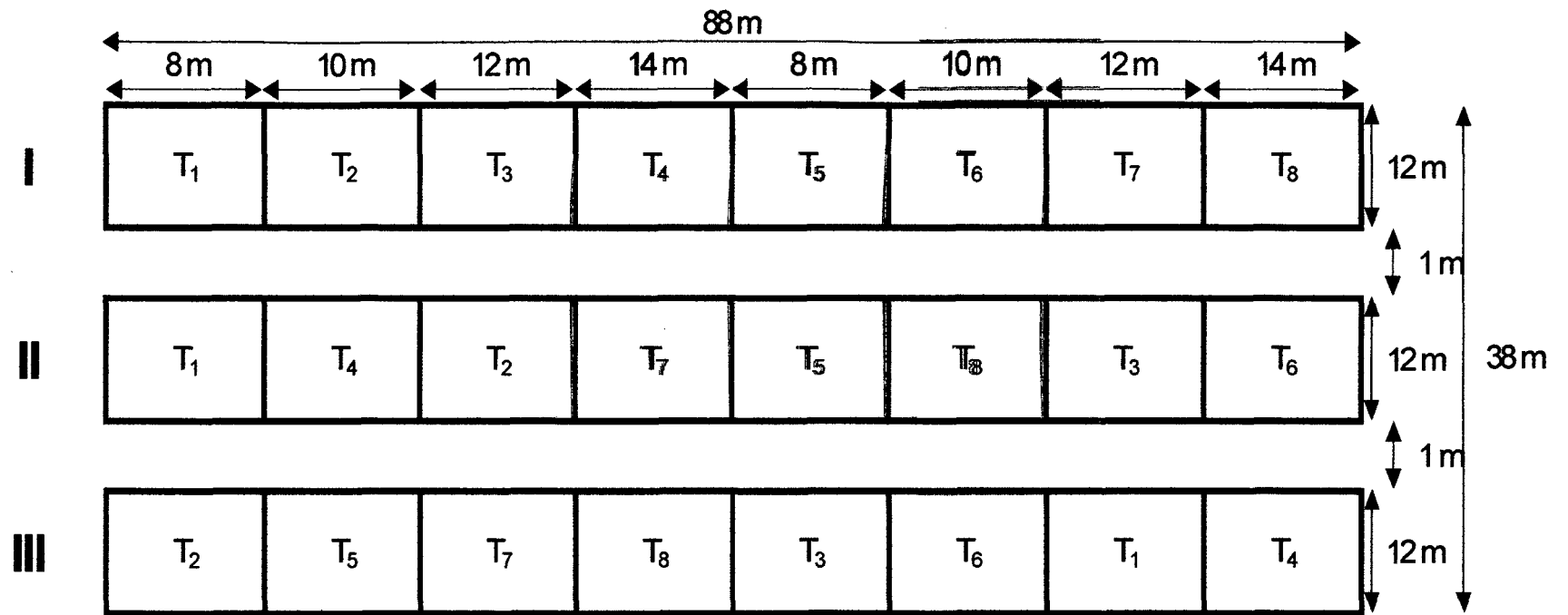


Figura 1. Croquis del campo experimental.

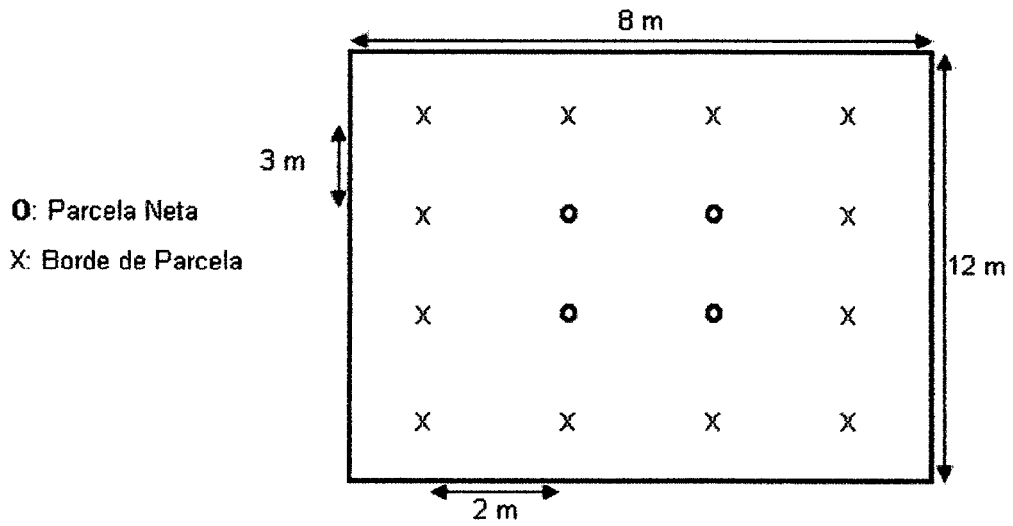


Figura 2. Detalle de parcela T₁ y T₅.

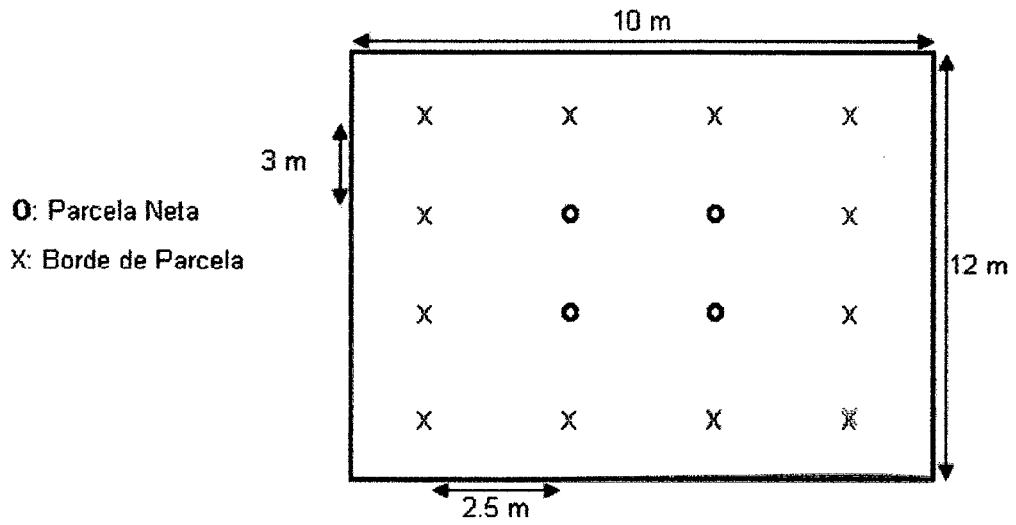


Figura 3. Detalle de parcela T₂ y T₆.

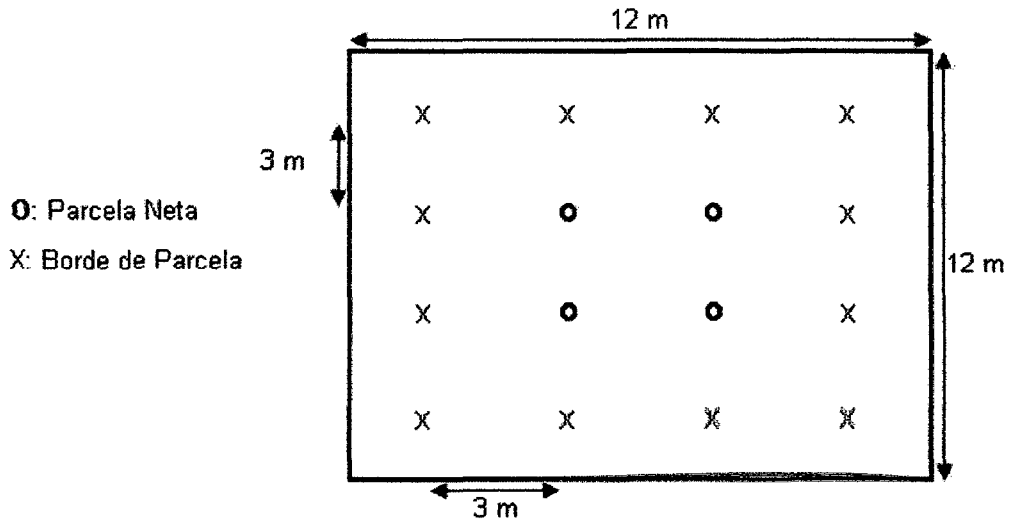


Figura 4. Detalle de parcela T₃ y T₇.

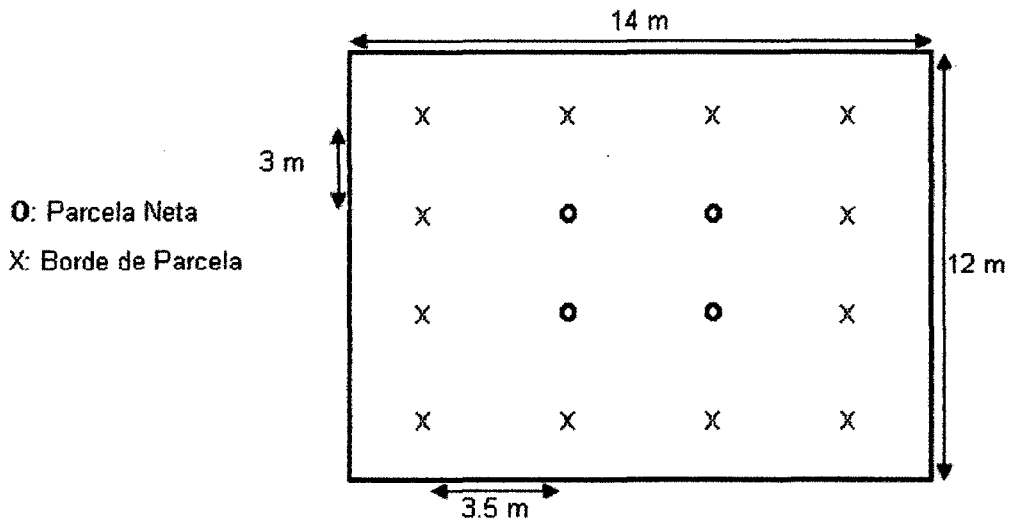


Figura 5. Detalle de parcela T₄ y T₈.

3.8 Observaciones registradas y metodología

3.8.1. Altura de planta

Este carácter se registró 15 días antes de la última cosecha, tomándose 4 plantas al azar de cada parcela neta; la medición se realizó en centímetros desde la superficie del suelo hasta la yema terminal de la rama más desarrollada verticalmente. Dichas evaluaciones se realizaron cada 15 días, iniciándose a partir de los 60 días después de la siembra.

3.8.2. Diámetro de tallo

Se determinó conjuntamente con la altura de planta, tomándose 4 plantas por cada parcela neta, la medición se registró con la ayuda de un vernier electrónico, tomándose la medida a 30 cm., sobre el nivel del suelo.

3.8.3. Distanciamiento de entrenudos

Las mediciones se registraron después de los 60 días, de la siembra, cada 30 días, para la cual se tomó la rama de los tres primeros entrenudos de las plantas de cada parcela neta. La medición se realizó en 5 oportunidades con la ayuda de una cinta métrica.

3.8.4. Índice de área foliar (I.A.F.)

El índice de área foliar de planta, se registró en el momento de máxima fructificación, tomándose al azar 4 plantas por parcela neta, donde se contabilizó el número de hojas grandes, medianas y pequeñas. La evaluación del área foliar se registró mediante el método de las pesadas. Este carácter se registró mediante la siguiente fórmula:

$$\text{I.A.F.} = (\text{A.F.P}/\text{A.T})$$

Donde:

A.F.P. = Área foliar de planta (cm²).

A.T. = Área del terreno por planta (cm²).

3.8.5. Cosecha

Se realizó entre 9 y 10 meses después de la siembra, cuando los frutos estaban secos, recogiendo cápsulas manualmente cada 15 a 30 días.

3.8.6. Rendimiento

Se registró el peso de las semillas en kilogramo por parcela neta, en las ocho cosechas que se efectuó en la ejecución del presente trabajo.

3.8.7. Identificación de plagas y enfermedades

Durante la ejecución del experimento se registró insectos, artrópodos y hongos que se encontraron en el cultivo de sachá inchi.

3.8.8. Determinación de la calidad del suelo

El análisis de suelo se realizó al inicio y al final del trabajo, la misma que nos determinó los indicadores más importantes para determinar la calidad del suelo: Considerando la forma de muestrear el suelo bajo la normativa vigente de muestreo para cultivos perennes, habiendo efectuado el análisis de caracterización inicial y final, teniendo los resultados en el anexo.

3.8.8.1. Propiedades físicas

- a. Capacidad de retención de agua.
- b. Densidad aparente.
- c. Estructura.
- d. Compactación.

3.8.8.2. Propiedades químicas

- a. pH.
- b. Conductividad eléctrica.
- c. N – P – K disponibles.
- d. Saturación de bases.

3.8.8.3. Propiedades biológicas

- a. Materia orgánica.
- b. Respiración microbiana.
- c. Nitrógeno mineralizable (N total)

Los indicadores de la calidad del suelo se determinaron en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a excepción de la compactación del suelo que se determinó con el penetrómetro en campo.

La determinación de la respiración microbiana se realizó en condiciones controladas de laboratorio al inicio del experimento en la cual se consideró el suelo sin materia orgánica y suelo más materia orgánica en función de los tratamientos, cada uno de los cuales con 3 repeticiones que correspondió a cada bloque, se consideró una muestra para cada unidad experimental (24 muestras), las evaluaciones de liberación de CO₂ se realizaron en un período de dos meses, siendo la primera semana evaluaciones diarias, luego se evaluaron cada 2, 3 o más días en función de la actividad microbiana.

3.8.9. Determinación económica y rentabilidad

Se determinó de la siguiente manera:

3.8.9.1. Valor de producción (VP)

$$VP = PT \times P$$

Donde:

PT = Producto total (rendimiento de semillas).

P = Precio de cada unidad de producción.

3.8.9.2. Rendimiento neto (RN)

$$RN = VP - CT$$

Donde:

VP = Valor de producción.

CT = Costos totales (costos fijos + costos variables).

3.8.9.3. Índice de rentabilidad (IR)

$$IR = (RN/CT) \times 100$$

Donde:

RN = Rendimiento neto.

CT = Costos totales.

3.9. Ejecución del experimento

3.9.1. Obtención de semilla

Las semillas fueron proporcionadas por Industrias Amazónicas - Tarapoto. Al momento de la siembra, las semillas ya contaron con su respectivo análisis de semilla, los ecotipos S:7 y S:13, las mismas que han sido de buena germinación.

3.9.2. Muestreo y análisis del suelo

En el muestreo del suelo, las muestras se tomaron en forma de zig zag, tomándose una muestra por cada bloque, a una profundidad de 0 a 30 cm. Posteriormente se mezclaron homogéneamente, secándose bajo sombra y tomando aproximadamente un kilogramo de muestra del suelo; y luego se remitió al Laboratorio de Análisis de Suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María para su análisis respectivo. Esta se realizó al inicio y al final del experimento.

3.9.3. Análisis de humus de lombriz

El humus para análisis se ha secado bajo sombra, tomándose para ello aproximadamente un kilogramo; y luego es remitido al Laboratorio de Análisis de Suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María para su análisis respectivo. Para la aplicación del humus se ha considerado 2 t ha^{-1} para cada distanciamiento de siembra y cada ecotipo, en la conservación del suelo, la cantidad considerada en la aplicación esta desarrollada en el Anexo. La determinación de la cantidad de humus a aplicar en el experimento se determinó en base a cálculos efectuados de acuerdo a la fertilidad natural del suelo y la adición del humus. Para ello se contó con el análisis de suelo del lugar del experimento y del humus comparado con las recomendaciones según el Marco Bibliográfico que se presenta por parte del MINAG (2006), dentro del Manejo Agronómico en Fertilización. Asimismo, las consideraciones de aplicaciones de humus para otros cultivos.

3.9.4. Preparación, demarcación y poceado del terreno

La limpieza del terreno se realizó en forma manual utilizando machete (rozo bajo), seguido de un picacheo y junta de algunos maderitas que servirán para otras actividades. Seguidamente se procedió a la demarcación, haciendo uso de estacas (*Erythrina* sp.), cordel y wincha según las indicaciones del croquis experimental. Asimismo, se realizó la remoción del suelo con la ayuda de una poceadora, remoción de 30 cm., x 30 cm., x 30 cm., quedando listo para la siembra.

3.9.5. Sistemas de tutoraje

a. Tutores muertos o espalderas

Se realizó en forma manual, instalando postes de *Erythrina* sp, para cada planta de sachá inchi (2.50 m., de longitud y 0,10 m., de espesor) los cuales se han enterrado a una profundidad de 50 cm. La siembra se realizó después de instalado el sistema de tutoraje.

3.9.6. Siembra

Antes de sembrar, se ha puesto a remojo por 20 horas las semillas, los que floten se descartaron, para luego desinfectar y sembrar manualmente, teniendo en cuenta que la semilla se coloca verticalmente la parte mas gruesa hacia abajo a una profundidad de 2 a 3 cm, debajo del nivel superficial del suelo, colocándose una semilla por golpe. En este experimento no se fertilizó.

3.9.7. Deshierbo y aporque

Se realizó 4 deshierbos manuales, utilizando azadones cada 3 meses después de la siembra, en la misma actividad se realizó el aporque necesario a cada una de las plantas.

3.9.8. Podas de formación, mantenimiento y fitosanitario

La poda de formación se realizó hasta los 40 cm, desde el nivel del suelo, para eliminar ramas o guías y formar horqueta. A partir de ésta se realizó la poda de mantenimiento y fitosanitaria, los mismos que sirvieron para mantener la altura de hasta 2 m., de altura en la producción y el control de enfermedades en su momento oportuno.

3.9.9. Cosecha

Se realizó a 6.5 meses después de la siembra, cuando los frutos están secos, recogándose las cápsulas manualmente cada 15 a 30 días. La frecuencia de cosecha se realizó entre los meses de abril a junio del 2008.

3.9.10. Poscosecha

Después de la cosecha se procedió al secado y la trilla, siendo la primera en forma natural y la trilla consiste en el descascarado de las cápsulas.

IV. RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos se presenta a continuación los formatos en las cuales se registra cada uno de los datos:

4.1. Observaciones biométricas registradas

4.1.1. Altura de planta

Este parámetro se ha evaluado hasta 15 días antes de la última cosecha. El cual consistió en tomar 4 plantas al azar de cada parcela neta; midiendo desde la superficie del suelo hasta la yema terminal de la rama más desarrollada verticalmente. Dichas evaluaciones se realizaron cada 15 días, iniciándose a partir de los 60 días después de la siembra.

Cuadro 5. Resumen de análisis de variancia de la altura de planta en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
Bloques	2	19.3056	n.s	754.1955	n.s	555.2057	n.s
Tratamientos	7	230.0809	s	4743.4220	s	7281.9386	s
A	1	1284.4409	s	2930.2390	n.s	765.0104	n.s
D	3	30.9711	n.s	1916.4576	n.s	7936.5773	s
A x D	3	77.7374	s	8174.7807	s	8799.6094	s
Error experimental	14	12.1914		1180.9670		1869.2489	
Total	23						
C.V. =		13.89%		14.38%		13.32%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 5, se deduce lo siguiente:

- Respecto a la altura de planta, durante todo el período de evaluación del experimento se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos y en el efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D): mientras que, para efecto de bloques las diferencias no son estadísticamente significativas.

- En el efecto de densidad de siembra (D), solo se observa diferencias significativas al final del experimento siendo no significativas al inicio y mitad del período de evaluación. Un caso contrario sucede en el efecto de ecotipos (A), mostrando diferencias estadísticas significativas al inicio del experimento, mas no así a la mitad y final del período de evaluación.

- Los coeficientes de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo, en los tres momentos del periodo de evaluación.

Cuadro 6. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para la altura de planta en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
A en d ₁	1	260.3380	s	3423.1982	n.s	4676.0417	n.s
A en d ₂	1	478.6480	s	11583.0234	s	22158.5651	s
A en d ₃	1	42.7334	n.s	7115.6484	s	228.1667	n.s
A en d ₄	1	735.9337	s	5332.7109	n.s	101.0651	n.s
D en a ₁	3	9.1922	n.s	3176.5565	n.s	733.1402	n.s
D en a ₂	3	99.5163	s	6914.6817	s	16003.0464	s
Error experimental	14	12.1914		1180.9670		1869.2489	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 6, se concluye que:

- Al inicio del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utiliza la primera (d_1), segunda (d_2) y cuarta densidad de siembra (d_4). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la tercera densidad de siembra (d_3) en la altura de planta. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el primer ecotipo de sachá inchi.

- A la mitad del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utiliza la segunda (d_2) y tercera densidad de siembra (d_3). Sin embargo, no se probó diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la primera (d_1) y la cuarta densidad de siembra (d_4) en la altura de planta. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el primer ecotipo de sachá inchi.

- Al final del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la segunda densidad de siembra (d_2). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la primera (d_1), tercera (d_3) y cuarta densidad de siembra (d_4) en la altura de planta. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el primer ecotipo de esta oleaginosa.

Cuadro 7. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de altura de planta en sachu inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Altura de planta (cm)																	
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)																	
Al inicio				A la mitad				Al final									
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)		a ₂ (S:13)	29.97	a	a ₂ (S:13)	243.32	a	a ₂ (S:13)	365.83	a							
		a ₁ (S:7)	16.80	b	a ₁ (S:7)	195.55	a	a ₁ (S:7)	310.00	a							
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)		a ₂ (S:13)	35.41	a	a ₁ (S:7)	273.00	a	a ₁ (S:7)	332.42	a							
		a ₁ (S:7)	17.41	b	a ₂ (S:13)	185.13	b	a ₂ (S:13)	210.88	b							
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)		a ₂ (S:13)	25.70	a	a ₂ (S:13)	293.00	a	a ₂ (S:13)	360.42	a							
		a ₁ (S:7)	20.36	a	a ₁ (S:7)	224.13	b	a ₁ (S:7)	348.08	a							
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)		a ₂ (S:13)	38.70	a	a ₂ (S:13)	278.50	a	a ₂ (S:13)	339.08	a							
		a ₁ (S:7)	16.55	b	a ₁ (S:7)	218.88	a	a ₁ (S:7)	330.88	a							
Efecto simple del factor ecotipo (A)																	
		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)					
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	20.36	a	d ₄	38.70	a	d ₂	273.00	a	d ₃	293.00	a	d ₃	348.08	a	d ₁	365.83	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	17.55	a	d ₂	35.41	a d	d ₃	224.13	a c	d ₄	278.50	a c	d ₂	332.42	a	d ₃	360.42	a c
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	16.80	a	d ₁	29.97	b d f	d ₄	218.88	a c d	d ₁	243.32	a c e	d ₄	330.88	a	d ₄	339.08	a c e
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	16.55	a	d ₃	25.70	c e g	d ₁	195.55	b c d	d ₂	185.13	b d e	d ₁	310.00	a	d ₂	210.88	b d f

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 7, se indica al inicio del experimento que el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 952 plantas ha^{-1} (d_4), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:7 (a_1) con una densidad de siembra de 952 plantas ha^{-1} (d_4), en el carácter de la altura de planta en sachá inchi. De modo diferente, a la mitad del experimento el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1,111 plantas ha^{-1} (d_3), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1,333 plantas ha^{-1} (d_3), en el carácter de la altura de planta en sachá inchi. Sin embargo, al final del experimento el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1,667 plantas ha^{-1} (d_1), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1,333 plantas ha^{-1} (d_2), en el carácter de la altura de planta en sachá inchi.

Cuadro 8. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la altura de planta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Altura de planta (cm)					
	Al inicio		A la mitad		Al final	
a_1 (S:7)	17.81	b	227.89	a	330.3400	a
a_2 (S:13)	32.45	a	249.99	a	319.0500	a

Del cuadro 8, se deduce que existen diferencias significativas entre los dos ecotipos estudiados, siendo el ecotipo S:13 (a_2) el que supera en el carácter altura de planta de sachá inchi respecto al ecotipo S:7 (a_1), al inicio del experimento. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los ecotipos estudiados a la mitad y al final del experimento.

4.1.2. Diámetro de tallo

Parámetro evaluado hasta 15 días antes de la última cosecha. El cual consistió en tomar 4 plantas por cada parcela neta, la medición se registró con la ayuda de un vernier electrónico, tomándose la medida a 30 cm, sobre el nivel del suelo.

Cuadro 9. Resumen de análisis de variancia del diámetro de tallo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
Bloques	2	0.0171	s	0.0009	n.s	0.0207	n.s
Tratamientos	7	0.0040	n.s	0.0088	n.s	0.0195	n.s
A (Ecotipos)	1	0.0050	n.s	0.0088	n.s	0.0016	n.s
D (Densidades)	3	0.0011	n.s	0.0080	n.s	0.0218	n.s
A x D	3	0.0067	n.s	0.0097	n.s	0.0231	n.s
Error experimental	14	0.0041		0.0063		0.0122	
Total	23						
C.V. =		13.66%		13.06%		10.42%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 9, se deduce lo siguiente:

- Respecto al diámetro de tallo, durante todo el período de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D); mientras que para efecto de bloques las diferencias significativas se encontraron al inicio del experimento siendo no significativo a la mitad y al final del periodo de evaluación.

- En el efecto de densidad de siembra (D), no se ha encontrado diferencias significativas en todo el experimento. De igual modo, sucedió para el efecto de ecotipos (A).

- Los coeficientes de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo, en los tres momentos del periodo de evaluación.

Cuadro 10. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el diámetro de tallo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
Ecotipos (A)							
A en d ₁	1	0.0003	n.s	0.0041	n.s	0.0061	n.s
A en d ₂	1	0.0022	n.s	0.0044	n.s	0.0415	n.s
A en d ₃	1	0.0012	n.s	0.0004	n.s	0.0050	n.s
A en d ₄	1	0.0213	s	0.0289	n.s	0.0184	n.s
Densidades (D)							
D en a ₁	3	0.0052	n.s	0.0045	n.s	0.0038	n.s
D en a ₂	3	0.0026	n.s	0.0131	n.s	0.0411	s
Error experimental	14	0.0041		0.0063		0.0122	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 10, se concluye que:

- En todo el experimento no existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utiliza la primera (d₁), segunda (d₂) y tercera (d₃) densidad de siembra. Sin embargo, la cuarta densidad de siembra (d₄), resultó tener diferencias estadísticas al inicio del experimento, lo que no sucedió a la mitad y al final del experimento. Por otro lado, no se

encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer ecotipo (a_1) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi, al inicio y a la mitad del experimento.

Cuadro 11. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de diámetro de tallo en sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Diámetro de tallo (cm)																		
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)																		
Al inicio				A la mitad				Al final										
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)		a ₁ (S:7)	0.47	a	a ₂ (S:13)	0.68	a	a ₂ (S:13)	1.07	a								
		a ₂ (S:13)	0.45	a	a ₁ (S:7)	0.63	a	a ₁ (S:7)	1.01	a								
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)		a ₂ (S:13)	0.48	a	a ₁ (S:7)	0.59	a	a ₁ (S:7)	1.07	a								
		a ₁ (S:7)	0.45	a	a ₂ (S:13)	0.54	a	a ₂ (S:13)	0.90	a								
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)		a ₁ (S:7)	0.50	a	a ₂ (S:13)	0.62	a	a ₂ (S:13)	1.15	a								
		a ₂ (S:13)	0.48	a	a ₁ (S:7)	0.61	a	a ₁ (S:7)	1.09	a								
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)		a ₂ (S:13)	0.52	a	a ₂ (S:13)	0.68	a	a ₂ (S:13)	1.15	a								
		a ₁ (S:7)	0.40	b	a ₁ (S:7)	0.54	b	a ₁ (S:7)	1.04	a								
Efecto simple del factor ecotipo (A)																		
		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)						
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)		0.50	a	d ₄	0.52	a	d ₁	0.63	a	d ₁	0.68	a	d ₃	1.09	a	d ₃	1.15	a
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)		0.47	a	d ₂	0.48	a	d ₃	0.61	a	d ₄	0.68	a	d ₂	1.07	a	d ₄	1.15	a c
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)		0.45	a	d ₃	0.48	a	d ₂	0.59	a	d ₃	0.62	a	d ₄	1.04	a	d ₁	1.07	a c e
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)		0.40	a	d ₁	0.45	a	d ₄	0.54	a	d ₂	0.54	a	d ₁	1.01	a	d ₂	0.90	b d e

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 11, se indica al inicio y a la mitad del experimento que el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 952 plantas ha^{-1} (d_4), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:7 (a_1) con una densidad de siembra de 952 plantas ha^{-1} (d_4), en el carácter diámetro de tallo en sachá inchi.

Cuadro 12. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el diámetro de tallo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Diámetro de tallo (cm)					
	Al inicio		A la mitad		Al final	
a_1 (S:7)	0.45	a	0.59	a	1.0500	a
a_2 (S:13)	0.48	a	0.63	a	1.0700	a

Del cuadro 11, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados, en el carácter diámetro de tallo de sachá inchi en todo experimento.

4.1.3. Distanciamiento de entrenudos

Parámetro evaluado hasta 15 días antes de la última cosecha. Las mediciones se registraron después de los 60 días de la siembra, cada 30 días, para lo cual se tomó la rama de los tres primeros entrenudos de las plantas de cada parcela neta. La medición se realizó en 5 oportunidades con la ayuda de una cinta métrica.

Cuadro 13. Resumen de análisis de variancia del distanciamiento de entrenudos en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
Bloques	2	0.1424	n.s	0.3054	n.s	0.2704	n.s
Tratamientos	7	0.3242	s	0.4312	n.s	0.9767	s
A (Ecotipos)	1	1.0901	s	0.0151	n.s	1.2633	s
D (Densidades)	3	0.2711	s	0.4031	n.s	0.7147	s
A x D	3	0.1221	n.s	0.5981	n.s	1.1431	s
Error experimental	14	0.0704		0.2993		0.1653	
Total	23						
C.V. =		15.33%		13.67%		6.05%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 13, se deduce lo siguiente:

- Respecto al distanciamiento de entrenudos, durante todo el experimento se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos al inicio y al final del período de evaluación. En el efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) solo se encontró diferencias estadísticas significativas al final del periodo de evaluación: mientras que, para el efecto de bloques las diferencias no son estadísticamente significativas.

- En el efecto de densidad de siembra (D), se observa diferencias significativas al inicio y al final del experimento siendo no significativas a la mitad del periodo de evaluación. De modo similar sucede en el efecto de ecotipos (A), mostrando diferencias estadísticas significativas al inicio y al final del experimento, mas no así a la mitad del periodo de evaluación.

- Los coeficientes de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo, en los tres momentos del período de evaluación.

Cuadro 14. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el distanciamiento de entrenudos en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
Ecotipos (A)							
A en d ₁	1	0.0600	n.s	0.1457	n.s	0.0027	n.s
A en d ₂	1	0.8990	s	0.9620	n.s	4.6508	s
A en d ₃	1	0.0518	n.s	0.1512	n.s	0.0250	n.s
A en d ₄	1	0.4455	s	0.5506	n.s	0.0141	n.s
Densidades (D)							
D en a ₁	3	0.0317	n.s	0.2267	n.s	0.0823	n.s
D en a ₂	3	0.3615	s	0.7745	n.s	1.7755	s
Error experimental	14	0.0704		0.2993		0.1653	

N.S. : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 14, se concluye que:

- Al inicio del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utiliza la segunda (d₂) y cuarta densidad de siembra (d₄). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la primera densidad de siembra (d₁) en el distanciamiento entre nudos. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el segundo

ecotipo (a_2) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el primer ecotipo (a_1) de este cultivo.

- A la mitad del experimento, no existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d_1), segunda (d_2), tercera (d_3) y cuarta (d_4) densidad de siembra. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó la primera (a_1) y segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi.

- Al final del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la segunda densidad de siembra (d_2). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la primera (d_1), tercera (d_3) y cuarta (d_4) densidad de siembra en el distanciamiento entre nudos. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el primer ecotipo (a_1) de esta euforbiácea.

Cuadro 15. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples en el distanciamiento de entrenudos en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Distanciamiento entre nudos (cm)																		
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)																		
	Al inicio			A la mitad						Al final								
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	1.72	a	a ₂ (S:13)	4.40	a	a ₁ (S:7)	6.90	a	a ₂ (S:13)	6.86	a	a ₁ (S:7)	6.90	a	a ₂ (S:13)	6.86	a
	a ₁ (S:7)	1.52	a	a ₁ (S:7)	4.09	a	a ₂ (S:13)	6.84	a	a ₁ (S:7)	6.90	a	a ₂ (S:13)	6.86	a	a ₁ (S:7)	6.90	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	2.43	a	a ₁ (S:7)	4.06	a	a ₁ (S:7)	7.10	a	a ₂ (S:13)	5.34	b	a ₁ (S:7)	7.10	a	a ₂ (S:13)	5.34	b
	a ₁ (S:7)	1.66	b	a ₂ (S:13)	3.26	a	a ₂ (S:13)	6.93	a	a ₁ (S:7)	6.74	a	a ₁ (S:7)	7.06	a	a ₂ (S:13)	6.93	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	1.67	a	a ₁ (S:7)	4.31	a	a ₁ (S:7)	7.06	a	a ₂ (S:13)	6.84	a	a ₁ (S:7)	7.06	a	a ₂ (S:13)	6.84	a
	a ₁ (S:7)	1.48	a	a ₂ (S:13)	3.99	a	a ₂ (S:13)	6.93	a	a ₁ (S:7)	6.74	a	a ₁ (S:7)	7.06	a	a ₂ (S:13)	6.84	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	1.96	a	a ₂ (S:13)	4.25	a	a ₂ (S:13)	6.84	a	a ₁ (S:7)	6.74	a	a ₁ (S:7)	6.74	a	a ₂ (S:13)	6.84	a
	a ₁ (S:7)	1.41	b	a ₁ (S:7)	3.65	a	a ₁ (S:7)	6.74	a	a ₁ (S:7)	6.74	a	a ₁ (S:7)	6.74	a	a ₁ (S:7)	6.74	a
Efecto simple del factor ecotipo (A)																		
	a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)			
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	1.66	a	d ₂	2.43	a	d ₃	4.31	a	d ₁	4.40	a	d ₂	7.10	a	d ₃	6.93	a	
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	1.52	a	d ₄	1.96	b e	d ₁	4.09	a	d ₄	4.25	a c	d ₃	7.06	a	d ₁	6.86	a c	
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	1.48	a	d ₁	1.72	c e f	d ₂	4.06	a	d ₃	3.99	a c d	d ₁	6.90	a	d ₄	6.84	a c e	
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	1.41	a	d ₃	1.67	d e f	d ₄	3.65	a	d ₂	3.26	b c d	d ₄	6.74	a	d ₂	5.34	b d f	

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 15, se indica al inicio del experimento que el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1333 plantas ha^{-1} (d_2) y 952 plantas ha^{-1} (d_4), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando el último lugar el ecotipo S:7 (a_1) con una densidad de siembra de 1333 plantas ha^{-1} (d_2) y 952 plantas ha^{-1} (d_4), en el distanciamiento entre nudos en sachá inchi. De modo diferente, a la mitad del experimento los ecotipos S:7 (a_1) y S:13 (a_2) entre las densidades de siembra d_1 (1667 pl ha^{-1}), d_2 (1333 pl ha^{-1}), d_3 (1111 pl ha^{-1}) y d_4 (952 pl ha^{-1}), resultaron no tener diferencias significativas en el carácter distanciamiento entre nudos en este cultivo. Al final del experimento, el ecotipo S:7 (a_1) con una densidad de siembra de 1333 plantas ha^{-1} (d_2), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1333 plantas ha^{-1} (d_2), en el distanciamiento entre nudos en sachá inchi.

Cuadro 16. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el distanciamiento de entrenudos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Distanciamiento entre nudos (cm)					
	Al inicio		A la mitad		Al final	
a_1 (S:7)	1.52	b	4.03	a	6.95	a
a_2 (S:13)	1.94	a	3.98	a	6.49	b

Del cuadro 16, se deduce que existen diferencias significativas entre los dos ecotipos estudiados, siendo el ecotipo S:13 (a_2) quien supera en el carácter distanciamiento entre nudos de sachá inchi respecto al ecotipo S:7 (a_1), al inicio del experimento; mientras tanto, al final del experimento el

ecotipo S:7 (a_1) supera en el carácter distanciamiento entre nudos respecto al ecotipo S:13 (a_2) de esta oleaginosa. Sin embargo, no existe diferencias significativas entre los ecotipos estudiados a la mitad del experimento.

4.1.4. Índice de área foliar

Parámetro evaluado hasta 15 días antes de la última cosecha. Se registró, en el momento de máxima fructificación, tomándose al azar 4 plantas por parcela neta, donde se contabilizó el número de hojas grandes, medianas y pequeñas. La evaluación del área foliar se registró mediante el método de las pesadas.

Cuadro 17. Resumen de análisis de variancia del índice de área foliar en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
Bloques	2	8.4026	n.s	1.5219	n.s	134.5742	s
Tratamientos	7	55.4051	s	44.1462	s	290.2427	s
A (Ecotipos)	1	329.5567	s	1.3108	n.s	1226.0643	s
D (Densidades)	3	11.3517	n.s	52.0620	s	15.6075	n.s
A x D	3	8.0746	n.s	50.5089	s	252.9373	s
Error experimental	14	5.6660		9.6509		28.1492	
Total	23						
C.V. =		16.11%		13.32%		6.99%	

N.S. : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 17, se deduce lo siguiente:

- Respecto al índice de área foliar, durante todo el período de evaluación del experimento se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos: mientras que, en el efecto de la

interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) las diferencias estadísticas significativas se dio a la mitad y al final del periodo de evaluación. Para efecto de bloques las diferencias estadísticamente significativas solo se dio al final del periodo de evaluación.

- En el efecto de densidad de siembra (D), solo se observa diferencias significativas a la mitad del experimento siendo no significativas al inicio y al final del periodo de evaluación. Lo que no sucede en el efecto de ecotipos (A), mostrando diferencias estadísticas significativas al inicio y al final del experimento, mas no así a la mitad del periodo de evaluación.

- Los coeficientes de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo, en los tres momentos del periodo de evaluación.

Cuadro 18. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el índice de área foliar en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		Al inicio		A la mitad		Al final	
Ecotipos (A)							
A en d ₁	1	92.9447	s	25.6318	n.s	1065.9335	s
A en d ₂	1	102.9308	s	103.8544	s	887.2848	s
A en d ₃	1	24.8711	n.s	20.4980	n.s	6.8107	n.s
A en d ₄	1	133.0340	s	2.8532	n.s	24.8474	n.s
Densidades (D)							
D en a ₁	3	1.1095	n.s	24.6135	n.s	115.2628	s
D en a ₂	3	18.3168	n.s	77.9574	s	153.2820	s
Error experimental	14	5.6660		9.6509		28.1492	

N.S. : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 18, se concluye que:

- Al inicio del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d_1), segunda (d_2) y cuarta densidad de siembra (d_4). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la tercera densidad de siembra (d_3) en el índice de área foliar. Por otro lado, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (a_1) y segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi.

- A la mitad del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la segunda (d_2). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la primera (d_1), tercera (d_3) y la cuarta densidad de siembra (d_4) en el índice de área foliar. Por otro lado, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer ecotipo (a_1) de sachá inchi, pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el segundo ecotipo de esta euforbiácea.

- Al final del experimento, existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d_1) y segunda densidad de siembra (d_2). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la tercera (d_3) y cuarta densidad de siembra (d_4) en el índice de área foliar. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (a_1) y segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi.

Cuadro 19. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del índice de área foliar en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Índice de área foliar (cm ²)																	
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)																	
Al inicio				A la mitad				Al final									
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	18.07	a	a ₂ (S:13)	23.61	a	a ₁ (S:7)	90.23	a								
	a ₁ (S:7)	10.20	b	a ₁ (S:7)	19.47	a	a ₂ (S:13)	63.57	b								
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	19.82	a	a ₁ (S:7)	24.30	a	a ₁ (S:7)	86.20	a								
	a ₁ (S:7)	11.54	b	a ₂ (S:13)	15.98	b	a ₂ (S:13)	61.88	b								
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	15.20	a	a ₂ (S:13)	28.01	a	a ₁ (S:7)	78.64	a								
	a ₁ (S:7)	11.13	a	a ₁ (S:7)	24.31	a	a ₂ (S:13)	76.51	a								
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	20.84	a	a ₁ (S:7)	26.17	a	a ₁ (S:7)	77.19	a								
	a ₁ (S:7)	11.43	b	a ₂ (S:13)	24.79	a	a ₂ (S:13)	73.12	a								
Efecto simple del factor ecotipo (A)																	
	a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)		a ₁ (S:7)		a ₂ (S:13)						
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	11.54	a	d ₄	20.84	a	d ₄	26.17	a	d ₃	28.01	a	d ₁	90.23	a	d ₃	76.51	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	11.43	a	d ₂	19.82	a c	d ₃	24.31	a c	d ₄	24.79	a c	d ₂	86.20	a d	d ₄	73.12	a d
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	11.13	a	d ₁	18.07	a c e	d ₂	24.30	a c d	d ₁	23.61	a c e	d ₃	78.64	b d e	d ₁	63.57	b e g
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	10.20	a	d ₃	15.20	b d e	d ₁	19.47	b c d	d ₂	15.98	b d f	d ₄	77.19	c d e	d ₂	61.88	c f g

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

El cuadro 19, se indica al inicio del experimento que el ecotipo S:13 (a_2) con densidades de siembra de 1667 plantas ha^{-1} (d_1), 1333 plantas ha^{-1} (d_2) y 952 plantas ha^{-1} (d_4), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:7 (a_1) con densidades de siembra de 1667 plantas ha^{-1} (d_1), 1333 plantas ha^{-1} (d_2) y 952 plantas ha^{-1} (d_4), en el carácter de índice de área foliar en sachá inchi. De modo diferente, a la mitad del experimento el ecotipo S:7 (a_1) con una densidad de siembra de 1333 plantas ha^{-1} (d_2), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1,333 plantas ha^{-1} (d_2), en el carácter de índice de área foliar en sachá inchi. Sin embargo, al final del experimento el ecotipo S:7 (a_1) con una densidad de siembra de 1,667 plantas ha^{-1} (d_1) y 1,333 plantas ha^{-1} (d_2), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1,667 plantas ha^{-1} (d_1) y 1,333 plantas ha^{-1} (d_2), en el carácter de índice de área foliar en esta oleaginosa.

Cuadro 20. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el índice de área foliar en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Índice de área foliar (cm^2)					
	Al inicio		A la mitad		Al final	
a_1 (S:7)	11.07	b	23.56	a	83.06	a
a_2 (S:13)	18.48	a	23.10	a	68.77	b

Del cuadro 20, se deduce que existen diferencias significativas entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:13 (a_2) quien supera en el carácter índice de área foliar de sachá inchi respecto al ecotipo S:7 (a_1), al inicio del experimento. De modo diferente, existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:7 (a_1) quien supera en el carácter índice de área foliar de sachá inchi respecto al ecotipo S:13 (a_2), al final del experimento. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los ecotipos estudiados a la mitad del experimento.

4.1.5. Rendimiento

Parámetro evaluado al final de la cosecha. Se realizó a los 8 meses después de la siembra, recogiendo manualmente los frutos secos cada 15 a 30 días. Se registró el peso de las semillas en kilogramo por parcela neta.

Cuadro 21. Resumen de análisis de variancia del rendimiento en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Rendimiento de almendras ($t\ ha^{-1}$)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	0.00045	n.s
Tratamientos	7	0.35732	s
A (Ecotipos)	1	1.59022	s
D (Densidades)	3	0.05115	s
A x D	3	0.25251	s
Error experimental	14	0.00116	
Total	23		
C.V. =		4.80%	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 21, se deduce lo siguiente:

- Respecto al rendimiento, durante todo el periodo de evaluación del experimento se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos y en el efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D): mientras que, para efecto de bloques las diferencias no son estadísticamente significativas.
- En el efecto de densidad de siembra (D), existe diferencias estadísticas significativas. De igual modo sucede para el efecto de ecotipos (A).
- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 22. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el rendimiento en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Rendimiento de almendras (t ha ⁻¹)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d1	1	0.58583	s
A en d2	1	0.00004	n.s
A en d3	1	0.31336	s
A en d4	1	1.44853	s
Densidades (D)			
D en a1	3	0.04400	s
D en a2	3	0.25966	s
Error experimental	14	0.00116	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 22, se concluye que:

- Existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utiliza la primera (d_1), tercera (d_3) y cuarta densidad de siembra (d_4). Sin embargo, no se pudo probar diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la segunda densidad de siembra (d_2) en el rendimiento de almendras en sachá inchi. Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (d_1) y segundo ecotipo (a_2) de esta euforbiácea.

Cuadro 23. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del rendimiento en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Rendimiento de almendras ($t\ ha^{-1}$)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d_1 (1667 pl ha^{-1})	a_2 (S:13)	1.07442		1.5239	a
	a_1 (S:7)	0.44948			b
d_2 (1333 pl ha^{-1})	a_1 (S:7)	0.57930		1.1532	b
	a_2 (S:13)	0.57387			a
d_3 (1111 pl ha^{-1})	a_2 (S:13)	0.94623		1.4354	a
	a_1 (S:7)	0.48917			b
d_4 (952 pl ha^{-1})	a_2 (S:13)	1.27219		1.5617	a
	a_1 (S:7)	0.28950			b
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a_1 (S:7)			a_2 (S:13)	
d_2 (1333 pl ha^{-1})	0.57930	a	d_4	1.27219	a
d_3 (1111 pl ha^{-1})	0.48917	b e	d_1	1.07442	b e
d_1 (1667 pl ha^{-1})	0.44948	c e g	d_3	0.94623	c f h
d_4 (952 pl ha^{-1})	0.28950	d f h	d_2	0.57387	d g i

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 23, se indica que el ecotipo S:13 (a_2) con densidades de siembra de 1667 plantas ha^{-1} (d_1), 1111 plantas ha^{-1} (d_3) y 952 plantas ha^{-1} (d_4), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:7 (a_1) con densidades de siembra de 1667 plantas ha^{-1} (d_1), 1111 plantas ha^{-1} (d_3) y 952 plantas ha^{-1} (d_4), en el carácter de rendimiento de almendras en sachá inchi.

Cuadro 24. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) para el rendimiento en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Rendimiento de almendras ($t\ ha^{-1}$)	
a_1 (S:7)	0.45186	b
a_2 (S:13)	0.96668	a

Del cuadro 24, se deduce que existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:13 (a_2) supera en el carácter de rendimiento de almendras en sachá inchi respecto al ecotipo S:7 (a_1). Considerando que es el mismo número de plantas que influyen en cada tratamiento.

4.2. Análisis económico y rentabilidad del rendimiento de sachá inchi

Cuadro 25. Análisis económico y rentabilidad, a nivel experimental del rendimiento de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en los tratamientos.

Análisis económico y rentabilidad						
Tratamiento	Rdto. de semillas de sachá inchi (t ha ⁻¹) ^{1/}	Valor de producción (Soles ha ⁻¹)	Costo de producción (Soles ha ⁻¹)	Rdto. Neto (Soles ha ⁻¹)	Relación B/C (%)	Índice de rentabilidad (%)
T ₁ (Ecotipo S:7, con 1667 pl ha ⁻¹)	0.45	2921.60	2752.28	169.32	1.06	6.15
T ₂ (Ecotipo S:7, con 1333 pl ha ⁻¹)	0.58	3765.46	2200.83	1564.63	1.71	71.09
T ₃ (Ecotipo S:7, con 1111 pl ha ⁻¹)	0.49	3179.59	1834.30	1345.29	1.73	73.34
T ₄ (Ecotipo S:7, con 952 pl ha ⁻¹)	0.29	1881.75	1571.79	309.96	1.20	19.72
T ₅ (Ecotipo S:13, con 1667 pl ha ⁻¹)	1.07	6983.71	2752.28	4231.43	2.54	153.74
T ₆ (Ecotipo S:13, con 1333 pl ha ⁻¹)	0.57	3730.15	2200.83	1529.32	1.69	69.49
T ₇ (Ecotipo S:13, con 1111 pl ha ⁻¹)	0.95	6150.51	1834.30	4316.21	3.35	235.31
T ₈ (Ecotipo S:13, con 952 pl ha ⁻¹)	1.27	8269.25	1571.79	6697.47	5.26	426.11

^{1/}: Precio de venta en chacra (S/.): 6.50

El cuadro 25, nos muestra la descripción del análisis económico, los costos de producción de cada uno de los tratamientos aplicados.

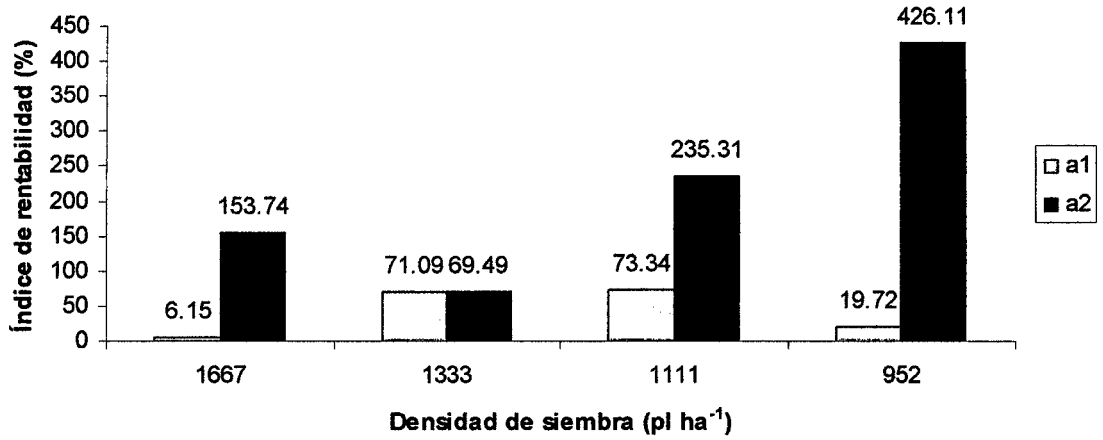


Figura 6. Índice de rentabilidad respecto a la densidad de siembra

4.3. Identificación de plagas y enfermedades en sachá inchi

Durante la evaluación del experimento se ha determinado la siguiente población de insectos y hongos que atacan al cultivo de sachá inchi:

Cuadro 26. Identificación de plagas y enfermedades en sachá inchi

Identificación de insectos y hongos en sachá inchi	
Insectos	
Clase: Insecta	
Orden:	Familia:
Hymenoptera	Formicidae (Arriero)
Coleoptera	Reduviidae
Coleoptera	Curculionidae
Coleoptera	Chrysomelidae 1
Coleoptera	Chrysomelidae 2
Coleoptera	Chrysomelidae 3
Coleoptera	Lampyridae
Coleoptera	Lycidae
Homoptera	Cercopidae 1
Homoptera	Cercopidae 2
Hemiptera	Pentatomidae
Díptera	Tachinidae
Hemiptera	Corixidae
Coleoptera	Cerambycidae
Lepidóptera	Larva de Geometridae
Coleoptera	Alleculidae
Clase: Arachnida	
Araneae	Salticidae
Hongos	
Clase: Fungi	
<i>Cronartium</i> spp.	Roya encontrada a nivel del tallo, ramas, hojas y estigma del fruto.
<i>Colletotrichum gloesporoides</i>	Hongo encontrado a nivel del fruto.

En el cuadro 26, se muestra la identificación de insectos y hongos, que han sido colectados en todo el experimento.

4.4. Determinación de la calidad del suelo

El análisis de suelo se realizó al inicio y al final del trabajo, la misma que nos determinó los indicadores más importantes para determinar la calidad del suelo, como las propiedades físicas y químicas así como biológicas del suelo, por otro lado las características morfológicas del perfil del suelo, considerando los agregados, la porosidad que son parámetros físicos de calidad, así como la densidad aparente, la resistencia del suelo el color y la temperatura, por otro lado existe indicadores químicos como el pH, la CIC y la disponibilidad de nutrientes.

A. Efecto sobre las propiedades físicas del suelo

a. Capacidad retentiva de agua del suelo

Cuadro 27. Resumen de análisis de variancia de la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Capacidad retentiva de agua (%)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	7.0104	n.s
Tratamientos	7	137.3229	n.s
A (Ecotipos)	1	1.7604	n.s
D (Densidades)	3	72.4479	n.s
A x D	3	63.1146	n.s
Error experimental	14	380.1458	
Total	23		
C.V. =		7.18%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 27, se deduce lo siguiente:

- Respecto a la capacidad retentiva de agua del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.
- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.
- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 28. Resumen de análisis variancia de efectos simples para la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Capacidad retentiva de agua (%)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	0.1667	n.s
A en d ₂	1	0.6667	n.s
A en d ₃	1	40.0417	n.s
A en d ₄	1	24.0000	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	22.2986	n.s
D en a ₂	3	22.8889	n.s
Error experimental	14	27.1533	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 28, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utiliza la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄)

densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (a_1) y segundo ecotipo (a_2) de sachá inchi.

Cuadro 29. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Capacidad retentiva de agua (%)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		71.67		a
	a ₂ (S:13)		71.33		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		70.67		a
	a ₂ (S:13)		70.00		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		76.83		a
	a ₂ (S:13)		71.67		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		76.33		a
	a ₁ (S:7)		72.33		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	76.83	a	d ₄	76.33	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	72.33	a	d ₃	71.67	a
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	71.67	a	d ₁	71.33	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	70.67	a	d ₂	70.00	a

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 29, se indica que entre los ecotipos S:7 (a_1) y S:13 (a_2) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias estadísticas significativas, en el carácter capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi.

Cuadro 30. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Capacidad retentiva de agua (%)	
a ₁ (S:7)	72.88	a
a ₂ (S:13)	72.33	a

Del cuadro 30, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados S:7 (a₁) y S:13 (a₂) en el carácter capacidad retentiva de agua del suelo en sachá inchi.

b. Densidad aparente del suelo

Cuadro 31. Resumen de análisis de variancia en la densidad aparente del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Densidad aparente (g cm ³)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	0.0107	n.s
Tratamientos	7	0.0052	n.s
A (Ecotipos)	1	0.0007	n.s
D (Densidades)	3	0.0043	n.s
A x D	3	0.0076	n.s
Error experimental	14	0.0045	
Total	23		
C.V. =		5.66%	

N.S. : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 31, se deduce lo siguiente:

- Respecto a la densidad aparente del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias

estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.

- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.
- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 32. Resumen de análisis variancia de efectos simples para la densidad aparente del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

Fuente de variación	G.L.	Densidad aparente (g cm ³)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	0.0025	n.s
A en d ₂	1	0.0073	n.s
A en d ₃	1	0.0083	n.s
A en d ₄	1	0.0054	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	0.0037	n.s
D en a ₂	3	0.0082	n.s
Error experimental	14	0.0045	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 32, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (a₁) y segundo ecotipo (a₂) de sachá inchi.

Cuadro 33. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la densidad aparente del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Densidad aparente (g cm^3)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		1.21		a
	a ₁ (S:7)		1.17		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		1.18		a
	a ₂ (S:13)		1.11		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		1.24		a
	a ₂ (S:13)		1.16		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		1.22		a
	a ₁ (S:7)		1.16		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	1.24	a	d ₄	1.22	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	1.18	a	d ₁	1.21	a
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	1.17	a	d ₃	1.16	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	1.16	a	d ₂	1.11	a

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 33, se indica que entre los ecotipo S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias estadísticas significativas en el carácter densidad aparente del suelo en sachá inchi.

Cuadro 34. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la densidad aparente del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Densidad aparente (g cm^3)	
a ₁ (S:7)	1.19	a
a ₂ (S:13)	1.18	a

Del cuadro 34, se deduce que existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:13 (a_2) el que supera en el carácter altura de planta de sachá inchi respecto al ecotipo S:7 (a_1), al inicio del experimento. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los ecotipos estudiados a la mitad y al final del experimento.

e. Compactación

Cuadro 35. Resumen de análisis de variancia de la compactación del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Compactación (kg cm ²)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	0.0938	n.s
Tratamientos	7	0.0714	n.s
A (Ecotipos)	1	0.0000	n.s
D (Densidades)	3	0.0833	n.s
A x D	3	0.0833	n.s
Error experimental	14	0.1652	
Total	23		
C.V. =		13.55%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 35, se deduce lo siguiente:

- Respecto a la compactación del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.
- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.
- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 36. Resumen de análisis variancia de efectos simples para la compactación del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Compactación (kg cm ²)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	0.1667	n.s
A en d ₂	1	0.0417	n.s
A en d ₃	1	0.0000	n.s
A en d ₄	1	0.0417	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	0.1111	n.s
D en a ₂	3	0.0556	n.s
Error experimental	14	0.1652	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 36 se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (a₁) y segundo ecotipo (a₂) de sachá inchi.

Cuadro 37. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la compactación del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Compactación (kg cm ²)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		3.17		a
	a ₂ (S:13)		2.83		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		3.00		a
	a ₁ (S:7)		2.83		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		3.17		a
	a ₂ (S:13)		3.17		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		3.00		a
	a ₁ (S:7)		2.83		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	3.17	a	d ₃	3.17	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	3.17	a	d ₂	3.00	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	2.83	a	d ₄	3.00	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	2.83	a	d ₁	2.83	a

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 37, se indica que no se encontró diferencias estadísticas entre los ecotipos S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con una densidad de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃), 952 plantas ha⁻¹ (d₄), en el carácter compactación del suelo (kg cm²).

Cuadro 38. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la compactación del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Compactación (kg cm ²)	
a ₁ (S:7)	3.00	a
a ₂ (S:13)	3.00	a

Del cuadro 38, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados S:7 (a_1) y S:13 (a_2) para el carácter compactación del suelo en sachá inchi.

B. Efectos sobre las propiedades químicas

a. pH (1:1)

Cuadro 39. Resumen de análisis de variancia del pH del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	pH (1:1) (Mol H ⁺ L)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	0.0317	n.s
Tratamientos	7	0.0052	n.s
A (Ecotipos)	1	0.0037	n.s
D (Densidades)	3	0.0082	n.s
A x D	3	0.0026	n.s
Error experimental	14	0.0121	
Total	23		
C.V. =		2.00%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 39, se deduce lo siguiente:

- Respecto al pH del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.

- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.

- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 40. Resumen de análisis variancia de efectos simples para el pH del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	pH (1:1) (Mol H ⁺ L)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	0.0067	n.s
A en d ₂	1	0.0017	n.s
A en d ₃	1	0.0017	n.s
A en d ₄	1	0.0017	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	0.0011	n.s
D en a ₂	3	0.0097	n.s
Error experimental	14	0.0121	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 40, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (a₁) y segundo (a₂) ecotipo de sachá inchi.

Cuadro 41. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del pH del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

pH (1:1) (Mol H ⁺ L)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		5.50		a
	a ₂ (S:13)		5.43		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		5.53		a
	a ₂ (S:13)		5.50		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		5.50		a
	a ₂ (S:13)		5.47		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		5.57		a
	a ₁ (S:7)		5.53		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	5.53	a	d ₄	5.57	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	5.53	a	d ₂	5.50	a
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	5.50	a	d ₃	5.47	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	5.50	a	d ₁	5.43	a

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 41, se indica que entre los ecotipos S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no se encontró diferencias estadísticas, en el carácter de la pH del suelo en sachá inchi.

Cuadro 42. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el pH del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	pH (1:1) (Mol H ⁺ L)	
a ₁ (S:7)	5.52	a
a ₂ (S:13)	5.49	a

Del cuadro 42, se deduce que no existe diferencia significativa entre los ecotipos estudiados S:7 (a_1) y S:13 (a_2) en el carácter pH del suelo en sachá inchi.

b. Nitrógeno

Cuadro 43. Resumen de análisis de variancia del nitrógeno del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Nitrógeno (%)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	0.0044	n.s
Tratamientos	7	0.0022	n.s
A (Ecotipos)	1	0.0012	n.s
D (Densidades)	3	0.0022	n.s
A x D	3	0.0026	n.s
Error experimental	14	0.0013	
Total	23		
C.V. =		23.48%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 43, se deduce lo siguiente:

- Respecto al nitrógeno del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.
- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.
- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 44. Resumen de análisis de variancia de efectos simples para el nitrógeno del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Nitrógeno (%)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	0.0028	n.s
A en d ₂	1	0.0001	n.s
A en d ₃	1	0.0032	n.s
A en d ₄	1	0.0028	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	0.0006	n.s
D en a ₂	3	0.0042	n.s
Error experimental	14	0.0013	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 44, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó los dos ecotipos de sachá inchi en estudio (a₁) y (a₂).

Cuadro 45. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del nitrógeno del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Nitrógeno (%)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		0.19		a
	a ₁ (S:7)		0.15		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		0.18		a
	a ₂ (S:13)		0.17		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		0.16		a
	a ₂ (S:13)		0.12		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		0.16		a
	a ₂ (S:13)		0.12		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	0.18	a	d ₁	0.19	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	0.16	a	d ₂	0.17	a d
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	0.16	a	d ₃	0.12	b d e
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	0.15	a	d ₄	0.12	c d e

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 45, se indica que entre los ecotipos estudiados S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias significativas, en el carácter nitrógeno del suelo en sachá inchi.

Cuadro 46. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el nitrógeno del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Nitrógeno (%)	
a ₁ (S:7)	0.16	a
a ₂ (S:13)	0.15	a

Del cuadro 46, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados S:7 (a_1) y S:13 (a_2) en el carácter nitrógeno del suelo en sachá inchi.

c. Fósforo

Cuadro 47. Resumen de análisis de variancia del fósforo del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Fósforo (ppm)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	0.4529	n.s
Tratamientos	7	0.6114	n.s
A (Ecotipos)	1	1.6017	n.s
D (Densidades)	3	0.6656	n.s
A x D	3	0.2272	n.s
Error experimental	14	1.4905	
Total	23		
C.V. =		15.39%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 47, se deduce lo siguiente:

- Respecto al fósforo del suelo, durante todo el período de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.

- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.

- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 48. Resumen de análisis variancia de efectos simples para el fósforo del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Fósforo (ppm)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	0.6017	n.s
A en d ₂	1	1.3067	n.s
A en d ₃	1	0.0000	n.s
A en d ₄	1	0.3750	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	0.2697	n.s
D en a ₂	3	0.6231	n.s
Error experimental	14	1.4905	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 48, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra en el fósforo del suelo en sachá inchi. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer (a₁) y segundo ecotipo (a₂) de este cultivo.

Cuadro 49. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del fósforo del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fósforo (ppm)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		8.63		a
	a ₂ (S:13)		8.00		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		8.07		a
	a ₂ (S:13)		7.13		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		8.10		a
	a ₂ (S:13)		8.10		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		7.97		a
	a ₂ (S:13)		7.47		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	8.63	a	d ₃	8.10	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	8.10	a	d ₁	8.00	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	8.07	a	d ₄	7.47	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	7.97	a	d ₂	7.13	a

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

El cuadro 49, muestra que entre los ecotipo S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con una densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias estadísticas significativas, en el carácter fósforo del suelo en sachá inchi.

Cuadro 50. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el fósforo del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Fósforo (ppm)	
a ₁ (S:7)	8.19	a
a ₂ (S:13)	7.68	a

Del cuadro 50, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:7 (a_1) supera en el carácter fósforo del suelo en sachá inchi respecto al ecotipo S:13 (a_2) entre los ecotipos estudiados en el experimento.

d. Potasio

Cuadro 51. Resumen de análisis de variancia del potasio del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Potasio (kg ha ⁻¹)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	258.2917	n.s
Tratamientos	7	21.4048	n.s
A (Ecotipos)	1	66.6667	n.s
D (Densidades)	3	7.7222	n.s
A x D	3	20.0000	n.s
Error experimental	14	91.3869	
Total	23		
C.V. =		3.55%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 51, se deduce lo siguiente:

- Respecto al potasio del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.

- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.

- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 52. Resumen de análisis variancia de efectos simples para el potasio del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Potasio (kg ha ⁻¹)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	6.0000	n.s
A en d ₂	1	24.0000	n.s
A en d ₃	1	54.0000	n.s
A en d ₄	1	42.6667	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	24.0833	n.s
D en a ₂	3	3.6389	n.s
Error experimental	14	91.3869	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 52, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó los dos ecotipos estudiados (a₁ y a₂) de sachá inchi.

Cuadro 53. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del potasio del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Potasio (kg ha ⁻¹)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		271.67		a
	a ₂ (S:13)		269.67		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		270.00		a
	a ₁ (S:7)		266.00		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		272.00		a
	a ₁ (S:7)		266.00		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		271.33		a
	a ₁ (S:7)		266.00		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	271.67	a	d ₃	272.00	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	266.00	a	d ₄	271.33	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	266.00	a	d ₂	270.00	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	266.00	a	d ₁	269.67	a

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 53, se indica que entre los ecotipos S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias significativas, en el carácter potasio del suelo en sachá inchi.

Cuadro 54. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el potasio del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Potasio (kg ha ⁻¹)	
a ₁ (S:7)	267.42	a
a ₂ (S:13)	270.75	a

Del cuadro 54, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:7 (a_1) supera en el carácter potasio del suelo en sachá inchi respecto al ecotipo S:13 (a_2).

e. Porcentaje de bases cambiables

Cuadro 55. Resumen de análisis de variancia del porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Porcentaje de bases cambiables	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	80.3461	n.s
Tratamientos	7	39.0867	n.s
A (Ecotipos)	1	8.7403	n.s
D (Densidades)	3	18.5298	n.s
A x D	3	69.7590	n.s
Error experimental	14	33.3867	
Total	23		
C.V. =		6.13%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 55, se deduce lo siguiente:

- Respecto al porcentaje de bases cambiables del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.

- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.

- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 56. Resumen de análisis variancia de efectos simples para el porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Porcentaje de bases cambiables	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	12.7511	n.s
A en d ₂	1	22.9795	n.s
A en d ₃	1	0.6395	n.s
A en d ₄	1	181.6470	s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	78.0924	n.s
D en a ₂	3	10.1964	n.s
Error experimental	14	33.3867	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 56, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó los dos ecotipos estudiados (a₁ y a₂) de esta oleaginosa.

Cuadro 57. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Porcentaje de bases cambiables					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		97.51		a
	a ₂ (S:13)		94.60		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		96.84		a
	a ₂ (S:13)		92.93		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		94.74		a
	a ₁ (S:7)		94.09		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		97.39		a
	a ₁ (S:7)		86.38		b
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	97.51	a	d ₄	97.39	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	96.84	a c	d ₃	94.74	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	94.09	a c d	d ₁	94.60	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	86.38	b c d	d ₂	92.93	a

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 57, se muestra que entre los ecotipos S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 58. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Porcentaje de bases cambiables	
a ₁ (S:7)	93.71	a
a ₂ (S:13)	94.91	a

Del cuadro 58, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:7 (a_1) supera en el carácter porcentaje de bases cambiables del suelo en sachá inchi respecto al ecotipo S:13 (a_2).

C. Efecto sobre las propiedades biológicas

a. Materia orgánica

Cuadro 59. Resumen de análisis de variancia del porcentaje de materia orgánica del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Materia orgánica (%)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	2.1579	n.s
Tratamientos	7	1.1028	n.s
A (Ecotipos)	1	0.5704	n.s
D (Densidades)	3	1.0849	n.s
A x D	3	1.2982	n.s
Error experimental	14	0.6546	
Total	23		
C.V. =		23.48%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 59, se deduce lo siguiente:

- Respecto a la materia orgánica del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos, efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D) y efecto de bloques.

- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.

- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 60. Resumen de análisis variancia de efectos simples para la materia orgánica del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Materia orgánica (%)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	1.4017	n.s
A en d ₂	1	0.0600	n.s
A en d ₃	1	1.6017	n.s
A en d ₄	1	1.4017	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	0.2956	n.s
D en a ₂	3	2.0875	n.s
Error experimental	14	0.6546	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 60, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó los dos ecotipos estudiados (a₁ y a₂) de sachá inchi.

Cuadro 61. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples de la materia orgánica del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Materia orgánica (%)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)			4.20	a
	a ₁ (S:7)			3.23	a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)			4.00	a
	a ₂ (S:13)			3.80	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)			3.60	a
	a ₂ (S:13)			2.75	a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)			3.57	a
	a ₂ (S:13)			2.60	a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	4.00	a	d ₁	4.20	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	3.60	a	d ₂	3.80	a d
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	3.57	a	d ₄	2.60	b d e
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	3.23	a	d ₃	2.57	c d e

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 61, se muestra que entre los ecotipos S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias estadísticas, en el carácter materia orgánica del suelo en sachá inchi.

Cuadro 62. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la materia orgánica del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Materia orgánica (%)	
a ₁ (S:7)	3.60	a
a ₂ (S:13)	3.29	a

Del cuadro 62, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:7 (a_1) supera en el carácter materia orgánica de sachá inchi respecto al ecotipo S:13 (a_2).

b. Nitrógeno total

Cuadro 63. Resumen de análisis de variancia del porcentaje de nitrógeno total del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Nitrógeno total ($t\ ha^{-1}$)	
		Cuadrados medios	
Bloques	2	1.3310	s
Tratamientos	7	0.5859	n.s
A (Ecotipos)	1	0.2876	n.s
D (Densidades)	3	0.4242	n.s
A x D	3	0.8471	n.s
Error experimental	14	0.3252	
Total	23		
C.V. =		23.35%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 63, se deduce lo siguiente:

- Respecto al nitrógeno total del suelo, durante todo el periodo de evaluación del experimento no se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos y efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D). Sin embargo, se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de bloques.

- En el efecto de densidad de siembra (D) y en el efecto de ecotipos (A), no existe diferencias estadísticas significativas.
- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo.

Cuadro 64. Resumen de análisis variancia de efectos simples para el nitrógeno total del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Nitrógeno total (t ha ⁻¹)	
		Cuadrados medios	
Ecotipos (A)			
A en d ₁	1	1.0661	n.s
A en d ₂	1	0.1077	n.s
A en d ₃	1	1.1750	n.s
A en d ₄	1	0.4802	n.s
Densidades (D)			
D en a ₁	3	0.2034	n.s
D en a ₂	3	1.0679	n.s
Error experimental	14	0.3252	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 64, se concluye que:

- No existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d₁), segunda (d₂), tercera (d₃) y cuarta (d₄) densidad de siembra. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó los dos ecotipos estudiados (a₁ y a₂) de sachá inchi.

Cuadro 65. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples del nitrógeno total del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Nitrógeno total (t ha ⁻¹)					
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)					
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)		3.07		a
	a ₁ (S:7)		2.23		a
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		2.83		a
	a ₂ (S:13)		2.56		a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		2.68		a
	a ₂ (S:13)		1.79		a
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)		2.47		a
	a ₂ (S:13)		1.91		a
Efecto simple del factor ecotipo (A)					
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)	
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	2.83	a	d ₁	3.07	a
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	2.68	a	d ₂	2.56	a d
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	2.47	a	d ₄	1.91	b d e
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	2.23	a	d ₃	1.79	c d e

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 65, se muestra que entre los ecotipos S:7 (a₁) y S:13 (a₂) con densidades de siembra de 1667 plantas ha⁻¹ (d₁), 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) y 952 plantas ha⁻¹ (d₄), no existe diferencias estadísticas en el carácter nitrógeno total (t/ha) del suelo en sachá inchi.

Cuadro 66. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en el nitrógeno total del suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Nitrógeno total (t ha ⁻¹)	
a ₁ (S:7)	2.55	a
a ₂ (S:13)	2.33	a

Del cuadro 66, se deduce que no existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:7 (a_1) supera en el carácter nitrógeno total del suelo en sachá inchi respecto al ecotipo S:13 (a_2).

c. Respiración microbiana

Dentro de la calidad del suelo se ha considerado la determinación de la respiración microbiana, la misma que se realizó al inicio del experimento, considerándose el suelo sin materia orgánica y suelo con materia orgánica, teniendo 24 muestras para cada suelo. Las evaluaciones de liberación de CO_2 se realizó en un periodo de tres meses aproximadamente, siendo la primera semana evaluaciones diarias, luego cada 5, 11 y 16 días la misma que ha estado sujeto a la actividad microbiana.

Cuadro 67. Resumen de análisis de variancia en la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Respiración microbiana (mg CO_2 -c/100 g suelo)			
		Cuadrados medios			
		Sin materia orgánica		Con materia orgánica	
Bloques	2	0.0001	n.s	0.0000	n.s
Tratamientos	7	0.0002	s	0.0003	s
A (Ecotipos)	1	0.0000	n.s	0.0005	s
D (Densidades)	3	0.0001	n.s	0.0003	s
A x D	3	0.0003	s	0.0002	s
Error experimental	14	0.0001		0.0000	
Total	23				
C.V. =		43.40%		31.36%	

N.S : No significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 67, se deduce lo siguiente:

- Respecto a la respiración microbiana en el suelo sin materia orgánica y suelo más materia orgánica, durante todo el periodo de evaluación del experimento se ha encontrado diferencias estadísticas significativas en el efecto de tratamientos y en el efecto de la interacción ecotipos (A) x densidades de siembra (D): mientras que, para efecto de bloques las diferencias no son estadísticamente significativas para ambos tipos de suelos.
- En el efecto de densidad de siembra (D), solo se observa diferencias significativas en el suelo con materia orgánica siendo no significativas en el suelo sin materia orgánica. Del mismo modo sucede en el efecto de ecotipos (A).
- El coeficiente de variabilidad, se encuentran dentro del rango aceptable para el trabajo experimental en campo, en los dos tipos de suelos evaluados.

Cuadro 68. Resumen de análisis variancia de efectos simples para la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente de variación	G.L.	Respiración microbiana (mg CO ₂ -C/100 g suelo)			
		Cuadrados medios			
		Sin materia orgánica		Con materia orgánica	
Ecotipos (A)					
A en d ₁	1	0.0001	n.s	0.0001	n.s
A en d ₂	1	0.0001	n.s	0.0010	s
A en d ₃	1	0.0005	s	0.0000	n.s
A en d ₄	1	0.0002	n.s	0.0001	n.s
Densidades (D)					
D en a ₁	3	0.0002	s	0.0004	s
D en a ₂	3	0.0001	n.s	0.0001	n.s
Error experimental	14	0.0001		0.0000	

N.S : No existe significación estadística.

S : Significación de estadística al 5% de probabilidad.

Del cuadro 68, se concluye que:

- En suelo sin materia orgánica no existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utilizó la primera (d_1), segunda (d_2) y cuarta (d_4) densidad de siembra. Sin embargo, existe diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la tercera (d_3) densidad de siembra en la respiración microbiana ($\text{mg CO}_2\text{-c}/100 \text{ g suelo}$). Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer ecotipo (a_1) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el segundo ecotipo de esta euforbiácea.

- En suelo con materia orgánica, no existen diferencias estadísticas significativas entre los ecotipos (A) cuando se utiliza la primera (a_1), tercera (a_3) y cuarta (a_4) densidad de siembra. Sin embargo, existe diferencias estadísticas entre los ecotipos cuando se utilizó la segunda (a_2) densidad de siembra en la respiración microbiana ($\text{mg CO}_2\text{-c}/100 \text{ g suelo}$). Por otro lado, se encontró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra (D) cuando se utilizó el primer ecotipo (a_1) de sachá inchi, no pudiéndose probar diferencias estadísticas entre las densidades de siembra al utilizar el segundo ecotipo de sachá inchi.

Cuadro 69. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el estudio de efectos simples en la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Respiración microbiana (mg CO ₂ -c/100 g suelo)														
Efecto simple del factor densidad de siembra (D)														
Sin materia orgánica						Con materia orgánica								
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)	0.02	a	a ₁ (S:7)	0.03	a	d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)	0.04	a	d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	0.02	a
	a ₂ (S:13)	0.02	a	a ₂ (S:13)	0.02	a		a ₁ (S:7)	0.01	a		a ₂ (S:13)	0.01	b
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)	0.02	a	a ₁ (S:7)	0.01	a	d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	a ₂ (S:13)	0.02	a	d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	a ₁ (S:7)	0.01	a
	a ₂ (S:13)	0.01	b	a ₂ (S:13)	0.02	a		a ₁ (S:7)	0.01	a		a ₂ (S:13)	0.01	a
Efecto simple del factor ecotipo (A)														
	a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)			a ₁ (S:7)			a ₂ (S:13)				
d ₁ (1667 pl ha ⁻¹)	0.02	a	d ₁	0.02	a	d ₂	0.04	a	d ₁	0.02	a			
d ₄ (952 pl ha ⁻¹)	0.02	a d	d ₂	0.02	a	d ₁	0.03	b e	d ₃	0.02	a b			
d ₂ (1333 pl ha ⁻¹)	0.01	b e g	d ₃	0.02	a	d ₃	0.01	c f h	d ₂	0.01	a b d			
d ₃ (1111 pl ha ⁻¹)	0.01	c f g	d ₄	0.01	a	d ₄	0.01	d g h	d ₄	0.01	a c d			

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significación estadística.

En el cuadro 69, se muestra que el ecotipo S:13 (a₂) con una densidad de siembra de 1111 plantas ha⁻¹ (d₃) en suelo sin materia orgánica, supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:7 (a₁) con una densidad de siembra de 1111 plantas ha⁻¹ (d₃), en el carácter de la respiración microbiana (mg CO₂-c/100 g suelo) en sachá inchi. De modo diferente, en suelo con materia orgánica el ecotipo S:7 (a₁) con una densidad de siembra de 1333 plantas ha⁻¹ (d₂), supera significativamente a las demás combinaciones, ocupando en el último lugar el ecotipo S:13 (a₂) con una densidad de siembra de 1,333 plantas ha⁻¹ (d₂), en el carácter de la respiración microbiana (mg co₂-c/100 g suelo) en sachá inchi.

Cuadro 70. Resumen de prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el efecto principal de ecotipos (A) en la respiración microbiana en el suelo en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Ecotipo	Respiración microbiana (mg CO ₂ -c/100 g suelo)			
	Cuadrados medios			
	Sin materia orgánica		Con materia orgánica	
a ₁ (S:7)	0.02	a	0.0229	a
a ₂ (S:13)	0.02	a	0.0136	b

Del cuadro 70, se deduce que existe diferencia significativa entre los dos ecotipos estudiados siendo el ecotipo S:7 (a₁) supera en el carácter respiración microbiana (mg CO₂-c/100 g suelo) de sachá inchi respecto al ecotipo S:13 (a₂), en suelo con materia orgánica. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los ecotipos estudiados en suelo sin materia orgánica.

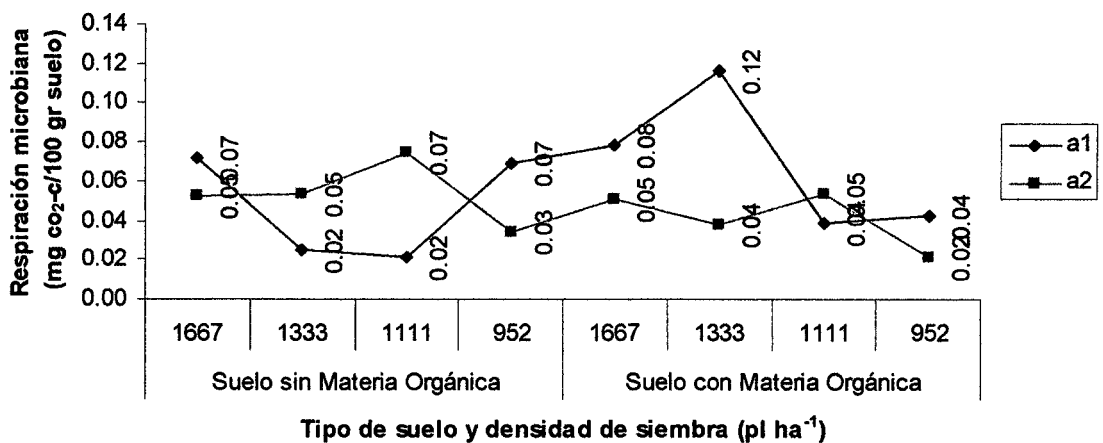


Figura 7. Fluctuaciones de la respiración microbiana en el suelo con y sin incorporación de materia orgánica.

V. DISCUSIÓN

5.1. De los parámetros biométricos del cultivo sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

5.1.1. De la altura de planta

Al realizarse el análisis de variancia para el carácter altura de planta (Cuadro 5), se encontró diferencias significativas al inicio del experimento en el efecto principal de ecotipos (A). Sin embargo, se encontró diferencias significativas en todo el experimento respecto a la interacción (AxD), lo que nos indica que existe un comportamiento diferencial entre los componentes de cada fuente de variación.

De acuerdo al cuadro 7, respecto a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el estudio de efectos simples, se encontró al final del experimento que el ecotipo S:13 (a_2) bajo el efecto de la densidad de 1667 pl ha⁻¹ (d_1) resultó ser superior a las demás combinaciones, no superando significativamente a la densidad de 1111 pl ha⁻¹ (d_3). Por otra parte el ecotipo S:7 (a_1) bajo el efecto de la densidad de 1667 pl ha⁻¹ (d_1) resultó ser inferior a las demás combinaciones.

Del cuadro 8, en relación a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) al final del experimento para el efecto principal de ecotipos, en el carácter altura de planta, se encontró que el ecotipo S:7 (a_1) con 330.34 cm es superior a S:13 (a_2) con 319.05 cm.

De esto se deduce que los valores de los dos ecotipo estudiados (S:7 y S:13) no están relacionados a la respuesta de la densidad empleada, si no debido a la constitución genética, la misma que puede ser influenciada por los nutrientes disponibles del suelo, similar a lo dicho lo reporta en otros estudios realizados en *Guazuma crinita* y *Ceiba samauma* RIOS y CALLE (2009); QUEVEDO y DEL CASTILLO (2009). Asimismo, la disponibilidad de nutrientes en el suelo contribuye a que no exista competencia en la fase reproductiva del cultivo, obligando a las plantas el aprovechamiento por unidad de área, parecido al resultado encontrado lo señala el CIAT (1984) en un estudio realizado en *Phaseolus vulgaris* L. Sin embargo, con frecuencia se deduce que a menor número de plantas por hectárea la altura será mayor, y a mayor número de plantas la altura será menor; el cual puede estar relacionado con el carácter genético o genotípico de la planta o a la respuesta a algunas condiciones geomorfodinámicas, similar resultado lo hace referencia en un estudio sobre leguminosas BRUNO (1990).

Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo se deduce que a menor densidad prosperan las malezas en todas las fases del cultivo, posiblemente debido a la mayor disponibilidad de luz, mientras que con densidades altas ocurre lo contrario; también se observó que las plantas a una mayor densidad sufren entrecruzamiento de ramas y volcamiento de plantas ya sea por efecto del peso de las plantas o vientos fuertes que sobrepasan la resistencia de los tutores vivos el cual dificulta el manejo agronómico; ello puede contrarrestarse con podas esporádicas.

El mismo, que tiene gran importancia ambiental debido al reciclaje de nutrientes esenciales para la nutrición mineral de los cultivos y carbono orgánico para la proliferación microbiana en el suelo, aspectos determinantes de la calidad del suelo y producción sostenible.

5.1.2. Diámetro de tallo

Del cuadro 9, respecto al análisis de variancia al final del experimento del carácter diámetro de tallo; se encontró que no existen diferencias significativas en la fuente de variación en los caracteres evaluados. Del cual se deduce que en estos caracteres no estuvieron influenciados por las densidades empleadas, en el cual los ecotipos también presentaron su máxima expresión en sus caracteres fenotípicos propios; con influencia relativa en el rendimiento o producción del cultivo de sachá inchi, este resultado se asemeja a lo reportado por BUNCH (2009) en su artículo sobre “El manejo del suelo vivo”, quien manifiesta, que la cantidad o concentración de nutrientes no es el factor que favorece el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos, sino que es el acceso constante de las raíces de los cultivos a una cantidad balanceada de nutrientes el factor que realmente favorece.

Sin embargo, un trabajo referido al “Crecimiento inicial de *Guazuma crinita* trasplantada a campo abierto con aplicación de tres dosis de humus de lombriz y a tres distanciamientos” (RIOS y CALLE, 2009), mencionan que el diámetro de plantas fue influenciado más por la dosis de humus de lombriz, que por la distancia de siembra.

Finalmente, en este primer año de evaluación no se dió una diferenciación entre los tratamientos estudiados ya que las plantas con la

disposición de nutrientes en el suelo sumado a la fase vegetativa, a pesar de la exigencia dentro de la fase reproductiva, no ha existido una competencia, simplemente un aprovechamiento de la reserva del suelo, de la planta y de su propia unidad de área, encontrando similar resultado reportado por el CIAT (1984) en un estudio sobre la "Morfología de la planta de frijol común". Sin embargo, es probable que la tendencia sea diferente a partir del segundo año de producción, tal como ocurre en otros cultivos. Así por ejemplo MANDUJANO (1986) en un trabajo de investigación en variedades de frijol arbustiva en Tingo María, encontró que el incremento del distanciamiento entre hilera tiende a aumentar la altura de la planta.

El diámetro de tallo, al igual que la altura de planta, tiene gran importancia ambiental debido al reciclaje de carbono orgánico, el cual debido a su complejidad química y estabilidad bioquímica, es lentamente descompuesto por actividad microbiana y consecuentemente con efecto más prolongado en la calidad del suelo, expresados en términos de estructuración del suelo.

5.1.3. Distanciamiento de entrenudos

En el cuadro 13, al realizarse el análisis de variancia para el carácter distanciamiento de entrenudos, se encontró diferencias significativas al final del experimento en el efecto principal de ecotipos (A). De igual modo, se encontró diferencias significativas respecto a la interacción (AxD), lo que nos indica que existe un comportamiento diferencial entre los componentes de cada fuente de variación.

De acuerdo al cuadro 15, respecto a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el estudio de efectos simples, se encontró al final del experimento

que el ecotipo S:7 (a_1) bajo el efecto de la densidad de 1333 pl ha⁻¹ (d_2) resultó ser superior a las demás combinaciones, sin superar significativamente a la densidad de 1111 pl ha⁻¹ (d_3). Por otra parte, el ecotipo S:13 (a_2) bajo el efecto de la densidad de 1333 pl ha⁻¹ (d_2) resultó ser menor a las demás combinaciones.

Del cuadro 16, en relación a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) al final del experimento para el efecto principal de ecotipos, en el carácter distanciamiento de entrenudos, se encontró que el ecotipo S:7 (a_1) con 6.95 cm es superior a S:13 (a_2) con 6.49 cm.

De esto se deduce que los valores de los dos ecotipos estudiados (S:7 y S:13) al final del experimento, están relacionados a la respuesta de la densidad empleada y a la respuesta de algunas condiciones geomorfodinámicas.

Con las observaciones realizadas en campo se deduce que a mayor densidad las plantas tienden a competir por la luz, nutrientes y agua principalmente, de manera que los entrenudos serán más largos, mientras que con densidades bajas ocurre lo contrario.

Es así que las plantas en fase reproductiva, están obligados a competir y por ende al aprovechamiento de las condiciones geomorfodinámicas de acuerdo al espaciamiento de siembra, este resultado coincidentemente se familiariza con lo reportado por el CIAT (1984) en un trabajo sobre frijol común. Así también con lo publicado por BRUNO (1990) quien en su publicación

“Leguminosas alimenticias”, menciona que a mayor distanciamiento en la siembra, mejores son las condiciones de crecimiento y desarrollo, debido a que la competencia por nutrientes, luz, humedad, etc., será menor, de tal manera que el crecimiento del frijol aumenta en función a la intensidad luminosa, lo que trae por consiguiente el aumento en el rendimiento fotosintético, desarrollo vegetativo y la producción.

Frente al distanciamiento de entre nudos, al igual que el diámetro de tallo, tiene gran importancia ambiental debido al reciclaje de carbono orgánico, el cual debido a su complejidad química y estabilidad bioquímica, es lentamente descompuesto por actividad microbiana y consecuentemente con efecto mas prolongado en la calidad del suelo, expresados en términos de estructuración del suelo.

5.1.4. Índice de área foliar

En el cuadro 17, al realizarse el análisis de variancia para el carácter índice de área foliar al final del experimento, se encontró diferencias significativas en el efecto principal de ecotipos (A). De igual modo, se encontró diferencias significativas respecto a la interacción (AxD), lo que nos indica que existe un comportamiento diferencial entre los componentes de cada fuente de variación.

De acuerdo al cuadro 19, respecto a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el estudio de efectos simples, se encontró al final del experimento que el ecotipo S:7 (a_1) bajo el efecto de la densidad de 1667 pl ha^{-1} (d_1) resultó ser superior a las demás combinaciones, sin superar significativamente a la

densidad de 1333 pl ha⁻¹ (d₂). Por otra parte el ecotipo S:13 (a₂) bajo el efecto de la densidad de 1333 pl ha⁻¹ (d₂) resultó ser inferior a las demás combinaciones.

Del cuadro 20, en relación a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) al final del experimento para el efecto principal de ecotipos, en el carácter índice de área foliar, se encontró que el ecotipo S:7 (a₁) con 83.06 cm² es superior a S:13 (a₂) con 68.77 cm².

De esto se deduce que los valores de los dos ecotipos estudiados (S:7 y S:13) están relacionados a la respuesta de la densidad empleada, y no debido a la constitución genética. Esto también, puede estar relacionado con el carácter propio de la planta o a la respuesta a algunas condiciones geomorfodinámicas.

Con las observaciones realizadas en campo se deduce que a mayores densidades las plantas tienden a competir por la luz, de manera que el área de las hojas tiende a retrazarse en su crecimiento y desarrollo, mientras que con densidades bajas ocurre lo contrario.

De manera que al finalizar el experimento, las plantas se encuentran en la fase reproductiva, existiendo cambios estructurales y fisiológicos, que incitan a las plantas a aprovechar sus nutrientes de las condiciones geomorfodinámicas, condicionados por las densidades de siembra, las mismas, que han influido en las expresiones de ésta característica, resultado que guarda en parte la coincidencia con lo reportado por el CIAT

(1984) en un trabajo sobre frijol común. Así también por ejemplo, un estudio realizado en Venezuela sobre el crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de frijol 'Caraota' bajo diferentes densidades de población, para evaluar entre ellos Índice de Área Foliar (IAF), obteniéndose resultados mayores en poblaciones menos densas (DÍAZ *et al.*, 2001), lo que no sucedió en este experimento.

Dentro de la importancia ambiental, tenemos que el índice de área foliar esta relacionado al almacenamiento de carbono, debido a la mayor capacidad fotosintética, consecuentemente mayor conversión de CO₂ a carbono orgánico al suelo; asimismo, esta relacionado con la disminución en el impacto de la gota de lluvia para la conservación del suelo.

5.1.5. Del rendimiento de semillas secas de sachá inchi

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, el rendimiento total de sachá inchi, depende de diversos factores, es así que el ecotipo S:13 (a₂) con una densidad de 952 plantas ha⁻¹, alcanzó una producción de 1.27219 t ha⁻¹, el mismo que fue superior a las demás combinaciones; por otra parte el ecotipo S:7 (a₁), con una densidad de 952 plantas ha⁻¹ (d₄) ocupó el último lugar con un rendimiento de 0.28950 t ha⁻¹, al compararse los rendimientos obtenidos por los ecotipos S:7 y S:13, se encontró que estarían dentro del margen aceptable del rendimiento; por que la menor densidad de plantas (952 pl ha⁻¹) está dentro del parámetro establecido por investigadores en cuanto a rendimientos reportados de 0.7 a 2.0 t ha⁻¹ de semillas secas para diferentes ecotipos (MINAG, 2006).

Del cuadro 24, podemos mencionar que el efecto principal del factor ecotipos (A) es muy evidente en el rendimiento de semillas secas de sachá inchi, además donde se encontró que el ecotipo a_2 (S:13) con $0,96668 \text{ t ha}^{-1}$ es superior al ecotipo a_1 (S:7) con $0.45186 \text{ t ha}^{-1}$. Estos resultados sugieren que la diferencia de rendimientos están asociados a su potencial de rendimiento o a la expresión de cada uno de los genes relacionados al rendimiento en interacción con las condiciones geomorfodinámicas, parecido al resultado obtenido también lo expresa FLORES (1997) en un trabajo sobre frutales nativos amazónicos. Así también, coincidiendo parcialmente con el resultado del estudio, en un trabajo sobre el rendimiento de cultivares de cocona en Tulumayo, GOMEZ (1997) hace mención que el rendimiento mayor se atribuye a sus características de ser genotipo con amplio rango de adaptabilidad y su comportamiento genético propio en cuanto a su capacidad productiva, comparada bajo una misma condición geomorfodinámica con los demás cultivares.

De la densidad de siembra (D) se aprecia que a menor número de plantas, se obtiene mayor rendimiento, mientras que a mayor número de plantas el rendimiento se reduce, esto es corroborado de acuerdo a nuestros resultados del cuadro 23; pero además estos resultados, demuestran que los distanciamientos a que se ubica cualquier planta está supeditado a la naturaleza del cultivo, variedad cultivada, clima, tipo de suelo, fertilidad del suelo, pendiente, etc. Este resultado se asemeja a lo reportado por LOLLATO (1982) en un estudio sobre distancias entre hileras y densidades de siembra en la calidad de frijol, en lo que menciona que a menor distanciamiento de

siembra, disminuye el peso individual de las semillas y a mayor espaciamiento se obtiene mayor peso de semillas. El bajo peso de las semillas, es debido a la competencia de nutrientes, temperatura, luz, humedad del suelo y agua, reflejada en plantas desnutridas y menos desarrolladas; lo que implica capacidad fisiológica para una menor carga productiva.

Por lo mencionado, la mayor producción de follaje implica mayor capacidad fotosintética y mayor transformación de carbono inorgánico consecuentemente mayor almacenamiento de carbono orgánico vegetal, el cual se traduce en mejor constitución de la semilla y por ende mejora en la producción.

5.2. Análisis económico y rentabilidad del rendimiento de sachá inchi

En el cuadro 25, se muestra un análisis económico y de rentabilidad en base al rendimiento del cultivo de sachá inchi. Al analizarse la rentabilidad obtenida en base a los costos de producción y el valor de producción, se observa que el tratamiento T₈ (ecotipo S:13, con 952 pl ha⁻¹) resultó ser el más beneficioso con 426.11% de índice de rentabilidad, resultado que fue debido al mayor rendimiento que presenta el ecotipo S:13 a la baja densidad; seguido por los tratamientos T₇ (ecotipo S:13, con 1111 pl ha⁻¹), T₅ (ecotipo S:13, con 1667 pl ha⁻¹), T₃ (ecotipo S:7, con 1111 pl ha⁻¹), T₂ (ecotipo S:7, con 1333 pl ha⁻¹), T₆ (ecotipo S:13, con 1333 pl ha⁻¹), T₄ (ecotipo S:7, con 952 pl ha⁻¹) y T₁ (ecotipo S:7, con 1667 pl ha⁻¹) con índices de rentabilidad de 235.31; 153.74; 73.34; 71.09; 69.49; 19.72 y 6.15% respectivamente. Estos resultados sugieren que al cultivar sachá inchi se tenga en cuenta el ecotipo S:13 a bajas densidades.

A partir del ingreso bruto (rendimiento x costo de semillas secas de sachá inchi), se explica la relación beneficio/costo (B/C), obteniéndose mediante la división del valor de producción y el costo de producción, para cada uno de los tratamientos en estudio, donde el mayor valor de la relación B/C lo obtuvo el tratamiento T₈ (ecotipo S:13, con 952 pl ha⁻¹) con 5.26%; seguido por los tratamientos T₇ (ecotipo S:13, con 1111 pl ha⁻¹), T₅ (ecotipo S:13, con 1667 pl ha⁻¹), T₃ (ecotipo S:7, con 1111 pl ha⁻¹), T₂ (ecotipo S:7, con 1333 pl ha⁻¹), T₆ (ecotipo S:13, con 1333 pl ha⁻¹), T₄ (ecotipo S:7, con 952 pl ha⁻¹), con 3.35, 2.54, 1.73, 1.71, 1.69 y 1.20% respectivamente, el último lugar lo ocupa el tratamiento T₁ (ecotipo S:7, con 1667 pl ha⁻¹) con 1.06%. Los valores altos de la relación B/C se vieron incrementados por los menores costos de producción, paralelos a ello las diferencias significativas de los rendimientos entre tratamientos en estudio.

Para una mayor ilustración se muestra la figura 6, en la que se aprecia los índices de rentabilidad obtenidas por los tratamientos con respecto al costo de producción y el rendimiento neto obtenido, siendo los más destacados los tratamientos T₈ (Ecotipo S:13, 952 pl ha⁻¹), T₇ (Ecotipo S:13, 1111 pl ha⁻¹) y T₅ (Ecotipo S:13, 1667 pl ha⁻¹) con 426.11%, 235.31% y 153.74% de utilidad por cada nuevo sol que se invierte respectivamente a diferencia de los demás tratamientos que mostraron porcentajes de utilidad inferiores a los mencionados.

5.3. Identificación de plagas y enfermedades en sachá inchi

El cuadro 26, muestra una serie de insectos y hongos, dentro de los insectos se ha determinado a la clase Insecta (Familias: Formicidae, Reduviidae, Curculionidae 1, Curculionidae 2, Curculionidae 3, Lampyridae, Lycidae, Cercopidae 1, Cercopidae 2, Pentatomidae, Tachinidae, Corixidae, Cerambycidae, Larva de Geometridae y Allculidae) y Arachnida (Familia: Salticidae). Por otro lado, se ha determinado la clase Fungi (*Cronartium* spp., y *Colletotrichum gloeosporoides*). De las cuales las que mayor importancia por el tema de daño económico es la "hormiga coqui" (*Atta* spp.) y la "Roya" (*Cronartium* spp.), coincidiendo en parte con lo reportado por el MINAG (2006), en la que se hace referencia de algunos insectos, hongos, nemátodos como "gusanos cortadores", hormigas (*Acromyrmex* sp.), "arañita roja", en enfermedades el *Fusarium* sp., y nematodos (*Meloidogyne* sp.).

Por otro lado el MINAG (2006) menciona que mantiene la colección más importante de sachá inchi, con amplia variabilidad de ecotipos (47 entradas), identificándose materiales promisorios por sus altos contenidos de aceite; sin embargo, tienen bajos rendimientos y son altamente susceptibles a *Meloidogyne* sp., "nematodo del nudo de la raíz", principal problema fitosanitario por mortandad de plantas al 2^{do} año de producción. Asimismo, se reportan daños considerables por *Fusarium* sp., en estado de plántula y plantas adultas asociados a daños por *Meloidogyne* sp.

5.4. De la determinación de la calidad del suelo

Respecto a los indicadores de la calidad del suelo, no existe diferencias significativas estadísticas para el periodo de evaluación, el cual es relativamente corto comparando con los procesos edafogenéticos que en términos de cronos (un millón de años) imprimen características físicas, químicas y biológicas que son determinantes de la calidad del suelo, ello implica que, los procesos de modificación de las características del suelo es un proceso largo e imperceptible en periodos cortos (anuales o semianuales). Por otro lado hay que considerar que el tiempo del experimento es demasiado corto para encontrar repuestas significativas que hagan cambiar la calidad de suelo, sin embargo con aplicaciones de materia orgánica constante es posible un cambio más rápido.

A. Sobre las propiedades físicas del suelo

a. Capacidad retentiva de agua del suelo, densidad aparente del suelo y compactación del suelo

De los cuadros 27, 31 y 35, respecto a los análisis de variancia de los caracteres de capacidad retentiva de agua del suelo, densidad aparente del suelo y compactación del suelo; se encontró que no existen diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variación en los caracteres evaluados al final del experimento. Ello implica que, estos caracteres no estuvieron influenciados por los ecotipos y densidades empleadas, en cuanto a los ecotipos también presentaron su máxima expresión en sus caracteres fenotípicos propios; con cierta influencia en el rendimiento o

producción del cultivo de sachá inchi, tal como, se observa, al comparar resultados al inicio y final del experimento, en un suelo de textura franco limosa, según el análisis de suelos realizado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, la capacidad retentiva de agua se mostró en 75%, densidad aparente 1.18 g cm^3 , compactación 2.98 kg cm^2 en promedio, y al final del experimento la capacidad retentiva de agua se mostró en 72.60%, densidad aparente 1.18 g cm^3 , compactación 3 kg cm^2 en promedio para toda la parcela experimental. Sin embargo, cabe mencionar, que la incorporación de residuos orgánicos permite una mejor actividad de los organismos del suelo para descomponer la materia orgánica y modificar la estructura agregados porosidad y retención de humedad, sin embargo es con respecto a un mayor tiempo de incorporado asimismo conservara y mejorara las propiedades físicas y químicas del suelo, todo ello permitirá una producción sostenible del cultivo. Al respecto, en un trabajo realizado por PASHANASI *et al.* (2009), respecto al efecto de lombrices de tierra sobre el crecimiento de cultivos anuales y características físicas y químicas en suelos de Yurimaguas, se reporta valores máximos de densidad aparente de 1.22 g cm^3 , valores apropiados para un sistema de manejo continuo de cultivos con bajos insumos. En suelos de mayor percolación este aumento en la densidad aparente es muy beneficioso para mantener la disponibilidad de agua, evitar la pérdida de nutrientes por lixiviación y evitar el estrés de agua en las épocas secas.

De manera que, de acuerdo a los resultados para el primer año de evaluación nos permite afirmar que se mantiene los niveles de calidad del suelo, expresados en términos de la capacidad retentiva de agua, densidad

aparente, compactación, pH, nitrógeno, fósforo, potasio disponible, porcentaje de bases cambiables, materia orgánica, nitrógeno total y respiración microbiana; variables determinantes de la capacidad productiva del suelo en armonía con las consideraciones ambientales tomadas en cuenta desde el establecimiento, manejo y producción del cultivo de sachá inchi; al respecto, en BIOAGRO (2006), hacen mención que la calidad del suelo incluye los conceptos de capacidad productiva del suelo y la protección ambiental, que incluyen el captar, mantener y liberar nutrientes y otros compuestos químicos; captar, mantener y liberar agua a las plantas y recargar las napas subterráneas; y mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo. Sin embargo, algunos tienen resultados distintos a lo obtenido en este trabajo referido a la conservación de la fertilidad del suelo, por citar un ejemplo LLACSA (2008), afirma que la diversidad y la variabilidad de cultivos propician la conservación de la fertilidad de los suelos, algo que no había sido tomado en cuenta con la importancia debida.

Adicionalmente, para el primer año de evaluación del cultivo respecto al comportamiento del suelo, y el mantenimiento de su fertilidad, se puede atribuir a la cantidad de residuos orgánicos propios del cultivo de sachá inchi; tal como se reporta, en trabajos con otros cultivos, así por ejemplo MEDINA *et al.* (2006) en un trabajo en maíz y mango, menciona que el tiempo de uso del suelo con el cultivo de maíz temporal no modificó la densidad aparente. La baja densidad aparente se asoció con una alta porosidad (62 a 65%), lo que parece indicar que estos suelos poseen buena capacidad de agregación, influenciada por un alto contenido de materia orgánica, y quizás también por su contenido de

óxidos férricos, y presentan excelentes condiciones para el crecimiento de cultivos. Por otro lado, PASHANASI *et al.* (2009), afirman que existe cambios en la densidad aparente del suelo con cultivo consecutivos, los mismos que siguen una tendencia variable de subida y bajada que se puede deber a las diferentes tasas de descomposición de los residuos y niveles de humedad del suelo en época seca y húmeda.

Respecto a la compactación, los resultados muestran que a mejorado, el mismo que hace suponer una mejora en la calidad del suelo respecto a este parámetro, el mismo que se ha visto favorecido por labranza cero, incorporación de residuos orgánicos propios del cultivo, que han favorecido a la agregación de las partículas del suelo. Asimismo, la compactación se a visto favorecido por la cantidad y profundidad de raíces del cultivo, coincidiendo en parte con algunos investigadores sobre el origen de la compactación, por ejemplo MIRANDA (2009), dice que la compactación no es solo un problema de carácter mecánico, sino también de degradación por pérdida de materia orgánica, pérdida de agregación de las partículas y otros fenómenos, los cuales requieren medidas de mejoramiento a mediano y largo plazo, como la aplicación de materia orgánica, labores con tracción de bajo peso, introducción de plantas de sistema radical profundo, forestación y otras. Sin embargo la densidad y la porosidad del suelo son características que pueden variar en función del tipo y de la intensidad de labranza, siendo por eso buenos indicadores adecuado de los sistemas de labranza del suelo, indicando la mayor o menor compactación que estos promueven.

De los valores reportados de la capacidad retentiva de agua del suelo al inicio y al final del experimento, se puede decir que los valores de la humedad aprovechable para las plantas esta en un intervalo de 6.9 a 9.1%, las mismas que se consideran bajos y coinciden con los suelos de textura franca, posiblemente estos porcentajes bajos en el intervalo se puede decir que sea al tipo de arcillas dentro de la composición del suelo o a la estructura granular del suelo. Sin embargo, si tomamos en cuenta el ligero incremento al final del experimento podemos decir que en este primer año de evaluación a tenido una ligera influencia la materia orgánica en admitir agua de manera coloidal, que sin duda el agua es un factor ecológico de gran importancia para la producción sostenible del cultivo de sachá inchi, por que influye en los diferentes aspectos nutricionales de la planta, tanto en la solubilidad y disponibilidad de nutrientes para la planta. Parte de lo indicado, coincide con trabajos en suelos realizados por Zavaleta (1992) y Alegre *et al.* (1988), citado por MECHAN (2007), en lo que hacen referencia sobre la textura y la distribución de partículas de los suelos son las que regulan los procesos de movimiento del agua en el suelo y la capacidad retentiva de agua influenciando en la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

De acuerdo a las observaciones realizadas en campo se puede decir que dentro del primer año de evaluación el cultivo de sachá inchi no mostró ninguna influencia sobre estos parámetros evaluados, esperándose que a través del tiempo, influya el cultivo de sachá inchi en estos parámetros, tenga cierta tendencia. Por lo que se espera un mayor volumen vegetal a nivel aéreo y del suelo en base al crecimiento y desarrollo de la planta, a nivel del suelo a

través de cultivos y podas del cultivo a realizarse periódicamente, lo que influiría en una mayor actividad de microorganismos del suelo y por ende un incremento en la fertilidad del suelo teniendo en cuenta los aspectos químicos, físicos y biológicos del suelo.

B. Sobre las propiedades químicas del suelo

a. pH, nitrógeno, fósforo, potasio disponible y porcentaje de bases cambiables del suelo

De los cuadros 39, 43, 47, 51 y 55, respecto a los análisis de variancia de los niveles de pH, nitrógeno, fósforo, potasio disponible y porcentaje de bases cambiables del suelo; se encontró que no existen diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variación en los caracteres evaluados al final del experimento. El cual indica que, estos caracteres no estuvieron influenciados por los ecotipos y densidades de siembra empleadas, en cuanto a los ecotipos también presentaron su máxima expresión en sus caracteres fenotípicos propios; con cierta influencia sobre el rendimiento o producción del cultivo de sachá inchi. Sin embargo, al inicio del experimento el pH (1:1) 5.8, nitrógeno 0.14% N, fósforo 8.20 ppm P, potasio 338 kg ha⁻¹ K₂O, y bases cambiables 100% para todo el experimento, nos indica que se trata de un suelo de fertilidad natural media, reacción moderadamente ácida y textura media (franco limoso), comparado con el análisis realizado al final del experimento pH (1:1) 5.5, nitrógeno 0.16% N, fósforo 7.93 ppm P, potasio 269.29 kg ha⁻¹ K₂O, y bases cambiables 94.62% en promedio para todo el experimento según el análisis de suelos realizado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Al igual que en la capacidad retentiva de agua del suelo, densidad aparente del suelo y compactación del suelo, en base a las observaciones en campo para el primer año de evaluación del cultivo de sachá inchi no mostró ninguna influencia sobre los parámetros evaluados, estimándose que a partir del segundo año la influencia sea más notoria en los parámetros por tratarse de un sistema de producción orgánico, por lo que se espera un mayor volumen vegetal a nivel aéreo y a nivel del suelo en base al crecimiento y desarrollo de la planta, a nivel del suelo a través de cultivos y podas del cultivo a realizar periódicamente, lo que influiría en una mayor actividad de microorganismos del suelo y por ende un incremento en la fertilidad del suelo teniendo en cuenta los aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo. Coincidiendo en parte por FUNES *et al.* (2009), en investigaciones diferentes al sachá inchi, manifiesta que los sistemas agroecológicos, generalmente con una alta agrobiodiversidad e integración, permiten un uso adecuado del suelo, optimizan los flujos de nutrientes, energía y cumplen funciones múltiples que comprenden objetivos ecológicos, económicos y sociales, que conllevan a una producción ecológica sostenible.

Las diferencias estadísticas no significativas, para las propiedades físicas y químicas durante el primer año de evaluación, indican que los niveles de los parámetros o indicadores de la calidad del suelo, está constante, por lo tanto se ha conservado la capacidad productiva del suelo y la protección ambiental, el mismo que a tenido en cuenta el de captar, mantener y liberar nutrientes y algunos compuestos químicos posiblemente; captar, mantener y

liberar agua a las plantas y recargar las napas subterráneas; y mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo y por ende la sostenibilidad en la producción agroecológica del sachá inchi. Todas estas consideraciones se comparten en parte por lo indicado por BIOAGRO (2006) en algunas de sus investigaciones.

Es así que las propiedades químicas del suelo tiene influencia directa en la calidad del agua, la capacidad amortiguamiento del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos, coincidiendo con lo reportado por BIOAGRO (2006) en su investigación sobre los criterios de calidad de suelo agrícola. De modo que, el incremento de los niveles de nitrógeno soluble en el tejido de las plantas tiende a reducir la resistencia a las plagas, aunque esto puede que no sea un fenómeno universal. Por lo que, las prácticas de incorporación orgánica promueven el incremento de la materia orgánica del suelo y la actividad microbiana y una liberación gradual de nutrientes a la planta, permitiendo teóricamente a las plantas derivar una nutrición más balanceada. Así, mientras que la cantidad de nitrógeno inmediatamente disponible para el cultivo pueda ser menor bajo fertilización orgánica, el estado total de la nutrición del cultivo puede que sea mejor, tal como lo manifiesta NICHOLLS y ALTIERI (2009) en un trabajo sobre suelos saludables, plantas saludables.

Se considera que las variaciones de los parámetros o indicadores de la calidad del suelo tendrán una variación temporal en función de los efectos del

cultivo de sachá inchi, con un tiempo más prolongado teniendo en cuenta una producción agroecológica sostenible, ello implica que a partir del segundo año de evaluación se encontrará tendencia de variación de estos parámetros.

C. Sobre las propiedades biológicas del suelo

a. Materia orgánica y nitrógeno total del suelo

De los cuadros 59 y 63, respecto a los análisis de variancia de los caracteres de materia orgánica y nitrógeno total del suelo; se encontró que no existen diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variación en los caracteres evaluados al final del experimento. Del cual se deduce que en estos caracteres no estuvieron influenciados por los ecotipos y densidades empleadas, en cuanto a los ecotipos también presentaron su máxima expresión en sus caracteres fenotípicos propios; pero esto de una u otra forma influye en el rendimiento o producción del cultivo de sachá inchi. Sin embargo, al inicio del experimento la materia orgánica es de 3.10% y nitrógeno total 2.19 t ha^{-1} , comparado con el análisis de suelo realizado al final del experimento la materia orgánica es de 3.45% y nitrógeno total 2.44 t ha^{-1} , la misma que nos indica que se trata de un suelo franco limoso según el análisis de suelos realizado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Teniendo en cuenta el pequeño incremento en el porcentaje de la materia orgánica y el nitrógeno total al final del experimento, producto de la incorporación de restos del cultivo, malezas y restos de los tutores vivos entre otros. De esta manera la fertilidad del suelo se conserva considerando condiciones agroecológicas en la producción de sachá inchi. De manera que el contenido de materia orgánica de cualquier horizonte del suelo depende, en parte, de la magnitud del aporte anual de restos

orgánicos y del porcentaje de materia orgánica que se mineraliza cada año, disminuyendo drásticamente con la profundidad. En consecuencia, el incremento de la materia orgánica, se debería a una captación a partir de restos orgánicos ya sea del cultivo, malezas o animales incorporando superficial y subsuperficialmente al suelo, y el descenso en la tasa de descomposición de la misma, ya que además la labranza en el cultivo no ha existido, lo que ha implicado el retorno al suelo de una parte de los nutrientes extraídos por la planta y el fortalecimiento de estabilidad estructural de éste, tomando en cuenta una producción saludable en un suelo saludable como lo manifiesta en una de sus investigaciones NICHOLLS y ALTIERI (2009).

Está demostrado que incrementos mínimos de materia orgánica mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Aunque es posible que los distintos componentes de la materia orgánica estén afectando simultáneamente y en forma distinta estas propiedades, tal como lo afirma PEREZ *et al.* (2009) en trabajos realizados en otros cultivos. Sin embargo, pérdidas de los niveles de materia orgánica conducen a la disminución de la actividad biológica de la biomasa microbiana, según OGAS *et al.* (2006), reporta que los incrementos y pérdidas de la materia orgánica del suelo, esta relacionado a la capacidad de retención de agua (estructura), nutrientes (CIC) y aire (porosidad). Además, con la tasa de mineralización de la materia orgánica, que libera los nutrientes que podrán ser aprovechados por las plantas.

Finalmente, de los resultados obtenidos para el periodo de evaluación, se espera que a partir del segundo año la influencia tienda ser perceptible,

debido a un mayor volumen vegetal a nivel aéreo y a nivel radicular en base al crecimiento y desarrollo de la planta, que será reciclado a través de rastrojos y podas del cultivo a realizar periódicamente, que influye en una mayor actividad de microorganismos del suelo y por ende en el incremento en la fertilidad del suelo, dentro de un contexto de eficiencia económica, ecológica y ambiental para una producción sostenible.

b. Respiración microbiana

Al realizarse el análisis de variancia para el carácter respiración microbiana en el suelo (Cuadro 67), no se encontró diferencias significativas en el suelo sin la aplicación de materia orgánica en el efecto principal de ecotipos (A), lo que no sucedió en el suelo con aplicación de materia orgánica. Sin embargo, se encontró diferencias significativas en la interacción (AxD) en ambos suelos durante el experimento, lo que nos indica que existe un comportamiento diferencial entre los componentes de cada fuente de variación.

De acuerdo al cuadro 69, respecto a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el estudio de efectos simples, se encontró en el experimento que el ecotipo S:7 (a_1) en suelo con aplicación de materia orgánica bajo el efecto de la densidad de 1333 pl ha⁻¹ (d_2) resultó ser superior a las demás combinaciones, superando significativamente a la densidad de 1667 pl ha⁻¹ (d_1). Por otra parte el ecotipo S:7 (a_1) bajo el efecto de la densidad de 1333 pl ha⁻¹ (d_2) y 1111 pl ha⁻¹ (d_3); S:13 (a_2) bajo el efecto de la densidad de 952 pl ha⁻¹ (d_4), esto respecto al suelo sin la aplicación de materia orgánica resultó ser inferior a las

demás combinaciones. De igual modo, los ecotipo S:7 (a_1) bajo el efecto de la densidad de 952 pl ha⁻¹ (d_4) y 1111 pl ha⁻¹ (d_3); S:13 (a_2) bajo el efecto de la densidad de 1333 pl ha⁻¹ (d_2) y 952 pl ha⁻¹ (d_4), esto respecto al suelo con la aplicación de materia orgánica resulto ser inferior a las demás combinaciones.

Del cuadro 70, en relación a la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) en el experimento para el efecto principal de ecotipos, en el carácter respiración microbiana, en el suelo sin materia orgánica se encontró que el ecotipo S:7 (a_1) con 0.02 mg CO₂-c/100 g suelo es igual a S:13 (a_2) con 0.02 mg CO₂-c/100 g suelo. Sin embargo, en el suelo con materia orgánica se encontró que el ecotipo S:7 (a_1) con 0.02 mg CO₂-c/100 g suelo es superior al ecotipo S:13 (a_2) con 0.01 mg CO₂-c/100 g suelo.

De acuerdo a los resultados, los valores de la actividad microbiana en el suelo están relacionados a la respuesta de los ecotipos y a las densidades de siembra empleados; como también a la respuesta de algunas condiciones geomorfodinámicas; encontrándose, que la actividad microbiana se ha diferenciado antes y después de la aplicación de la materia orgánica a nivel del campo experimental, debido al aumento de la actividad microbiana, propio de los organismos heterótrofos, al margen de la estimulación sobre el crecimiento de las plantas. Asimismo, CEPEDA (1991), menciona que, la actividad microbiana depende mucho de la estructura del suelo, volumen de poros y de la permeabilidad; las raíces de las plantas, las lombrices, insectos y roedores e incluso de las bacterias.

Asimismo, el incremento de la actividad microbiana, está relacionada a la mayor presencia de los exudación de las raíces, que genera disponibilidad de carbono orgánico simple debido a la liberación de azúcares simples, ácidos orgánicos y aminoácidos disueltos en la solución del suelo facilitados por la incorporación de la materia orgánica; tal como, menciona GUILLEN *et al.* (2009). Adicionalmente, la actividad biológica esta influenciada por el pH, tal como lo manifiesta OGAS *et al.* (2006); presencia de oxígeno (descomposición enzimática microbiana de naturaleza aeróbica), temperatura, agua, nutrición balanceada, pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples, y superficie de contacto o tamaño de partícula (PEREZ *et al.* 2009). Dichas condiciones en relación a los ecotipos y distanciamientos de siembra han dado las condiciones ambientales para la actividad microbiana en el suelo con materia orgánica.

El incremento del coeficiente de variabilidad (Cuadro 67) en la respiración microbiana indica que este proceso esta sujeto a la influencia de diversos factores exógenos no controlables; como la variabilidad de la población microbiana del suelo; estado de degradación de la materia orgánica incorporada, homogenización de la muestra y sustrato incorporado, extracción de las muestras de suelos, eficiencia de los equipos utilizados (respirometros), etc., así como las deficiencias en la manipulación de materiales y reactivos como la titulación, preparado y pureza del reactivo, y conservación de reactivos durante el experimento.

Es de conocimiento que menos del 5% de su materia orgánica del suelo corresponde a la biomasa del suelo, sin embargo, es una fuente lábil de carbono, nitrógeno y fósforo. Es así que experimenta cambios muy rápidos frente a modificaciones del ambiente, aparición de contaminantes, pesticidas, pH, humedad y otros, modificando sus valores antes de que estos cambios se manifiesten en equivalentes, tal como lo manifiesta BIOAGRO (2006) en su trabajo sobre criterios de calidad de suelo agrícola. De manera que, se coincide en parte con lo obtenido en el experimento respecto a la actividad de los microorganismos, entre un suelo sin materia orgánica y un suelo con materia orgánica, donde la disminución de los niveles de materia orgánica conduce a la disminución de la actividad biológica de la biomasa microbiana.

Finalmente, en función de los resultados obtenidos en la presente tesis para los parámetros indicadores de la calidad del suelo para el primer año de evaluación el cultivo de sachá inchi no mostró influencia significativa sobre estos parámetros evaluados, esperándose que a partir del segundo año la probabilidad de variación sea más evidente por efecto de este cultivo. Esperando un mayor volumen vegetal a nivel aéreo y a nivel del suelo en base al crecimiento y desarrollo de la planta, los mismos que serán incorporados al suelo y que, influiría en una mayor actividad de microorganismos del suelo y por ende un incremento en la fertilidad del suelo teniendo en cuenta los aspectos físicos, químicos, biológicos y ambientales del suelo, para una producción agroecológica, el mismo que suma esfuerzos para la conservación del planeta y mitigación de los problemas de cambio climático, que tanto daños hacen a la biodiversidad y a la salud.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye de la forma siguiente:

1. Para el primer año de evaluación respecto a las propiedades físicas del suelo: la capacidad retentiva del agua, densidad aparente del suelo y la compactación del suelo; no muestran relación evidente a los ecotipos estudiados (S:7 y S:13) y a las densidades de siembra empleadas.
2. Respecto a las propiedades químicas del suelo: el pH, nitrógeno, fósforo, potasio disponible y porcentaje de bases cambiables del suelo; no muestran relación evidente a los ecotipos estudiados (S:7 y S:13) y a las densidades de siembra empleadas.
3. Respecto a las propiedades biológicas del suelo: la materia orgánica y nitrógeno total; no muestran relación evidente a los ecotipos estudiados (S:7 y S:13) y a las densidades de siembra empleadas.
4. No se encontrado relación entre las densidades de siembra y la modificación de la calidad del suelo, en términos de capacidad retentiva de agua, densidad aparente, compactación, pH, nitrógeno, fósforo, potasio disponible, materia orgánica y nitrógeno total del suelo; pero si, con el porcentaje de bases cambiables a una densidad de 952 pl ha⁻¹ y respiración microbiana para el suelo sin materia orgánica a 1111 pl ha⁻¹, suelo con materia orgánica a 1333 pl ha⁻¹.
5. La altura de planta y diámetro de tallo de los dos ecotipos estudiados (S:7 y S:13), no están influenciados por las densidades de siembra, sino por la constitución genética de la planta.

6. El distanciamiento de entrenudos y el índice de área foliar de los dos ecotipos estudiados (S:7 y S:13), si están influenciados por las densidades de siembra.
7. Para el rendimiento de semillas de sachá inchi, el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de 952 pl ha^{-1} (d_4) resultó ser superior a las demás combinaciones con 1.27 t ha^{-1} , siendo inferior a todas el ecotipo S:13 (a_2) con una densidad de siembra de 1667 pl ha^{-1} (d_1) y con un rendimiento de 0.45 t ha^{-1} .
8. A menor número de plantas por hectárea se obtiene mayor rendimiento, el mismo que está relacionado con la variedad del cultivo, e influenciado por la pendiente, manejo del cultivo, condiciones geomorfodinámicas, etc.
9. De acuerdo al análisis económico, el mejor tratamiento es T_8 (ecotipo S:13, con 952 pl ha^{-1}) con un costo de producción de S/. 1571.79 ha^{-1} para un rendimiento neto de S/. 6697.47 ha^{-1} con índice de beneficio/costo (B/C) de 5.26% y un índice de rentabilidad de 426.11%, comparado con el último lugar que corresponde al tratamiento T_1 (ecotipo S:7, con 1667 pl ha^{-1}) con un costo de producción de S/. 2752.28 ha^{-1} para un rendimiento neto de S/. 169.32 ha^{-1} con índice de beneficio/costo (B/C) de 1.06% y un índice de rentabilidad de 6.15%.
10. No mejoro la calidad del suelo en el tiempo del experimento, pero se espera la mejora en el tiempo.

VII. RECOMENDACIONES

De los resultados y conclusiones, se presenta las recomendaciones:

1. Establecer plantaciones agroecológicas de sachá inchi del ecotipo S:13 con una densidad de 952 pl ha^{-1} , para lograr buen rendimiento sostenible.
2. Repetir el trabajo experimental en otras zonas agroecológicas donde se desarrolle el cultivo de sachá inchi, para adoptar otras técnicas de producción ecológica sostenible, que permita realizar una microzonificación para identificar lugares apropiados para la siembra de esta euforbiácea.
3. En trabajos similares al presente experimento se debe tomar en cuenta evaluaciones mayores a un año, para obtener resultados de acuerdo a edades de la plantación respecto a las variables biométricas y su influencia en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; y estas propiedades en la producción ecológica sostenible del sachá inchi.
4. Por otro lado, en trabajos futuros y similares a la presente investigación, se debe considerar la influencia de los tutores vivos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; asimismo sobre las variables biométricas y la producción ecológica sostenible del sachá inchi.
5. Para una producción agroecológica sostenible, se debe tomar en cuenta que los viveros de sachá inchi deben instalarse entre los meses de Agosto a Setiembre para un mejor control en la producción de plántones; y, la siembra en campo definitivo se debe realizar de setiembre a abril para aprovechar las lluvias y en terrenos con ligera pendiente, para evitar el exceso de humedad y prevenir enfermedades fúngicas.

VIII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de octubre del 2007 a setiembre del 2008, en los ambientes del Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en el campo agrícola ubicado a 6.02 km de la carretera Tingo María – Pucallpa, distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú; a una altura de 636 msnm, latitud sur 09°14'39" y Longitud oeste 75°59'37.9"; cuyos objetivos fueron los siguientes: Efecto del cultivo sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la gestión de la calidad del suelo, influencia de densidades de siembra sobre la conservación de suelos; efecto de dos ecotipos y cuatro densidades de siembra sobre variables biométricas y producción de sacha inchi e interpretación económica y rentable del cultivo instalados en un suelo de textura franco-limoso, con pH moderadamente ácido; contenido medio de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica. Los componentes en estudio, representados por ecotipos de sacha inchi: S:7 y S:13 y densidades de siembra: 1667, 1333, 1111 y 952 pl ha⁻¹, respectivamente.

Se empleó el diseño experimental de diseño de bloques completamente al azar, con arreglo factorial 2A x 4B, con 3 repeticiones, asignándose cada ecotipo a las densidades de siembra; sometidos a la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0,05.

Frente a los ecotipos estudiados, la altura de planta y diámetro de tallo están ligados a la constitución genética de la planta y no a las densidades empleadas. Sin embargo, están relacionados a las densidades de siembra, el distanciamiento de entrenudos e índice de área foliar.

Por otro lado, la densidad de 952 pl ha⁻¹ obtuvo el máximo rendimiento de 1.27 t ha⁻¹, seguido por las densidades de 1667, 1111 y 1333 pl ha⁻¹ con rendimientos de 1.07, 0.95 y 0.58 t ha⁻¹; de manera que, el ecotipo S:13 resultó ser superior con 1.27 t ha⁻¹ frente al ecotipo S:7 con 0.29 t ha⁻¹. Es así que, la rentabilidad obtenida en base a costos directos e indirectos y el valor de producción, el ecotipo S:13, con densidad de siembra de 952 pl ha⁻¹ resultó ser más beneficioso con 426.11% de índice de rentabilidad y relación beneficio/costo de 5.26%; mientras que el ecotipo S:7, con una densidad de siembra de 952 pl ha⁻¹ ocupó el último lugar ofreciendo 19.72% de índice de rentabilidad y relación beneficio/costo de 1.20%.

Sin embargo, la calidad del suelo, en base a la capacidad retentiva de agua, densidad aparente, compactación, pH, nitrógeno, fósforo, potasio, porcentaje de bases cambiables, materia orgánica y nitrógeno total, no estuvieron influenciados por los ecotipos y densidades de siembra, debido al poco tiempo del experimento, lo que no sucedió con la respuesta obtenida para la respiración microbiana y el porcentaje de bases cambiables a una densidad de 952 pl ha⁻¹.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. ABC AGRO. 2007. Compactación de los suelos agrícolas (origen, efectos, prevención y corrección). [En línea]: ABCAgro, (<http://www.abcagro.com/riego/compactacionsuelos.asp>, documento, 02 Febrero 2007).
2. AGURTA, M. 2006. Sacha inchi. Perú 21. Lima (Perú). 14 de Setiembre. 31:15.
3. ANAYA, J. 2003. Proyecto Omega. [En línea]: Agroindustrias Amazónicas, (<http://www.proyectoomega.pdf.htm>, documento, 28 Octubre 2006).
4. BIOAGRO. 2006. Criterios de calidad de suelo agrícola. [En línea]: BIOAGRO, ([http://www.pegasus.ucla.edu.veBIOAGRORev18\(3\)4.%20MS%200604.pdf](http://www.pegasus.ucla.edu.veBIOAGRORev18(3)4.%20MS%200604.pdf)), documento, 20 Setiembre 2009.
5. BRUNO, J. A. 1990. Leguminosas alimenticias. Edit. Fraele S.A. Lima - Perú. 136 p.
6. BUNCH, R. 2009. El manejo del suelo vivo. [En línea]: LEISA, (<http://www.latinoamerica.leisa.infoindex.phpurl=getblob.php&oid=216010&aid=211&aseq=0.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
7. CAMPOS, L. 2006. Diagnóstico del Programa Regional de Biocomercio en la Amazonía Peruana. [En línea]: PROMPEX PERÚ, (<http://www.bio trade.org.htm>), documento, 15 Setiembre 2006.
8. CALDERON, F., PAVLOVA, M. 1999. Metodologías para análisis químico de suelos. [En línea]: Dr. Calderón LABS, (<http://www.dr calderonlabs.com/Metodos/AnalisisDeSuelos/MetodosQuimicosSuelos.htm>), documento, 02 Febrero 2007.
9. CEPEDA, D. J. M. 1991. Química de suelos. 2 ed. México, Trillas. 153 p.

10. CIAT. 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). 2^{da}. Edic. Edit. Fundación WK Kellogg. Cali - Colombia. 135 p.
11. DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA SAN MARTÍN. 2006. Paquete tecnológico del sachá inchi. [En línea]: MINAG, (<http://www.paquetetecnologicosachainchi.htm>), documento, 15 Setiembre 2006.
12. DÍAZ, M.; CARLIZ, E; FIGUEROA, R., NARDO y WARNOCK, R. 2001. Estudio del crecimiento y desarrollo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes densidades de población. I. Evolución de la biomasa, II. Evolución del índice de área foliar, III. Rendimiento y sus componentes. [En línea]. (<http://www.estudiodelcrecimientoydesarrollodelacaraota.com>), documentos, 02 Abril 2004).
13. ECOSISTEMAS. 2004. La calidad de suelo y sus indicadores. [En línea]: (<http://www.revistaecosistemas.netpdfs149.pdf>), documento, 25 Junio 2009.
14. FLORES, P. S. 1997. Cultivo de frutales nativos amazónicos. SPT - TCA (Secretaría Pro - Tempore, Tratado de Cooperación Amazónica). N° 51. Lima, Perú. Pp. 71 - 75.
15. FUNES, M.F; HERNANDEZ, A; BELLO, R.; ALVAREZ, A. 2009. Fertilidad del suelo a largo plazo en sistemas biointensivos. [En línea]: LEISA, (<http://www.latinoamerica.leisa.infoindex.phpurl=getblob.php&oid=216012&aid=211&aseq=0.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.

16. GARCIA, N. 2005. Edafología. Ciencias Ambientales. Universidad de Extremadura. [En línea]: INIA, (<http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5Programa.htm>), documento, 02 Febrero 2007.
17. GÓMEZ, A. R. 1997. Comparativo de rendimiento de ocho cultivares de cocona (*Solanum topiro* H.B.t) en Tulumayo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 83 p.
18. GUILLEN, C.; SOTO, A.F.; SPRINGER, M. 2009. Variables físicas, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en costa rica. [En línea]: MAG, (<http://www.mag.go.crrevagr30n02019.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
19. HIGUCHI, S. 2006. Decreto Ley: Ley que declara al sacha inchi como patrimonio genético nacional y producto alternativo en la lucha contra la pobreza. [En línea]: (<http://www.proyectoleysachainchi.htm>), documento, 15 Setiembre 2006.
20. IIAP. 2008. Sacha inchi. Rev. PURA SELVA. Tingo María – Perú. 288 – 289: 34 - 37.
21. INIA. 2006. Botánica del cultivo. [En línea]: INIA, (<http://www.fao.org.htm>), 01 Noviembre 2006.
22. LLACSA, T. J. 2008. Conservación de los suelos y biodiversidad: el caso de los mañay en pitumarca. [En línea]: LEISA, (<http://www.leisa.revistadeagroecologia.htm>), documento, 20 Setiembre 2009.

23. LOLLATO, M. A. 1982. Estudio de los efectos de las distancias entre hileras y densidades de siembra en la calidad de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Pesquisas Agropecuarias. Brasil. 37 p.
24. MANDUJANO, E. A. 1986. Ensayo comparativo de nueve variedades de frijol arbustiva (*Phaseolus vulgaris* L.), a dos distanciamientos en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Huánuco. 84 p.
25. MECHÁN, T. E.; ALEGRE, J.; DOMÍNGUEZ, G. 2007. Influencia de la variabilidad edáfica en la producción de biomasa del cultivo de la uña de gato *Uncaria tomentosa* (Willd) D.C. en la cuenca del río Aguaytia, Región Ucayali – Perú. [En línea]: Ecología Aplicada – UNAM, (<http://www.redalyc.uaemex.mx/pdf/341/34160204.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
26. MEDINA, M. J.; VOLKE, H.V.; GONZALEZ, R.J.; GALVIS, S.A.; SANTIAGO, C.M. y CORTEZ, F.J. 2006. Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del estado de campeche. [En línea]: MX PUBLICACIONES, (<http://www.ujat.mxpublicacionesucienciadiciembre20068%20Articulo197.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
27. MIRANDA, I.E. 2009. Física de suelos. su impacto en la productividad agrícola. [En línea]: MONOGRAFIAS, (<http://www.monografias.com/trabajos-pdfsuelos-productividad-agricolasuelos-productividad-ad-agricola.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.

28. MINAG. 2006. Cultivo de sachá inchi. [En línea]: INIA, (<http://www.inia.gob.pe.htm>), documento, 15 Setiembre 2006.
29. NICHOLLS, I.C. y ALTIERI, A.M. 2009. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. [En línea]: LEISA, (<http://www.latinoamerica.leisa.infoindex.phpurl=getblob.php&oi=216011&aid=211&aseq=0.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
30. OGAS, R.; AGÜERO, J.; PERNASETTI, S.; DI BARBARO, G.; WATKINS, P.; PERNASETTI, O.; GONZÁLEZ, M.; ALURRALDE, A. L. 2006. Efectos de sistemas de cultivos de algodón sobre las propiedades bioquímicas de un suelo del valle de catamarca. [En línea]: EDITORIAL UNCA, (<http://www.editorial.unca.edu.arPublicacione%20on%20lineCIZASimagenespdfV58.p%C3%A1g.102-113.Ogas.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
31. PASHANASI, B.; LAVELLE, P. y ALEGRE, J. 2009. Efecto de lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*) sobre el crecimiento de cultivos anuales y características físicas y químicas en suelos de yurimaguas. [En línea]: IIAP, (<http://www.iiap.org.pePublicacionesCDdocumentosFolia6.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
32. PEREZ, A.; CESPEDES, C. y NUÑEZ, P. 2009. Caracterización física, química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. [En línea]: SCIELO, (<http://www.scielo.clpdfrcsuelov8n3art02.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.

33. PROPIEDADES DEL SUELO. 2007a. Propiedades físicas, físico-químico y biológica. [En línea]: Propiedades del suelo, (<http://www.platea.pntic.mec.es/~rrodri1/propied.html>), documento, 02 Febrero 2007.
34. PROPIEDADES DEL SUELO. 2007b. Propiedades físicas, físico-químico y biológica. [En línea]: Propiedades del suelo, (<http://www.rincondelvago.com/propiedades-quimicas-delsuelo.html>), documento, 02 Febrero 2007.
35. QUEVEDO, S. A. y DEL CASTILLO, G. S. 2009. Crecimiento inicial de *Ceiba samauma* trasplantadas en campo abierto con aplicación de humus de lombriz, en un suelo de Pucallpa. [En línea]: IIAP, (<http://www.iiap.org.pePublicacionesCDdocumentosFolia6.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
36. RELACIÓN SUELO - PLANTA. 2007. Relaciones estables entre el suelo y la planta. [En línea]: RELACIÓN SUELO - PLANTA, (<http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/12hoja.html>), documento, 02 Febrero 2007.
37. RIOS DEL A, O. y CALLE S. C. 2009. Crecimiento inicial de *Guazuma crinita* trasplantada a campo abierto con aplicación de tres dosis de humus de lombriz y a tres distanciamientos. [En línea]: IIAP, (<http://www.iiap.org.pePublicacionesCDdocumentosFolia6.pdf>), documento, 20 Setiembre 2009.
38. SANTIBÁÑEZ, C. 2007. Evaluación de la actividad microbiológica del suelo. [En línea]: UNIVERSIDAD DE CHILE, (<http://www.mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mediomod1.2.htm>), documento, 02 Febrero 2007.

X. ANEXO

HUMUS REQUERIDO PARA EL EXPERIMENTO

Tratamientos	Plantas/ ha	Plantas/ Tratamiento	Tratamientos/ Bloque	Kg/Planta	Nº Bloque	Total de Humus a utilizar (Kg)
T ₁	1667	16	2	1.2	3	115.2
T ₂	1333	16	2	1.5	3	144
T ₃	1111	16	2	1.8	3	172.8
T ₄	952	16	2	2.1	3	201.6
Total						633.60

ANÁLISIS DE SUELOS

Numero de muestra		CE	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CO ₂ Ca	M.O.	N	P	K ₂ O	CAMBIABLES me/100g							% Bas. Cam.	% Ac. Camb.
Laboratorio	Campo	mmh/cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura							CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H		
M543-06	M1		17.00	58.00	25.00	Fo. Lo.	5.80	0.00	3.10	0.14	8.20	338.00	4.42	2.80	1.20	0.40	0.02			100.00	

ANÁLISIS FÍSICO			
Cap. Ret. Agua (%)	Dens. Apar. (gr/cm ³)	Estructura	Compactación (gr/cm ²)
17.00	1.18	Granular	3.00

ANÁLISIS DE HUMUS

Nº Muestra	pH	M.O	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	P (%)	N (%)
M1	5.80	68.30	1.50	0.48	0.26	1.46	1.42	1.81

ABONAMIENTO REQUERIDO POR EL CULTIVO

$$\frac{N}{30} \quad \frac{P_2O_5}{45} \quad \frac{K_2O}{30}$$

PESO DEL SUELO

$$Ws = 1.18 \text{ gr} / \text{cm}^3 \times 0.20 \text{ m} \times 10000 \text{ m}^2 = 2360 \text{ t}$$

NITRÓGENO MINERAL EN EL SUELO

$$2360 \text{ t} \times 0.031\% \text{ m.o} = 73.16 \text{ t m.o} \rightarrow 73.16 \text{ t m.o} \times 0.05\% \text{ N} = 3.658 \text{ t N}$$

$$\rightarrow 3.658 \text{ t N} \times 0.03\% \text{ coef. min er.} = 0.10974 \text{ t N min er.} \approx 109.74 \text{ kg N min er.}$$

$$\therefore 109.74 \text{ kg N min er.} \times 0.5\% \text{ coef. dispon.} = 54.87 \text{ kg N min er.}$$

FÓSFORO EN EL SUELO (8.2 ppm)

$$1 \text{ gr} \rightarrow 1 \text{ t suelo}$$

$$8.2 \text{ gr P} \rightarrow 1 \text{ t suelo}$$

$$\therefore 8.2 \text{ gr P} / 1000 = 0.0082 \text{ kg P} \times 2360 \text{ t suelo} = 19.352 \text{ kg P} / \text{ha}$$

Convertimos de $P_2 - P_2O_5$

$$\rightarrow 19.352 \text{ kg P} / \text{ha} \times 2.29 = 44.32 \text{ kg } P_2O_5 / \text{ha} \times 0.25\% \text{ coef. dispon.} = 11.08 \text{ kg } P_2O_5 / \text{ha}$$

POTASIO EN EL SUELO (338kg/ha)

$$338 \text{ kg} / \text{ha} \times 0.40\% \text{ coef. dispon.} = 135.2 \text{ kg} / \text{ha}$$

APORTE DE NITRÓGENO A NIVEL DE HUMUS

$$2 \text{ t m.s} \times 1.81\% \text{ N} = 0.0362 \text{ t N} \approx 36.2 \text{ kg N}$$

Finalmente, el cultivo requiere por hectárea 30 kg de Nitrógeno, pero en el suelo tenemos 54.87 kg de nitrógeno mineral. Sin embargo, el humus nos indica que aplicando 2 toneladas por hectárea se estará aportando 36.2 kg de nitrógeno por año. De manera que para conservar la fertilidad del suelo es necesario la aplicación de 2 toneladas de humus al suelo, para cubrir lo requerido de 30 kg de nitrógeno por el cultivo de sachá inchi.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
Av. Universitaria s/n Telef. (064) 562342 Anexo 283 Fax (064) 561156 Aptdo. 156



ANÁLISIS DE SUELOS

Procedencia:..... Tingo María Itaranjillo

Solicitante: Percy Perez

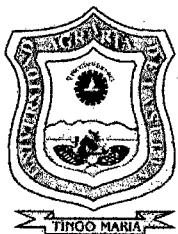
Número de Muestra		CE	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CO ₂ Ca	M.O.	N	P	K ₂ O	CAMBIABLES me/100 g							%	%
Laborat.	Campo	mmh/cm	Arena	Limo	Arcilla	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CiCe	Bas.Camb	Ac.Camb
			%	%	%																
M268-08	M1						5.6	4.2	0.19	9.80	290	7.42	4.60	2.00	0.80	0.02	0.00	0.00	6.60	100.00	0.00
M269-08	M2						5.5	4.3	0.19	7.80	262	5.70	4.00	1.70	0.00	0.00	0.30	0.00	6.00	95.00	5.00
M270-08	M3						5.6	3.1	0.14	8.20	264	7.73	4.70	2.10	0.90	0.03	0.00	0.00	6.80	100.00	0.00
M271-08	M4						5.5	3.6	0.16	6.60	269	5.80	4.00	1.80	0.00	0.00	0.70	0.20	6.70	86.57	13.43
M272-08	M5						5.5	4.1	0.18	8.00	261	5.40	3.90	1.50	0.00	0.00	0.30	0.00	5.70	94.74	5.26
M273-08	M6						5.4	3.9	0.18	8.80	260	5.20	4.00	1.20	0.00	0.00	1.00	0.10	6.30	82.54	17.46
M274-08	M7						5.5	2.6	0.12	6.30	264	6.00	4.00	2.00	0.00	0.00	0.40	0.00	6.40	93.75	6.25
M275-08	M8						5.5	2.0	0.09	8.10	260	6.30	4.20	2.10	0.00	0.00	0.20	0.00	6.50	96.92	3.08
M276-08	M9						5.3	3.5	0.16	9.20	261	6.20	4.00	2.20	0.00	0.00	0.40	0.10	6.70	92.54	7.46
M277-08	M10						5.4	3.3	0.15	9.30	260	6.40	4.00	2.40	0.00	0.00	0.30	0.00	6.70	95.52	4.48
M278-08	M11						5.4	3.5	0.16	8.40	269	6.20	4.30	1.90	0.00	0.00	0.40	0.10	6.70	92.54	7.46
M279-08	M12						5.4	2.5	0.11	8.10	263	4.50	3.80	0.70	0.00	0.00	1.30	0.40	6.20	72.58	27.42
M280-08	M13						5.4	3.2	0.14	7.90	275	5.50	4.00	1.50	0.00	0.00	0.40	0.00	5.90	93.22	6.78
M281-08	M14						5.5	2.3	0.10	6.50	264	6.40	4.00	2.40	0.00	0.00	0.25	0.00	6.65	96.24	3.76
M282-08	M15						5.4	2.1	0.09	9.40	266	5.80	4.00	1.80	0.00	0.00	0.30	0.00	6.10	95.08	4.92
M283-08	M16						5.7	2.9	0.13	6.50	270	7.53	4.70	2.20	0.60	0.03	0.00	0.00	6.90	100.00	0.00
M284-08	M17						5.6	2.0	0.09	6.90	264	7.22	4.30	2.10	0.80	0.02	0.00	0.00	6.40	100.00	0.00
M285-08	M18						5.7	4.4	0.20	7.10	276	7.42	4.20	2.20	1.00	0.02	0.00	0.00	6.40	100.00	0.00
M286-08	M19						5.5	4.2	0.19	7.70	270	6.90	4.00	2.90	0.00	0.00	0.20	0.00	7.10	97.18	2.82
M287-08	M20						5.7	4.6	0.21	9.20	266	7.13	4.50	2.00	0.60	0.03	0.00	0.00	6.50	100.00	0.00
M288-08	M21						5.4	5.3	0.24	8.10	273	6.90	4.20	2.70	0.00	0.00	0.30	0.00	7.20	95.83	4.17
M289-08	M22						5.6	5.2	0.23	6.10	286	7.84	4.70	2.10	1.00	0.04	0.00	0.00	6.80	100.00	0.00
M290-08	M23						5.5	3.0	0.14	8.60	286	6.20	4.20	2.00	0.00	0.00	0.30	0.00	6.50	95.38	4.62
M291-08	M24						5.5	2.9	0.13	7.80	284	6.20	4.00	2.20	0.00	0.00	0.30	0.01	6.51	95.24	4.76

Para: % Bases Cambiables= Ca+Mg+K+Na/CiC1 X 100

Para: % Acides Cambiables= Al+H/CiCe X 100

Fecha: Tingo María, del 2008

Ing. Luis G. Mansilla Minaya



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
Av. Universitaria s/n Telef. (064) 562341 Anexo 283 Fax (064) 561156 Apto. 156



"AÑO DE LAS CUMBRES MUNDIALES EN EL PERU"

ANALISIS DE-DENSIDAD Y C.R.A

SOLICITANTE : Percy Pérez.
LUGAR : Tingo María Naranjillo.
FECHA :

Nº.	Clave	D. Aparente	C.R.A
1	T1-I	1,13854538	70,50
2	T2-I	1,14032698	71,00
3	T3-I	1,15091176	75,00
4	T4-I	1,13152379	74,00
5	T5-I	1,15824775	70,50
6	T6-I	1,09746384	80,00
7	T7-I	1,19346049	73,00
8	T8-I	1,17218612	73,00
9	T1-II	1,05900231	73,50
10	T2-II	1,16610773	67,00
11	T3-II	1,35757703	78,50
12	T4-II	1,18098931	66,00
13	T5-II	1,22615804	68,50
14	T6-II	1,04977992	64,00
15	T7-II	1,15353175	70,00
16	T8-II	1,21473486	85,00
17	T1-III	1,32320268	71,00
18	T2-III	1,22479564	74,00
19	T3-III	1,20561727	77,00
20	T4-III	1,16243974	77,00
21	T5-III	1,25990358	75,00
22	T6-III	1,17428212	66,00
23	T7-III	1,14409977	72,00
24	T8-III	1,26797317	71,00

.....
Ing°. Luís Mansilla Minaya
Jefe del Laboratorio de Suelos

**COMPACTACIÓN AL FINAL
DEL EXPERIMENTO (Kg/Cm²)**

I	T ₁	3.00
	T ₂	3.00
	T ₃	3.00
	T ₄	3.00
	T ₅	3.00
	T ₆	3.00
	T ₇	3.50
	T ₈	3.50
II	T ₁	3.50
	T ₂	2.50
	T ₃	3.50
	T ₄	3.00
	T ₅	2.50
	T ₆	3.50
	T ₇	2.50
	T ₈	2.50
III	T ₁	3.00
	T ₂	3.00
	T ₃	3.00
	T ₄	2.50
	T ₅	3.00
	T ₆	2.50
	T ₇	3.50
	T ₈	3.00
TOTAL		72.00
PROMEDIO		3.00



Figura 8. Terreno antes de la instalación del experimento.



Figura 9. Rozo del área para la instalación del experimento.



Figura 10. Medición de la compactación del terreno experimental.



Figura 11. Muestreo de suelo para su análisis.



Figura 12. Obtención de muestra de suelo para la densidad aparente.

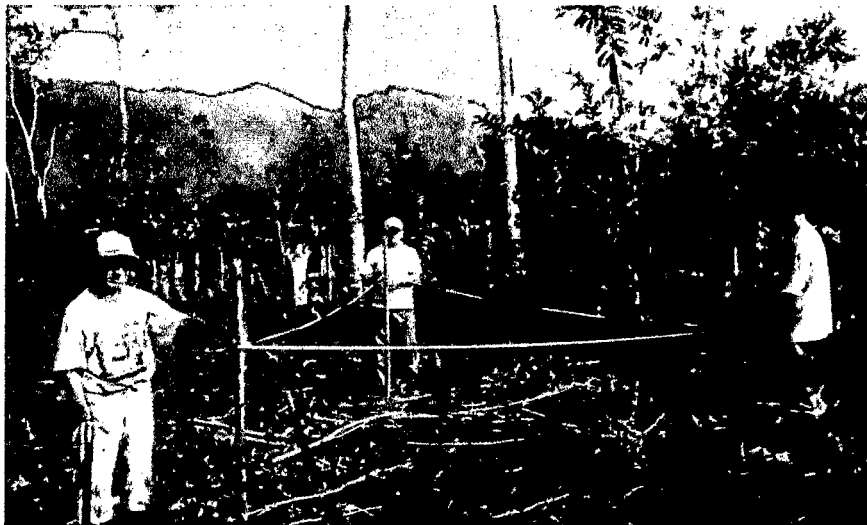


Figura 13. Método de la triangulación en el alineado, estaqueado, poceo y siembra de *Erythrina* sp., y semillas de saca inchi.



Figura 14. Alineado de los tratamientos por bloque.



Figura 15. Estaqueado de los tratamientos por bloque.



Figura 16. Poceado para la siembra de *Erythrina* sp.

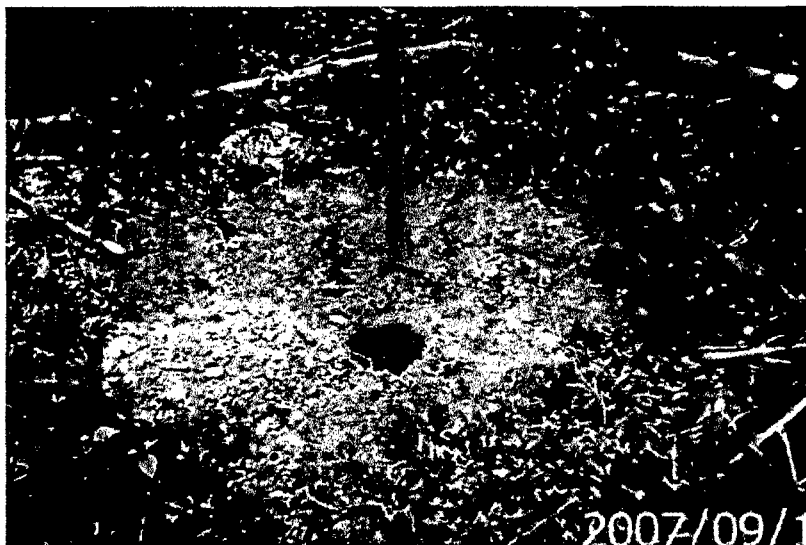


Figura 17. Hoyo para la siembra de *Erythrina* sp.



Figura 18. Establecimiento de los tutores vivos (*Erythrina* sp.).

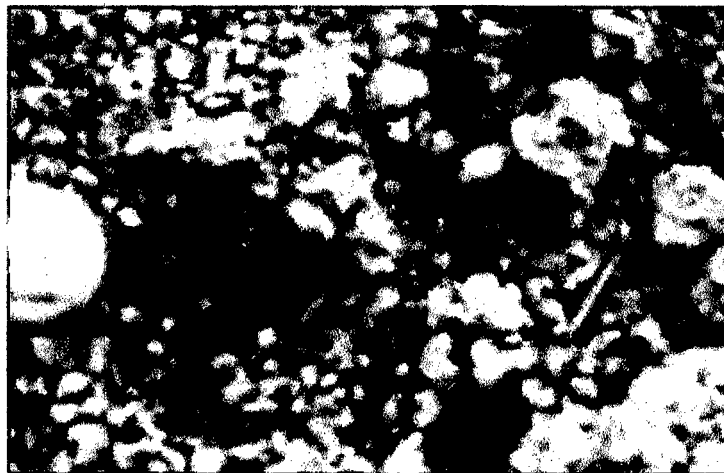


Figura 19. Germinación de las semillas de sachá inchi por tratamiento en cada uno de los bloques.



Figura 20. Plantación de sachá inchi con sus respectivos tutores vivos.



Figura 21. Floración de las planta de sachá inchi.



Figura 22. Fructificación en la planta de sachá inchi.



Figura 23. Maduración de frutos en la planta.



Figura 24. Roya (*Cronartium* spp.), ramas.



Figura 25. Roya (*Cronartium* spp.), en el estigma del fruto.

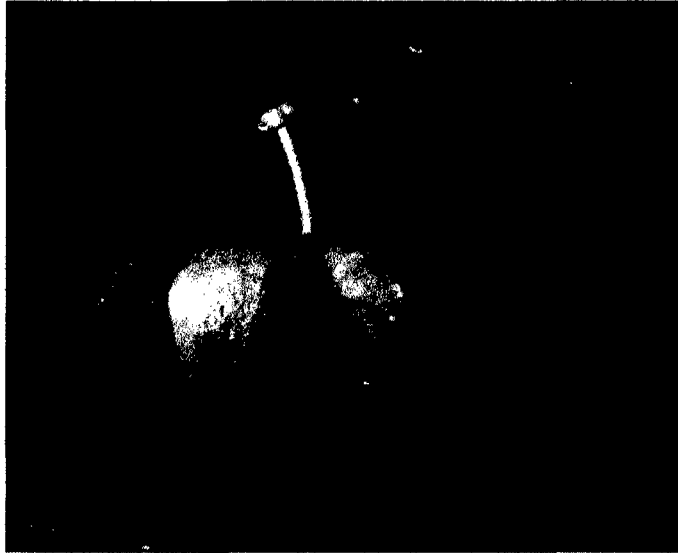


Figura 26. *Colletotrichum gloeosporoides* en frutos.



Figura 27. Roya (*Cronartium* spp.) en ramas.



Figura 28. *Colletotrichum gloeosporoides* en frutos.



Figura 29. "Fumagina" (*Fumago* sp.) a nivel de hojas.



Figura 30. Algunas plagas en el cultivo a nivel de hojas.



Figura 31. *Atta* sp., causando daño en hojas de sachá inchi.

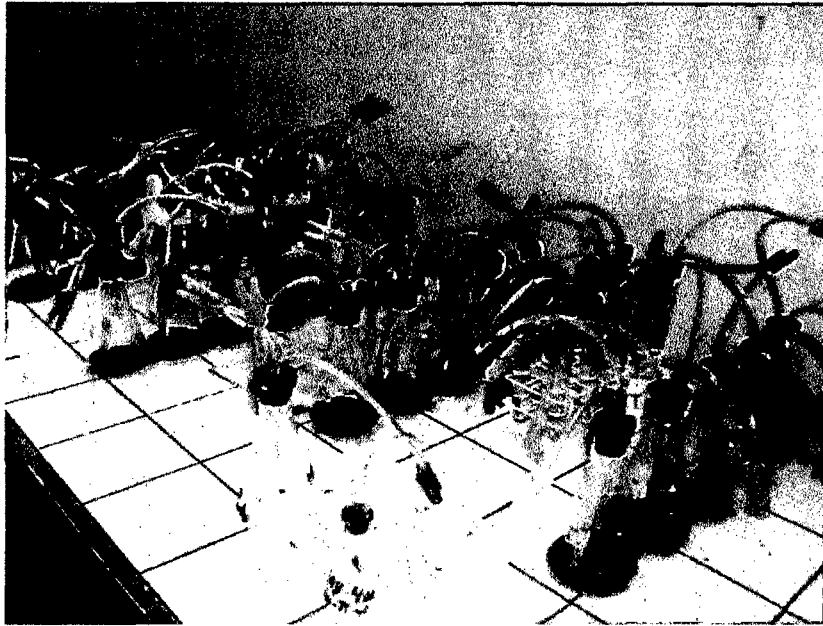


Figura 32. Prueba de respiración microbiana en laboratorio.

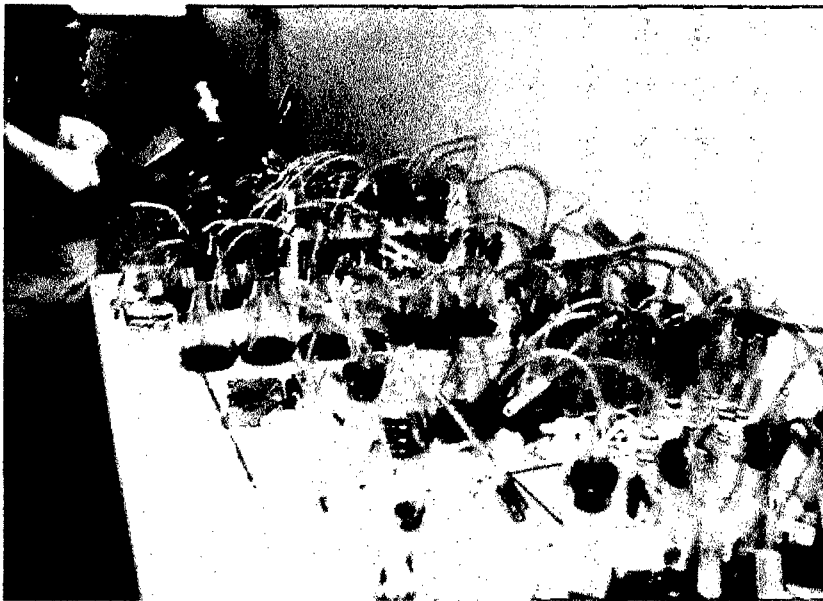


Figura 33. Obtención de muestra para evaluación.



Figura 34. Titulación y viraje de muestras.

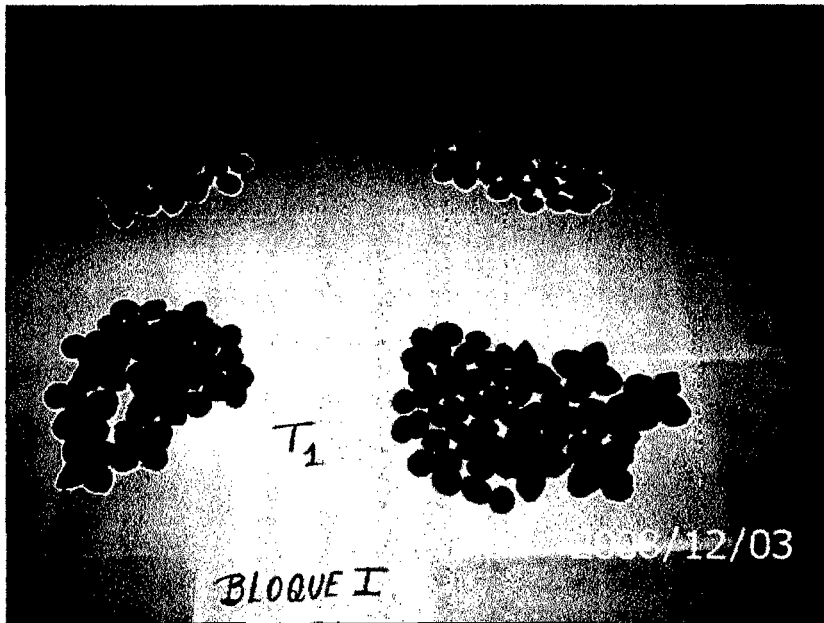


Figura 35. Cosecha de frutos maduros.