

UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA “SAN PABLO”

UNIDAD ACADÉMICA REGIONAL COCHABAMBA

Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería

Ingeniería Ambiental



**Evaluación del estado actual del suelo en relación a las
propiedades físicas, químicas y biológicas en tres sistemas de
manejo (agrobiológico, agroforestal y local) en el Municipio de
Vinto**

Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental

Erika Alba Gamboa

Cochabamba – Bolivia

Septiembre 2012

TRIBUNAL EXAMINADOR

M.Sc. José Sánchez P.
Profesor Guía

Mgr. Luis Alberto Levy M.
Profesor Relator

Ing. Mauricio Azero A.
Director de Carrera

Mgr. Luis Alfonso Via Reque
Rector Regional

	Página
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Descripción del problema	5
Objetivos	6
<i>Objetivo general</i>	<i>6</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>6</i>
Hipótesis.....	6
Justificación	6
Límites y alcances	9
1. MARCO TEÓRICO.....	11
1.1 Suelo	11
1.1.1 Degradación del Suelo.....	12
1.1.2 Indicadores de calidad del suelo	12
1.1.2.1 Indicadores Físicos	14
1.1.2.2 Indicadores Químicos.....	15
1.1.2.3 Indicadores Biológicos.....	15
1.2 Manejo local en Combujo.....	16
1.3 Agricultura Convencional	16
1.3.1 Prácticas de la agricultura convencional	17
1.3.2 Consecuencias.....	17
1.3.2.1 Pérdida de fertilidad y erosión de los suelos	18
1.3.2.2 Problemática del monocultivo.....	18

1.3.2.3	Contaminación de los recursos naturales y del medio ambiente.....	18
1.3.2.4	Control químico de plagas y arvenses.....	19
1.3.2.5	Pérdida de la calidad natural de los alimentos	19
1.3.3	<i>Beneficios.....</i>	19
1.4	Agricultura Orgánica	20
1.5	Agroecología	20
1.5.1	<i>Objetivos de la agroecología.....</i>	22
1.5.2	<i>Principios de la agroecología</i>	22
1.6	Agricultura Biológica.....	23
1.6.1	<i>Características.....</i>	24
1.6.2	<i>Fines principales.....</i>	25
1.6.3	<i>La agrobiología en la Granja Modelo Pairumani.....</i>	27
1.7	Agroforestería	30
1.8	Sistemas Agroforestales.....	30
1.8.1	<i>¿Qué son los sistemas agroforestales?</i>	30
1.8.2	<i>Sucesión natural en los sistemas agroforestales</i>	31
1.8.3	<i>Clasificación de los sistemas agroforestales.....</i>	34
1.8.3.1	Sistemas agroforestales secuenciales	35
1.8.3.2	Sistemas agroforestales simultáneos	36
1.8.3.3	Cercas vivas y cortinas rompevientos	36
1.8.4	<i>Tipos de árboles empleados en sistemas agroforestales.....</i>	37
1.8.4.1	Árboles y arbustos de propósitos múltiples.....	37
1.8.4.2	Árboles maderables	38
1.8.4.3	Cultivos perennes y árboles frutales.....	38
1.8.5	<i>Implementación de un sistema agroforestal.....</i>	38

1.8.6	<i>Ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales.....</i>	39
1.9	Cromatografía	41
1.10	Evaluación de la calidad del suelo	42
2.	MARCO REFERENCIAL.....	44
2.1	Municipio de Vinto	44
2.2	Ubicación	44
2.3	Granja Modelo Pairumani	45
2.4	Experiencias en la zona de los valles andinos	46
2.5	Manejo local del suelo.....	47
2.6	Ubicación de la zona de estudio	47
3.	METODOLOGÍA.....	50
3.1	Selección de las parcelas de estudio.....	50
3.2	Diagrama metodológico.....	50
3.3	Recopilación de información de las parcelas.....	51
3.4	Selección de indicadores	53
3.5	Evaluación del suelo.....	54
3.5.1	<i>Preparación del material.....</i>	54
3.5.2	<i>División de las parcelas</i>	54
3.5.3	<i>Muestreo.....</i>	55
3.5.3.1	Obtención de submuestras.....	55
3.5.3.2	Obtención de la muestra compuesta.....	56
3.5.3.3	Identificación de la muestra	57
3.5.4	<i>Análisis de las muestras de suelo</i>	57
3.6	Mediciones en campo	58
3.6.1	<i>Infiltración</i>	59

3.6.2	<i>Lombrices</i>	59
3.6.3	<i>Estudio de la capa arable del suelo</i>	60
3.6.4	<i>Estudio de la macrofauna</i>	61
3.7	Análisis cualitativo de la calidad del suelo	62
3.7.1	<i>Cromatografía de suelo según Voilt y Guggenberger (1986)</i>	62
3.7.1.1	Preparación de las muestras de suelo con NaOH.....	64
3.7.1.2	Preparación del papel filtro con AgNO ₃	65
3.7.1.3	Test de cromatografía.....	66
3.8	Análisis Estadístico de los resultados	66
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
4.1	Características generales del suelo en las parcelas de estudio	69
4.1.1	<i>Parcelas agrobiológicas</i>	69
4.1.2	<i>Parcelas agroforestales</i>	72
4.1.3	<i>Parcelas locales</i>	75
4.2	Manejo e historial de las parcelas	77
4.2.1	<i>Parcelas agrobiológicas</i>	78
4.2.2	<i>Parcelas agroforestales</i>	83
4.2.3	<i>Parcelas Locales</i>	86
4.3	Evaluación física, química y biológica del suelo	91
4.3.1	<i>Evaluación física del suelo</i>	91
4.3.1.1	Estudio de la capa arable del suelo.....	91
4.3.1.2	Textura	98
4.3.1.3	Densidad aparente	100
4.3.1.4	Porosidad.....	102
4.3.1.5	Agua del suelo	104

4.3.1.6	Infiltración.....	106
4.3.2	<i>Evaluación química del suelo</i>	107
4.3.2.1	pH.....	107
4.3.2.2	Conductividad eléctrica.....	110
4.3.2.3	Materia orgánica.....	113
4.3.2.4	Fósforo disponible.....	117
4.3.2.5	Nitrógeno total.....	119
4.3.2.6	Cationes intercambiables.....	122
4.3.2.7	Capacidad de intercambio catiónico	127
4.3.2.8	Porcentaje de saturación de bases	130
4.3.3	<i>Evaluación biológica del suelo.....</i>	132
4.3.3.1	Lombrices.....	132
4.3.3.2	Análisis Microbiológico.....	134
4.3.3.3	Macrofauna del suelo	141
4.4	<i>Cromatografía del suelo</i>	145
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	151
	Conclusiones	151
	Recomendaciones	154
	BIBLIOGRAFIA	155
	ANEXOS.....	167

	Página
ANEXO 1. Información general de la parcela	1
ANEXO 2. Información general del manejo de la parcela.....	2
ANEXO 3. Historial de Manejo de parcelas agrobiológicas	5
ANEXO 4. Resultados del análisis de los indicadores físicos del suelo en las diez parcelas de estudio.....	14
ANEXO 5. Resultados del análisis de los indicadores químicos del suelo en las diez parcelas de estudio.....	16
ANEXO 6. Resultados del análisis microbiológico	18
ANEXO 7. Valores de interpretación de los indicadores físicos y químicos del suelo	28
ANEXO 8. Repeticiones en la medición de la infiltración.....	32
ANEXO 9. Repeticiones en la medición del número de lombrices	37

	Página
Tabla 1: Indicadores físicos, químicos y biológicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo.....	13
Tabla 2: Colores de cromatografía del suelo	42
Tabla 3: Indicadores y métodos del análisis de las muestras de suelo	58
Tabla 4: Aspectos para el análisis estadístico	67
Tabla 5: Historial de la parcela Munaypata 18 A/4 del año 2001 al año 2011.....	79
Tabla 6: Historial de la parcela Balderrama 12F norte del año 2001 al año 2011.....	80
Tabla 7: Tabla 10: Historial de la parcela Valenzuela 4G sud del año 2001 al año 2011	81
Tabla 8: Historial de las parcelas agroforestales	85
Tabla 9: Cantidad y frecuencia de plaguicidas utilizados en las parcelas con manejo local	89
Tabla 10: Cantidad y frecuencia de fertilizantes utilizados en las parcelas con manejo local	89
Tabla 11: Rotación de cultivos en las parcelas con manejo local.....	90
Tabla 12: Capa arable de las parcelas agrobiológicas	92
Tabla 13: Capa arable de las parcelas agroforestales	94
Tabla 14: Capa arable de las parcelas con manejo local.....	96
Tabla 15: Resultados de la medición de la textura	99
Tabla 16: Resultados de la medición de la densidad aparente.....	101
Tabla 17: Prueba de efectos fijos para la densidad aparente	102
Tabla 18: Resultados de la medición de la porosidad.....	103
Tabla 19: Resultados de la medición de agua en el suelo.....	104

Tabla 20:	Prueba de efectos fijos para el porcentaje de agua disponible	106
Tabla 21:	Resultados de la medición de la infiltración.....	106
Tabla 22:	Prueba de efectos fijos para la infiltración	107
Tabla 23:	Resultados de la medición del pH	108
Tabla 24:	Prueba de efectos fijos para el pH	109
Tabla 25:	Comparación de medias para el pH por sistema de producción.....	109
Tabla 26:	Resultados de la medición de la conductividad eléctrica	111
Tabla 27:	Prueba de efectos fijos para la conductividad eléctrica.....	112
Tabla 28:	Comparación de medias para la CE por sistema de producción.....	112
Tabla 29:	Resultados de la medición de la materia orgánica.....	114
Tabla 30:	Prueba de efectos fijos para la materia orgánica	116
Tabla 31:	Comparación de medias para la MO por sistema de producción	116
Tabla 32:	Resultados de la medición del fósforo disponible	118
Tabla 33:	Prueba de efectos fijos para el fósforo disponible.....	119
Tabla 34:	Resultados de la medición de nitrógeno total	120
Tabla 35:	Prueba de efectos fijos para el nitrógeno total.....	121
Tabla 36:	Prueba de efectos fijos para el calcio.....	123
Tabla 37:	Comparación de medias para el Ca por sistema de producción	123
Tabla 38:	Prueba de efectos fijos para el magnesio.....	124
Tabla 39:	Resultados del cálculo de la RAS.....	125
Tabla 40:	Prueba de efectos fijos para el sodio	125
Tabla 41:	Comparación de medias para el Na por sistema de producción	126
Tabla 42:	Prueba de efectos fijos para el potasio.....	127
Tabla 43:	Resultados de la medición de CIC.....	128
Tabla 44:	Prueba de efectos fijos para la capacidad de intercambio catiónico.....	129

Tabla 45:	Comparación de medias para la CIC por sistema de producción	129
Tabla 46:	Resultados de la medición del porcentaje de saturación de bases	130
Tabla 47:	Prueba de efectos fijos para el porcentaje de saturación de bases	131
Tabla 48:	Comparación de medias para el PSB por sistema de producción.....	131
Tabla 49:	Resultados de la medición del número de lombrices	133
Tabla 50:	Recuento de <i>Bacterias aerobias mesófilas</i> en suelo.....	135
Tabla 51:	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos) en los suelos	137
Tabla 52:	Recuento de Coliformes y <i>Pseudomona aeruginosa</i> en los suelos	139
Tabla 53:	Recuento de Actinomycetos en los suelos.....	140

	Página
Figura 1. Relacion suelo-planta-animal-ser humano	3
Figura 2. Objetivos de la agroecología	22
Figura 3. La Agrobiología.....	27
Figura 4. Gestión de Suelos	29
Figura 5. Sistemas Agroforestales	31
Figura 6. Sucesión Natural de Especies	32
Figura 7. Consorcio de especies dentro de cada sistema	33
Figura 8. Clasificación de sistemas agroforestales en función de sus componentes	35
Figura 9. Mapa de una finca con cercas vivas	36
Figura 10. Mapa de una finca con cortinas rompevientos	37
Figura 11. Mapa Regional de Pairumani	48
Figura 12. Ubicación de la parcelas de estudio.....	49
Figura 13. Diagrama de flujo metodológico	51
Figura 14. Entrevista a Moisés Agreda propietario de las parcelas con manejo local.....	53
Figura 15. Forma de división de las parcelas en forma transversal a la pendiente	55
Figura 16. Muestreo de suelo en las parcelas agroforestales	56
Figura 17. Forma de recorrido para extraer las submuestras	56
Figura 18. Obtención de la muestra compuesta	57
Figura 19. Tipos de estructura del suelo	61
Figura 20. Realización de la cromatografía del suelo en el laboratorio de la UCB.....	62
Figura 21. Cromatografía del suelo.....	63
Figura 22. Adición de la solución de NaOH en la muestra de suelo	65

Figura 23.	Difusión de la solución del suelo sobre en el papel filtro.....	66
Figura 24.	Características generales del suelo en Munaypata 18 A/4	69
Figura 25.	Características generales del suelo en Balderrama 12F norte	70
Figura 26.	Características generales del suelo en Valenzuela 4G sud	70
Figura 27.	Formación de grietas en Valenzuela 4G sud	71
Figura 28.	Cobertura vegetal en distintos cultivos en Munaypata 18 A/4	72
Figura 29.	Características generales del suelo en SAF Frutales	72
Figura 30.	Características generales del suelo en SAF Olivo	73
Figura 31.	Características generales del suelo en Olivo-Tagasastes.....	73
Figura 32.	Características generales del suelo en SAF Testigo	74
Figura 33.	Cobertura vegetal en SAF Olivo	74
Figura 34.	Características generales del suelo en Papelina-Clavel.....	75
Figura 35.	Características generales del suelo en Vaina-Arveja.....	76
Figura 36.	Características generales del suelo en Claveles.....	76
Figura 37.	Erosión hídrica en las parcelas locales	77
Figura 38.	Labranza del suelo	82
Figura 39.	Aplicación de preparados biodinámicos.....	83
Figura 40.	Arado con tracción animal.....	86
Figura 41.	Aplicación de plaguicidas.....	87
Figura 42.	Abono orgánico (gallinaza)	88
Figura 43.	Escasa cobertura vegetal en Vaina-Arveja	98
Figura 44.	Riego de cultivo de acuerdo al modelo agrobiológico	113
Figura 45.	Disposición de rastrojo en la parcela Olivo-Tagasastes	115
Figura 46.	Abono orgánico (gallinaza) aplicado.....	115
Figura 47.	Incorporación de marlos de maíz y residuos de cultivo	117

Figura 48.	Cantidad de cationes intercambiables en las parcelas de estudio	122
Figura 49.	Promedio de bacterias aerobias mesófilas en los sistemas de producción ...	136
Figura 50.	Promedio de hongos en los sistemas de producción.....	138
Figura 51.	Especies de macrofauna encontradas en las parcelas agrobiológicas.....	142
Figura 52.	Especies de macrofauna encontradas en las parcelas agroforestales.....	143
Figura 53.	Especies de macrofauna encontradas en las parcelas locales	144
Figura 54.	Cromatografía de suelos de las parcelas agrobiológicas.....	146
Figura 55.	Cromatografía de suelos de las parcelas agroforestales	147
Figura 56.	Cromatografía de suelos de las parcelas locales.....	148
Figura 57.	Identificación de las zonas que integran una cromatografía ideal.....	149

El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes, debido a que de él depende la producción de alimentos y por ende la subsistencia humana.

Actualmente, el territorio nacional está siendo afectado por el fenómeno de degradación de suelos a causa del empleo de prácticas inadecuadas como el uso excesivo de agroquímicos, siembra en laderas sin prácticas de conservación, los monocultivos, la deforestación etc. Por lo anteriormente señalado en suelos que no han sido objeto de ningún estudio, es importante generar información respecto al estado de los indicadores físicos, químicos y biológicos del mismo (línea base), ya que de lo contrario no se contará con datos que permitan establecer comparaciones posteriores e indagar acerca del efecto de las diferentes prácticas agrícolas sobre la calidad del suelo.

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el estado actual del suelo en relación a sus propiedades físicas, químicas y biológicas en tres sistemas de manejo (agrobiológico, agroforestal y local). El trabajo se realizó en dos etapas la primera consistió en la obtención de información respecto a las prácticas agrícolas desarrolladas en las parcelas de estudio, y la segunda consistió en recopilar información respecto a las características generales de estas parcelas y el análisis del estado de los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo.

Respecto a los resultados, los indicadores del suelo como: textura, densidad aparente, porosidad, infiltración, materia orgánica, potasio, nitrógeno total y fósforo disponible son adecuados en los suelos de los tres sistemas productivos. En el caso de los indicadores físicos no existieron diferencias estadísticamente significativas entre estos sistemas, lo contrario sucedió con los indicadores químicos. Los valores del recuento de hongos y bacterias están dentro los valores referenciales en las parcelas de estudio, pero en promedio los sistemas agroforestales presentaron mayor número de los mismos. Las cromatografías de suelos reflejaron de manera cualitativa los resultados obtenidos respecto a los indicadores, físicos, químicos y biológicos del suelo.

Palabras clave: Degradación, prácticas agrícolas, calidad del suelo, agrobiológico, agroforestal, local, cromatografía.

ABSTRACT

The soil is considered as one of the most important natural resources, because it depends on food production and hence human subsistence.

Currently, the country is being affected by the phenomenon of land degradation due to the use of inappropriate practices such as excessive use of agrochemicals, planting on slopes without conservation practices, monoculture, deforestation etc. As previously noted in soils that have not been subjected to any study, it is important to generate information regarding the status of the physical, chemical and biological thereof (baseline), since otherwise there will be no data to establish subsequent comparisons and inquire about the effect of different agricultural practices on soil quality.

The present study aimed to assess the current state overall soil in relation to their physical, chemical and biological weapons in three management systems (agrobiological, agroforestry and local). The work was conducted in two stages, the first stage was to obtain information regarding agricultural practices developed in the study plots, and the second was to gather information about the general characteristics of these plots and the analysis of the state of the indicators physical, chemical and biological soil.

Regarding the results, as indicators of soil texture, bulk density, porosity, infiltration, organic matter, potassium, total nitrogen and available phosphorus in soils are suitable for the three production systems. In the case of physical indicators not statistically significant differences between these systems, the opposite happened with chemical indicators. The values of fungi and bacteria counts are within reference values in the study plots, but on average agroforestry systems with higher number of them. The soil chromatograms showed qualitatively the results against indicators, physical, chemical and biological soil.

Keywords: Degradation, agricultural practices, soil quality, agrobiological, agroforestry, local, chromatography.

El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes, esencial para la vida, como lo es el aire y el agua, de ahí la necesidad de mantener su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se pueda establecer un equilibrio entre la producción de alimentos y el acelerado incremento del índice demográfico (DURÁN 2009:7).

En la actualidad hay una creciente preocupación sobre el manejo de los recursos naturales, en particular sobre el agua y la tierra, y sobre el cambio global debido al efecto invernadero, ocasionado en gran parte por la degradación del suelo. La presión creciente sobre los recursos naturales ha generado la desertificación de algunas áreas. Sin embargo, en los últimos años, se ha llegado a la conclusión de que el mal uso de la tierra es tal vez el principal factor, y la sequía es sólo un factor exacerbado. Es decir, la causa directa de la desertificación es el mal manejo del suelo a través de algunas prácticas excesivas de pastoreo, métodos de labranza inapropiados, tala indiscriminada, sobreexplotación de la tierra y malos sistemas de distribución de agua (DURÁN 2009:7).

De acuerdo con cifras del Ministerio de Desarrollo Sostenible, para su Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación, aproximadamente 450.943 km² del territorio nacional están siendo afectados por este fenómeno (1999), lo que significa la pérdida de suelos cultivables y consecuentemente la disminución de la capacidad productiva de las tierras (Cf. ZEBALLOS 2006: 57)

En Bolivia la base productiva está deteriorada, los recursos como el agua, el suelo y los bosques, están siendo utilizados bajo la visión extractivista de corto plazo, con prácticas inadecuadas como el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura, la siembra en laderas sin prácticas de conservación, los monocultivos, la deforestación, ocasionando de esta manera la pérdida de la capacidad productiva en los ecosistemas (LIDEMA 2010).

En este contexto, es primordial promover métodos alternativos que garanticen la seguridad alimentaria de las poblaciones y que contribuyan en la restauración de la calidad de los suelos y del medio ambiente (Cf. DE SILGUY 1999: VIII).¹

Antecedentes

La creciente demanda de alimentos en la actualidad, está generando una fuerte presión sobre los recursos naturales (suelo y agua) principales factores en los que se apoya la producción de alimentos.

El aprovechamiento del suelo por parte del ser humano ha tenido una consecuencia inevitable la alteración del ecosistema natural. La producción agropecuaria necesariamente modifica esa situación original, y cuando ese uso no se realiza en forma compatible con la preservación del ambiente y los recursos naturales, se dice que la producción no va a ser sustentable en el tiempo (INTA 2002).

Obtener sistemas agrícolas de bajos insumos, diversificados y eficientes en el uso de la energía, agua y nutrientes resulta una preocupación para investigadores y agricultores en el mundo entero. Es necesario tomar conciencia de que no se puede continuar un proceso de deterioro de los recursos que van a ser perjudiciales en el futuro, impidiendo que las generaciones que nos siguen tengan las mismas posibilidades de alimentarse que las actuales (INTA 2002).

El desafío en la actualidad es alcanzar un aumento de la productividad de los sistemas agropecuarios en concordancia con la conservación de los recursos naturales, generar y aplicar tecnologías que tiendan a la preservación del suelo para así avanzar hacia una agricultura ecológica y sostenible en el tiempo (INTA 2002).

¹La cita mencionada figura en la página VIII de la introducción del libro “La Agricultura Biológica”.

En este sentido el presente estudio consiste en realizar una evaluación del estado actual del suelo en relación a sus indicadores físicos, químicos y biológicos en tres sistemas de manejo (agrobiológico, agroforestal y local), para lograr esto se realizó el estudio de diez parcelas tres por cada sistema productivo y una parcela testigo. Las parcelas bajo el manejo agrobiológico se encuentran en la Granja Modelo Pairumani (GMP), las parcelas con sistemas agroforestales así como la parcela testigo están ubicadas en la localidad de Combujo dentro la propiedad Mollesneja y las parcelas con manejo local se encuentran en esta misma localidad, las diez parcelas de estudio están en el Municipio de Vinto.

La Granja Modelo Pairumani (GMP) perteneciente a la Fundación Simón I. Patiño desarrolla un modelo agrobiológico de producción que se caracteriza por el respeto y la relación constante de los componentes: suelo-planta-animal-ser humano (Figura 1).

Figura 1. Relacion suelo-planta-animal-ser humano



Fuente: Sánchez Ponce, 2009

La GMP llega a este modelo agrobiológico a través de la gestión de suelos, la gestión agrícola y la gestión pecuaria. La gestión de suelos se lleva a cabo mediante el manejo de la fertilidad y con el uso de fertilizantes orgánicos como el compost y mediante el manejo de la erosión con el uso de técnicas de labranza adecuados al medio y fundamentalmente con el manejo del agua de riego (aspersión y curvas de nivel). La

gestión agrícola es realizada a través de la rotación de cultivos y la instalación de sistemas agroforestales y agrosilvopastoriles (CASTELLÓN 2010:75). Por otro lado con el objetivo de mejorar la fertilidad de los suelos, a partir del año 2001 la GMP comienza a utilizar preparados biodinámicos inicialmente en algunas de sus parcelas, actualmente se están aplicando estos preparados en el 100 % de sus parcelas (SÁNCHEZ 2011, *Com. Pers.*).

Respecto a los sistemas agroforestales, en el año 2001, dentro la propiedad Mollesneja ubicada a unos 3 kilómetros de distancia de la GMP, fueron implementadas tres parcelas agroforestales SAF Olivo, SAF Frutales y Olivo-Tagasastes. Este predio no había sido cultivado durante aproximadamente 10 años, siendo utilizado como pradera para el ganado bovino de la comunidad vecina, debido a esto el suelo se encontraba degradado. Con el objetivo de comprobar que era posible recuperar la fertilidad del suelo y aprovechar el predio para una producción frutícola, se decidió realizar este ensayo (STADLER 2009).

Así también, en el año 2010, se implementó una parcela agroforestal con especies frutales la misma está siendo considerada como la parcela testigo y será comparada con las otras parcelas agroforestales para conocer los cambios que se han presentado respecto a la calidad del suelo en los últimos 10 años.

En la localidad de Combujo la actividad económica principal es la agricultura. Los principales productos cultivados son: papa, maíz, flores, verduras y legumbres. Los agricultores de esta zona se caracterizan por aplicar las técnicas de la agricultura convencional y orgánica lo que en este estudio es conocido como *manejo local*, en este sistema de manejo se utilizan insumos externos como: fertilizantes químicos sintéticos, y plaguicidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas) pero también se practica la rotación y asociación de cultivos, se aplica abono orgánico (gallinaza) y tanto para la preparación del terreno como para tareas de siembra y laboreo se utiliza tecnología tradicional (yunta) y tecnología moderna (tractores y sus implementos) (SERINCO 1997).

Descripción del problema

En Bolivia 34 millones de hectáreas se encuentra en una situación crítica de fragmentación y degradación de suelos, es decir un tercio del país se encuentra en un proceso de degradación, tanto en las tierras altas, como en los valles y tierras bajas (Cf. LIDEMA 2010:7).

Actualmente, el 5,5 por ciento del territorio nacional está siendo afectado por la degradación de los suelos, pero la proyecciones indican que ese porcentaje de deterioro subirá a 11,2 por ciento para el 2050 y a 22,2 por ciento para el 2100 impactando en la agricultura, esto es una problemática fundamental de largo plazo debido a que incidirá negativamente en las condiciones de la producción y en el empleo rural del país (Cf. CEPAL 2009:30)

Por lo anteriormente señalado se entiende que la problemática de degradación de suelos en Bolivia es crítica y por tanto es importante obtener información respecto al estado actual del suelo en tres sistemas de manejo (agrobiológico, agroforestal y local), para recuperar y transmitir las experiencias que busquen mejorar el estado de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo.

En la zona de estudio donde se encuentran los sistemas agroforestales de Mollesnejta hasta la fecha no se ha realizado un estudio que permita conocer el estado actual del suelo en relación a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, así también la GMP ha iniciado proyectos de implementación de sistemas agroforestales en las localidades vecinas y en sus terrenos, y necesita contar con información respecto a las técnicas utilizadas en estos sistemas, para luego emplearlas en sus terrenos.

Así también la GMP además de los sistemas agroforestales busca recuperar otras experiencias que se dan en las localidades vecinas como el manejo local, para comparar los resultados de este tipo de manejo con el modelo agrobiológico y agroforestal y establecer cuál de éstos presenta mejores resultados en relación a la calidad del suelo

Objetivos

Objetivo general

El objetivo general del presente estudio es evaluar el estado actual del suelo en relación a sus propiedades físicas, químicas y biológicas en tres sistemas de manejo (agrobiológico, agroforestal y local) en el Municipio de Vinto.

Objetivos específicos

Para poder alcanzar el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Describir las características generales de los suelos en las parcelas de estudio.
- Conocer el sistema de producción de dichas parcelas, así como el historial de uso y manejo del suelo.
- Evaluar la calidad física, química y biológica de los suelos de acuerdo a los indicadores establecidos, y a los resultados de cromatografía.

Hipótesis

En este estudio debido a que se realizó un análisis estadístico de los resultados se presentan dos tipos de hipótesis:

Ho: El estado de un indicador físico o químico es el mismo para los tres sistemas de manejo.

$$Ho: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Ha: El estado de un indicador físico o químico es diferente en al menos un sistema de manejo.

$$Ha: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Justificación

Los suelos agropecuarios y forestales en el país de un modo general son frágiles (sobre todo en zonas áridas y secas). La fragilidad se incrementa con la pérdida de cobertura

vegetal generadas por las prácticas inadecuadas de producción agropecuaria y forestal (VARGAS s/a).

Un desarrollo agrícola que sea sostenible en el tiempo pasa por la diversificación de los sistemas de producción, para aprovechar de mejor manera los recursos naturales y para minimizar los riesgos económicos y ecológicos, por esto es muy importante promover métodos alternativos que puedan contribuir a la restauración de la calidad de los suelos frenando la erosión y que garanticen la seguridad alimentaria (Cf. DE SILGUY 1999: VII).²

El uso no apropiado de tierras lleva a: una ineficaz explotación de los recursos naturales, destrucción de los recursos de la tierra, pobreza y otros problemas sociales, e incluso a la destrucción de la civilización. La tierra es la última fuente de riqueza y es la base sobre la cual las civilizaciones están construidas (ROSSITER 1994).

En este sentido, el presente estudio brindará información preliminar respecto al estado actual del suelo en relación a sus indicadores de calidad, en tres sistemas de manejo (agrobiológico, agroforestal y local), lo que permitirá realizar una evaluación comparativa entre las mismas, y conocer cuál de estos presenta mejores resultados respecto a la calidad del suelo. Del mismo modo, servirá como base para la realización de posteriores estudios relacionados con la calidad del suelo.

Por otra parte, la GMP además del interés que tiene en transmitir el modelo agrobiológico a las localidades vecinas, está interesada en recuperar y transmitir experiencias que se dan fuera de ella como ser el manejo local y agroforestal llevadas a cabo en la localidad de Combujo, la GMP ya ha iniciado proyectos para implementar sistemas agroforestales en localidades vecinas y en sus terrenos, y por tanto la información que brinde el presente estudio será útil e importante, a esto debemos añadir que los sistemas agroforestales de Mollesnejta es una experiencia de recuperación de suelos de 10 años única en Cochabamba y aún no ha sido estudiada y por esto es importante su estudio y análisis.

Además este estudio dará a conocer a la GMP y a los agricultores propietarios de las parcelas agroforestales y locales, el estado actual de sus suelos, para que éstos puedan desarrollar medidas que coadyuven a mejorar la calidad de sus suelos.

²La cita mencionada figura en la página VII de la introducción del libro “La Agricultura Biológica”.

Límites y alcances

El presente estudio se realizó en diez parcelas tres por cada sistema productivo y una parcela testigo, las parcelas agrobiológicas son: Munaypata 18A/4 (AGB1), Balderrama 12F norte (AGB2) y Valenzuela 4G sud (AGB3), todas ellas ubicadas dentro la Granja Modelo Pairumani; son parcelas que tienen la misma edad³ (10 años), rotación y fertilización. Por otro lado las parcelas agroforestales son: SAF Olivo (AGF1), Olivo-Tagasastes (AGF2), SAF Frutales (AGF3) y SAF Testigo (AGF4), las tres primeras fueron implementadas en el año 2001 y la última el 2010, están dentro la propiedad de Mollesnejta en la localidad de Combujo a 3 km de la GMP. Entre éstas la única parcela cuyo manejo está bajo los principios de la sucesión natural de Ernst Götsch, es la primera (AGF1). Respecto a las parcelas con manejo local son: Papelina-Clavel (LOC1), Vaina-Arveja (LOC2) y Claveles (LOC3) se distinguen por su edad³ la primera tiene una edad de 23 años, la segunda 30 años y la tercera 15 años, todas están ubicadas en la localidad de Combujo Municipio de Vinto.

El análisis de los indicadores físicos, químicos y biológicos para evaluar la calidad del suelo así como la cromatografía fue realizada en el mes de Noviembre del año 2011, por lo que el presente estudio corresponde a un análisis del estado actual de los suelos en estas diez parcelas.

En el presente estudio solamente se realizó la evaluación de los indicadores edafológicos y no productivos, debido a que los tres sistemas de manejo producen diferentes productos que son difícilmente comparables.

Este estudio fue realizado en dos etapas. La primera etapa correspondió a la obtención de información respecto a las prácticas de manejo que se realizaron y se realizan en estas diez parcelas (historial de manejo), y la segunda etapa correspondió al trabajo de campo donde se obtuvo información respecto a las características generales de las parcelas de estudio y del estado actual de los indicadores de calidad del suelo.

³Se refiere a los años de empleo de prácticas agrícolas (manejo del suelo) del sistema productivo

Luego de obtener los resultados de los indicadores de calidad del suelo (físico y químico), se procedió a realizar el análisis estadístico donde se obtuvo la media de cada indicador y se realizó una comparación estadística entre los tres sistemas productivos, para conocer cuál de éstos presentan mejores resultados respecto a la calidad del suelo.

En el análisis estadístico no se incluyó los resultados de los indicadores biológicos del suelo debido a que no se contó con un número de repeticiones necesarias para realizar este análisis.

1.1 Suelo

En el presente estudio es importante conocer primeramente la definición de suelo, son muchas las definiciones que se han planteado, sin embargo, una definición muy útil es de USDA 1960 y es la siguiente:

El conjunto de partículas naturales sobre la corteza terrestre que sirve de soporte a las plantas, con un límite inferior que coincide con el de los minerales inconsolidados, o material orgánico que se encuentra en la zona de raíces de las plantas perennes; o, donde se han desarrollado horizontes impenetrables a las raíces, la capa superior de la corteza terrestre que posee propiedades diferentes de la roca infrayacente, como resultado de interacciones entre clima, organismos vivos, roca madre y relieve (HODGSON 1987:3)

Esta es solo una definición de las muchas que existen, por ejemplo, desde el punto de vista geológico, el suelo es la delgada capa superior del no consolidado manto de rocas desintegradas o “regolith” que cubre el lecho de rocas sólidas (DURÁN 2009:8).

El suelo es una capa de material de soporte de vida muy delgada y a menudo frágil, dentro una visión general el suelo es un medio para el crecimiento de las plantas, debido a que tiene una importante función en el reciclaje de recursos necesarios para el crecimiento de las mismas (PLASTER 2000:2-5)

Los seres vivos, así como las plantas, necesitan una temperatura adecuada, oxígeno, agua, carbono y otros nutrientes. Estos factores se intercambian en el suelo en forma de ciclos que permiten a los elementos reciclarse más que perderse, es decir, el suelo es un sistema de tres fases: sólida (material mineral), líquida (agua) y gaseosa (oxígeno) (PLASTER 2000:2).

Por otro lado, los agricultores de manera general consideran al suelo como algo que les fue concedido y como algo del cual se extrae una cosecha, prestando poca atención a los complejos procesos ecológicos que suceden bajo la superficie, pero el suelo es un

complejo, viviente, cambiante y dinámico componente del agroecosistema, y puede ser degradado o manejado responsablemente (Cf. GLIESSMAN 2002:101).

1.1.1 Degradación del Suelo

Se conoce como degradación del suelo “a la pérdida de la productividad económica o biológica y de complejidad de los ecosistemas, debido a procesos degradativos muy diversos y como consecuencia de un uso y manejo inadecuados” (DE LA ROSA 2008:117).

El proceso de degradación del suelo incluye una serie de cambios físicos, químicos y/o biológicos en las propiedades y procesos edáficos que disminuyen la calidad del suelo (DE SANTA OLALLA 2001:111).

En este sentido Doran et al. (1994) define la calidad del suelo como lo siguiente:

Es la capacidad de un suelo de funcionar dentro de los límites del ecosistema para sostener la productividad biológica, mantener la calidad medioambiental y promover la salud de las plantas y animales (DE SANTA OLALLA 2001:112).

Procesos como la contaminación (por nitratos, fósforo, potasio, pesticida, metales pesados), salinización, lixiviación, acidificación, erosión (hídrica y eólica), pérdida de materia orgánica y biodiversidad, y compactación son procesos que causan la degradación del suelo (DE LA ROSA 2008:117).

1.1.2 Indicadores de calidad del suelo

Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (BAUTISTA *et al.* 2004).

Dado que el suelo mantiene un balance entre sus factores físicos, químicos y biológicos los indicadores de calidad del suelo deben estar constituidos por combinaciones de estos factores, especialmente en aquellas situaciones donde algunos parámetros integran los

tres factores y sus funciones, por ejemplo, la tasa de infiltración de agua en el suelo (BARRIOS *et al.* s/a).

Debido a que existen muchas propiedades alternativas para evaluar la calidad del suelo, Larson y Pierce (1991); Doran y Parkin (1994) y Seybold *et al.* (1997) plantearon un conjunto mínimo de propiedades del suelo para ser usadas como indicadores para evaluar los cambios que ocurren en el suelo con respecto al tiempo (Tabla 1).

Tabla 1: Indicadores físicos, químicos y biológicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo.

Propiedad	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.	% 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/30cm; intensidad de precipitación
Químicas		
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad el suelo; estabilidad; erosión; potencial productivo.	kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica, limita el crecimiento de las plantas y actividad microbiana	Comparación entre los límites inferiores y superiores 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; son indicadores de productividad y 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
Nº de lombrices	Relacionado con la actividad microbiana.	
Rendimiento del cultivo	Producción potencial del cultivo, disponibilidad de nutrientes.	

Fuente: Elaboración propia según BAUTISTA *et al.* 2004

Para un mejor entendimiento los indicadores físicos, químicos y biológicos de la tabla 1 son descritos a continuación:

1.1.2.1 Indicadores Físicos

Las características físicas del suelo son importantes para la evaluación de la calidad de este recurso debido a que no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo (Tabla 1) son aquellas

que reflejan la forma como el suelo acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil, y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. Estos indicadores son: la estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada, los mismos que varían de acuerdo a las características predominantes del lugar y con el manejo (BAUTISTA *et al.* 2004).

1.1.2.2 Indicadores Químicos

Los indicadores químicos (Tabla 1) incluyen propiedades que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos. Doran y Parkin (1994) propusieron como indicadores el contenido de materia orgánica, o carbono y nitrógeno orgánico, el pH, la conductividad eléctrica y el N, P y K disponible. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, MO, N, P y K) son factores importantes en términos de producción de cultivos (BAUTISTA *et al.* 2004).

1.1.2.3 Indicadores Biológicos

Las propiedades biológicas del suelo son muy dinámicas es decir dan una respuesta rápida a los cambios en el manejo del suelo, son sensibles al estrés ambiental y fáciles de medir, por lo que tienen la ventaja de dar señales tempranas de degradación o de mejoría de los suelos. Los indicadores biológicos (Tabla 1) integran diferentes factores que afectan la calidad del suelo (BAUTISTA *et al.* 2004).

De forma general se refiere a la abundancia y subproductos de los organismos, incluidos bacterias, hongos, nematodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen funciones como la tasa de respiración, ergosterol y otros subproductos de los hongos, tasas de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana. Según Chen (2000) también se considera como indicador biológico el rendimiento de los cultivos (BAUTISTA *et al.* 2004).

Es importante señalar que existen distintos enfoques para generar un conjunto de indicadores, los cuales pueden cambiar con el tiempo conforme al incremento en el entendimiento de los problemas ambientales y en la evolución de los valores sociales.

Después de la descripción de los indicadores de calidad del suelo, otro aspecto importante que debe considerarse en el presente estudio es el *manejo local* que es entendida como las prácticas agrícolas empleadas por los agricultores de la localidad de Combujo (Vinto), el mismo será descrito a continuación:

1.2 Manejo local en Combujo

En este estudio se entiende como manejo local al conjunto de prácticas agrícolas empleadas por los agricultores de la localidad de Combujo, la misma incluye la aplicación de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas) las cuales son dos prácticas básicas de la agricultura convencional. Pero así mismo aplican las técnicas de la agricultura orgánica como la rotación y asociación de cultivos, incorporación de residuos orgánicos como ser el abono de gallina (gallinaza) en el suelo. Dentro la preparación del terreno, siembra y laboreo se utiliza tecnología tradicional (yunta) y tecnología moderna (tractores y sus implementos) (SERINCO 1997).

Por lo anteriormente señalado se concluye que el manejo local es una combinación de las prácticas de la agricultura convencional y orgánica y por tanto es importante describir las características de estos dos tipos de agricultura.

1.3 Agricultura Convencional

La agricultura convencional es un sistema de producción agropecuaria extremadamente artificial de alto rendimiento, basada en el uso intensivo de capital (tractores y maquinarias de alta productividad) e insumos externos (semillas de alto potencial, fertilizantes y pesticidas sintéticos) sin considerar los ciclos naturales. Este enfoque de la producción agropecuaria también se conoce como agricultura “de la Revolución Verde”, “de altos rendimientos”, “de altos insumos externos” o “moderna” (LUGO 2009).

En realidad lo que sucede es que el sistema convencional es sostenido, no sostenible. Es sostenido por los insumos que se tienen que usar, provenientes de otros lugares, para mantener su productividad. Es sostenido por la existencia de un sistema socioeconómico que descansa en la maximización de producción, al menor costo económico posible y con el mayor nivel de ganancia que se pueda alcanzar. Así, es claro que existe una diferencia entre un sistema sostenido y otro sostenible (AEET 2007).

En sistemas agrícolas convencionales el interés excesivo en maximizar la cosecha desordena el equilibrio en los ecosistemas naturales, de modo que solo se puede mantener la productividad si continúa la interferencia externa, a través de insumos, importando energía y nutrientes (AEET 2007).

1.3.1 Prácticas de la agricultura convencional

La agricultura convencional se basa en dos objetivos principales: la maximización de la producción y las ganancias. Las seis prácticas básicas de la agricultura convencional son: labranza intensiva, monocultivo, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos (Cf. GLIESSMAN 2002:3).

La producción de alimentos se lleva a cabo como un proceso industrial en donde las plantas son como minifábricas, su producto se maximiza por el uso de insumos, la eficiencia de la productividad se incrementa mediante la manipulación de sus genes y, el suelo se convierte simplemente en el medio en el cual las raíces crecen. (Cf. GLIESSMAN 2002:3).

Esto hace importante estudiar más a fondo las consecuencias de este tipo de producción para entender de mejor forma su incidencia en la calidad del suelo y el medio ambiente.

1.3.2 Consecuencias

Respecto a las consecuencias de la agricultura convencional tenemos las siguientes:

1.3.2.1 Pérdida de fertilidad y erosión de los suelos

La excesiva explotación, la utilización de alarmantes dosis de abonos químicos, ha generado un empobrecimiento de las tierras en humus que afecta su fertilidad, vida microbiana, estabilidad estructural, etc. (ROMERA 2004).

La agricultura convencional se ha basado desde hace mucho tiempo en la labranza intensiva, esta práctica tiende a degradar la calidad del suelo en diferentes formas. La materia orgánica se reduce debido a la ausencia de cobertura vegetal y el suelo se compacta por el paso frecuente de la maquinaria pesada. Esta falta de materia orgánica reduce la fertilidad del suelo y degrada su estructura, incrementado su compactación (Cf. GLIESSMAN 2002:4).

1.3.2.2 Problemática del monocultivo

El monocultivo tiende a favorecer la labranza intensiva, el control químico de plagas, la aplicación de fertilizantes inorgánicos, el riego y las variedades especializadas de cultivos. Las grandes áreas de cultivo de una sola especie son más susceptibles al ataque devastador de plagas y por tanto requieren protección mediante plaguicidas (Cf. GLIESSMAN 2002:4).

Así mismo, provoca la constante pérdida de ecotipos y poblaciones locales de muchas especies de cultivo (sobre todo de hortícolas), que genera la desaparición de futuras fuentes de resistencia a plagas, enfermedades y condiciones adversas.

La problemática del monocultivo además de lo anterior, conduce a un uso excesivo de maquinaria, lo que repercute en la degradación del suelo (ROMERA 2004).

1.3.2.3 Contaminación de los recursos naturales y del medio ambiente

Debido al empleo indiscriminado de fertilizantes y todo tipo de productos químicos, y a que los componentes minerales de los fertilizantes son fácilmente lixiviados (Cf. GLIESSMAN 2002:4), se presentan los siguientes problemas en las aguas tanto superficiales como subterráneas:

- Acumulación de nitritos y fosfatos, que se traduce en una pérdida de la potabilidad del agua y eutrofización del agua.
- Salinización de los acuíferos por sobreexplotación de las aguas subterráneas.
- Contaminación del suelo de cultivo por el riego con aguas contaminadas.

Así también se da la contaminación atmosférica, los abonos nitrogenados liberan a la atmósfera pérdidas de amoníaco, ácido nítrico, partículas de nitrato amoniacal y úrea.

1.3.2.4 Control químico de plagas y arvenses

Los plaguicidas pueden bajar drásticamente las poblaciones de plaga a corto plazo, pero debido a que también eliminan a sus enemigos naturales, las plagas rápidamente incrementan sus poblaciones a niveles incluso mayores a los que tenían antes de aplicar estos químicos. De esta forma, el agricultor se ve obligado a usar cantidades mayores de plaguicidas u otros productos químicos ocasionando efectos negativos en el medio ambiente y en la salud humana (GLIESSMAN 2002:5).

1.3.2.5 Pérdida de la calidad natural de los alimentos

Abonar el suelo de manera desequilibrada y la forma en que éstos se suministran al suelo, como sales solubles, modifican profundamente la bioquímica de la planta y por tanto, los abonos químicos alteran la composición de los alimentos (GLIESSMAN 2002:5).

1.3.3 Beneficios

La agricultura convencional ha permitido incrementar la productividad agrícola en el último siglo, asegurando al mismo tiempo una fuente de alimentos al tiempo que aumenta la población mundial y decrece la superficie necesaria.

Los incrementos en la producción, conjuntamente con la mecanización agraria contribuyen a la reducción de la población agraria, permitiendo que a medida que los agricultores quedan libres de las tareas del campo pueden incorporarse al sector

industrial. Así mismo, este tipo de agricultura permite una producción más acelerada de los alimentos en poco espacio (AEET 2007).

Otro aspecto que es importante conocer dentro el *manejo local* es la agricultura orgánica la misma es descrita a continuación:

1.4 Agricultura Orgánica

El sistema de producción orgánica elimina el empleo de insumos sintéticos, como fertilizantes, pesticidas, reguladores de crecimiento y aditivos alimenticios para los animales. Adopta prácticas de rotación de cultivos, reciclaje de residuos orgánicos, abonos verdes, rocas minerales, manejo y control biológico. Busca mantener la fertilidad y la vida microbiana del suelo para satisfacer las necesidades de las plantas (Cf. PENTEADO 2000:1)

Esta no utilización de productos químicos de síntesis suele incluir también a los organismos genéticamente modificados (GMOs) (DE LA ROSA 2008:111).

El suelo, en el contexto de la agricultura orgánica, es considerado como un organismo vivo que está diseñado naturalmente para durar, es por esto que el conocimiento de este tipo de agricultura no solo se limita a la producción y a cuidar el equilibrio nutricional de las plantas, sino que involucra el suelo, sus relaciones y participa de forma dinámica de su mejoramiento y maduración para garantizar la nutrición permanente y la fertilidad de las plantas (RESTREPO; PINHEIRO 2009:66).

Por lo anteriormente señalado se entiende que la agricultura orgánica es sinónimo de la agricultura ecológica o agroecología cuyas características son descritas a continuación:

1.5 Agroecología

El término agroecología puede ser entendido de la siguiente forma:

La agroecología es el enfoque de la agricultura que intenta proporcionar un medio ambiente armoniosamente equilibrado, buscando rendimiento y fertilidad del suelo y un control natural de plagas, mediante el uso de tecnologías optimizadoras del

medio ambiente existente, en el cual se incluye al hombre y los recursos naturales de su entorno en una forma autosostenible con crecientes beneficios económicos, sociales y ecológicos a través del tiempo (FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO 2004:2)

La agroecología se define como la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles (GLIESSMAN 2002:13).

Desde la agroecología se pretende integrar el conocimiento ancestral en nuevos esquemas agrícolas que permiten la conservación de los recursos con el desarrollo rural. (MOLINA; PEREZ 2004). Es decir se busca promover una agricultura tradicional, local, ecológicamente diseñada y modernizada, valorando las necesidades sociales de los campesinos, su desarrollo endógeno y el respeto a su cultura ancestral.

La agroecología proporciona el conocimiento y metodologías necesarios para desarrollar una agricultura que sea ambientalmente adecuada, altamente productiva y económicamente viable (GLIESSMAN 2002:13).

Los métodos y principios ecológicos son las bases de la agroecología, estos son esenciales para determinar: si una práctica agrícola particular, un insumo o decisión de manejo es sostenible, y es la base ecológica para decidir la estrategia de manejo y conocer su impacto a largo plazo (GLIESSMAN 2002:13).

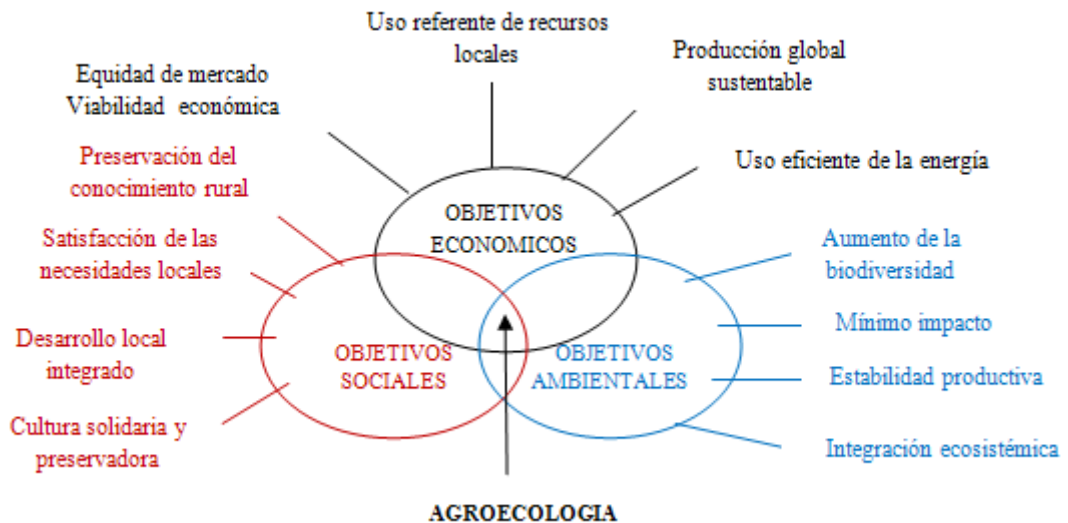
Aplicando este enfoque de una forma más amplia, nos permite analizar el desarrollo histórico de las actividades agrícolas en una región y determinar las bases ecológicas para seleccionar prácticas más sostenibles para esa región. De la misma forma nos puede ayudar a encontrar las causas de los problemas que han surgido por las prácticas insostenibles y explorar las bases teóricas para desarrollar modelos que puedan facilitar el diseño, las pruebas y la evaluación de agroecosistemas sostenibles (GLIESSMAN 2002:13).

Cuando se define la agroecología, se debe señalar que se está examinando el sistema de producción como un agroecosistema (AEET 2007).

1.5.1 Objetivos de la agroecología

Los objetivos de la agroecología se resumen en la siguiente figura:

Figura 2. Objetivos de la agroecología



Fuente: Molina; Pérez, 2004:19

1.5.2 Principios de la agroecología

Los principios de la Agricultura Ecológica según la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), son los siguientes:

- Producir alimentos en suficiente cantidad y que sean de alta calidad.
- Interactuar constructivamente del tal forma que permita incrementar la vida de todos los sistemas y ciclos naturales.
- Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del sistema, que comprenden los microorganismos, la flora y fauna del suelo, las plantas y los animales.
- Mantener e incrementar a largo plazo la fertilidad de los suelos.
- Emplear, en lo posible, recursos renovables en los sistemas agrarios.

- Trabajar, en lo posible, dentro de un sistema cerrado con respecto a la materia orgánica y los nutrientes minerales.
- Trabajar, en lo posible, con materiales y sustancias que puedan ser utilizadas nuevamente o recicladas, tanto en la finca como en otro lugar.
- Proporcionar al ganado condiciones de vida que le permitan desarrollar las funciones básicas de su conducta innata.
- Minimizar todas las formas de contaminación que puedan ser producidas por las prácticas agrícolas.
- Mantener la diversidad genética del sistema agrícola y de su entorno, incluyendo la protección de los hábitats de las plantas y animales silvestres.
- Permitir que los productores agrarios lleven una vida que estén de acuerdo a los derechos humanos de la ONU, es decir cubran sus necesidades básicas, obtengan ingresos adecuados, estén satisfechos con su trabajo y dispongan de un entorno laboral sano.
- Tener en cuenta el impacto social y ecológico del sistema agrario.

(MOLINA; PÉREZ 2004:20)

1.6 Agricultura Biológica

La agricultura biológica es un modelo de producción basado en la actividad biológica del suelo, en el que no se utilizan productos químicos de síntesis y abonos solubles. La agricultura biológica incluye no solo las producciones vegetales y animales, sino el conjunto de la explotación como organismo viviente con múltiples interacciones con su entorno natural y socioeconómico. Producir bajo este modelo significa también actuar racionadamente sobre el ecosistema de forma autónoma y duradera (Cf. DE SILGUY 1999:1).

Los métodos de la agricultura biológica se basan en el mantenimiento de los seres vivos, del suelo y especialmente de la microflora y la microfauna, gracias a rotaciones de cultivos largas y variadas, a técnicas apropiadas y al mantenimiento de un nivel elevado de materia orgánica (DE SILGUY 1999:2).

Estos métodos son más complejos que los de la agricultura convencional, debido a que no existe una respuesta simple y única para cada caso particular. Cada explotación agrícola constituye un sistema complejo, que exige soluciones adaptadas (DE SILGUY 1999:2).

Los agricultores biológicos dan especial atención al mantenimiento de la calidad del suelo debido a que consideran que del equilibrio de este medio viviente y complejo dependen las plantas, los animales y los seres humanos (Cf. DE SILGUY 1999:1).

1.6.1 Características

La agricultura biológica se caracteriza de la siguiente manera:

- Busca recuperar, mantener o mejorar las condiciones ecológicas del medio y mantener una relación positiva con el ambiente natural a todos los niveles.
- Con el fin de evitar cualquier forma de contaminación, no se usa ningún fertilizante ni plaguicida químico, ni abono de fácil solubilidad, ni otros productos químicos sintéticos para protección y maduración en almacén, ni hormonas y reguladores de crecimiento para uso agrícola y pecuario.
- Respeta la vocación natural del suelo y del clima. Respeta los horizontes por eso no se da la inversión de sus capas, mas al contrario busca mejorar la estabilidad estructural. Propicia el reciclaje (residuos vegetales y animales). Conserva los niveles óptimos de materia orgánica (abonos verdes, acolchado superficial, incorporación de materia prehumificada solamente), con el objetivo de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas en general, y favorecer el desarrollo de la vida microbiana.

- Promueve los policultivos, las rotaciones, los abonos verdes, los cultivos intercalados y mixtos. Se da la preferencia a especies y variedades nativas.
- Busca asegurar vitalidad, rendimiento y longevidad de los animales, proporcionándoles condiciones acorde con su naturaleza: crecen naturalmente con suficiente espacio vital y sin hormonas. Para la sanidad en lo posible se aplican métodos y medicamentos naturales, como la homeopatía.
- Utiliza un máximo de recursos locales y regionales (abonos minerales naturales, harinas de hueso y cuerno, etc.) y reduce al mínimo el uso de energía fósil, de recursos no renovables y de recursos importados.
- Busca armonizar productividad, estabilidad, sostenibilidad y equidad, que crea empleos racionales, que concede al agricultor ingresos satisfactorios y que genere empleos adicionales humanamente dignos, creativos y gratificantes.
- Recupera y recrea las experiencias campesinas e indígenas (saber tradicional y cultural), aprovecha los avances agronómicos modernos útiles y los amalgama mediante la aplicación de la ciencia ecológica (DEHOUSSE 1993).

1.6.2 Fines principales

Los fines principales de la agricultura biológica son los siguientes:

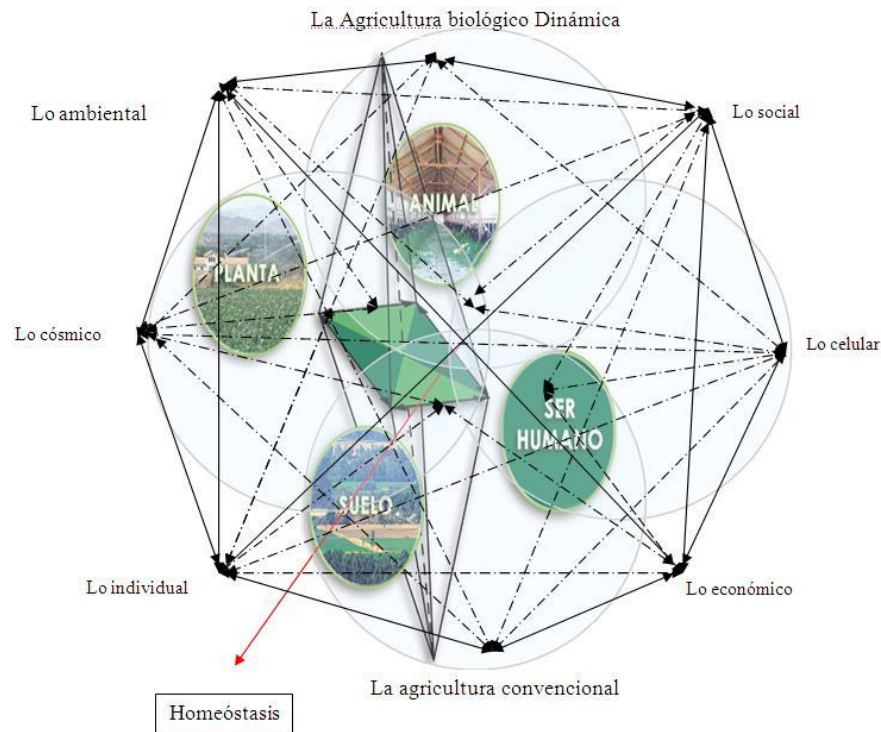
- Producir alimentos en cantidad suficiente.
- Producir alimentos de calidad nutritiva, sanitaria y organoléptica óptima.
- Trabajar en forma integrada con los ecosistemas.
- Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del ecosistema agrario.
- Mantener y/o aumentar la fertilidad de los suelos a largo plazo.
- Emplear al máximo recursos renovables.

- Trabajar en lo posible dentro de un sistema cerrado con relación a la materia orgánica y los nutrientes minerales.
- Proporcionar al animal las condiciones de vida como alimentación, salud, alojamiento, sin que altere su comportamiento innato.
- Evitar todas las formas de contaminación que puedan resultar de las técnicas agrarias.
- Mantener la biodiversidad genética del sistema agrario y de su entorno, incluyendo la protección de los hábitats de los animales y plantas silvestres.
- Permitir que los agricultores obtengan unos ingresos satisfactorios y realicen un trabajo gratificante en un entorno laboral saludable.
- Lograr que el consumidor obtenga productos sanos y vitales que preserven y mantengan su salud.
- Crear un vínculo de apoyo directo y mutuo entre productor y consumidor.
- Considerar el amplio impacto cultural, social y ecológico del sistema agrario.
- Lograr la mayor accesibilidad posible de la tecnología agroecológica así como una amplia participación comunitaria con el fin de:
 - ✓ Mejorar los niveles de calidad de vida de la población
 - ✓ Desarrollar técnicas adecuadas a los grupos sociales mediante un acción concertada, democrática y planificada
 - ✓ Conseguir la capacidad de autogestión del ecosistema local, que es base de la sostenibilidad (DEHOUSSE 1993).

1.6.3 La agrobiología en la Granja Modelo Pairumani

El concepto de agrobiología a través de los años ha ido desarrollándose. Actualmente, según Sánchez (2009), es entendida como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3. La Agrobiología



Fuente: Sánchez Ponce, 2009:66 cit. por Castellón, 2010:39

Según Sánchez (2009), la figura anterior muestra los dos enfoques opuestos en su relación dialéctica: el enfoque de la agrobiología y el enfoque de la producción convencional, ambas pueden encontrar su elemento mediador en la unidad biológica de producción (Suelo, Planta y Animal).

Los avances tecnológicos logrados no deben ser descartados, sino más bien deben ser adaptados al agrosistema con el objetivo de lograr la gestión armoniosa del medio que permita la construcción del organismo agrícola, este es el caso del uso de la labranza conservacionista (Cf. SÁNCHEZ 2009:66 cit. por CASTELLÓN 2010:39)

La dimensión ambiental como objetivo principal a proteger y la dimensión económica como fuente complementaria de evaluación del organismo en su relación dialéctica, la dimensión social como bienestar general y la dimensión individual como parte de una realidad que se deberá mejorar. Asimismo tenemos la dimensión cósmica que pretende dar una visión más amplia de aquello que aparentemente no ha sido descubierto o aquello que llamamos universo cuyas fuerzas están ligadas a la naturaleza y que influyen en todos los procesos vitales de la vida y que en su orden y caos general la energía vital que todos los seres vivos manifiestan y que la agricultura biológica dinámica expresa permanentemente; finalmente está en relación dialéctica lo celular, como aquello que constantemente está siendo afectado a través de lo cósmico (SÁNCHEZ 2009:66 cit. por CASTELLÓN 2010:40).

La relación permanente entre las distintas dimensiones permite la homeostasis o emergencia de la unidad biológica de producción. Respecto a las dimensiones de la unidad biológica de producción, la gestión de suelos por ser objeto del presente estudio será descrita a continuación:

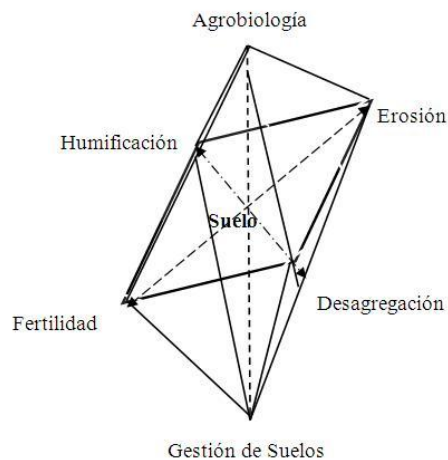
Gestión de suelos

Las sociedades humanas dependen del suelo para vivir, debido a que a partir de este recurso se produce comida, fibra, madera y plantas. Katherine de Silguy afirma que los agricultores biológicos “dan al mantenimiento del suelo una especial atención ya que consideran que del equilibrio de este medio viviente y complejo depende el de las plantas, animales y seres humanos” (DE SILGUY 1999: 1).

Hablamos de gestión de suelos cuando vemos el suelo desde un punto de vista dinámico, es decir el suelo como un ente vivo, cuyas características físicas, químicas y biológicas deben estar estrechamente ligadas. La gestión de suelos se realiza a través de la administración de la fertilidad, la erosión y el recurso agua (Entrevista a José Sánchez, 19/05/08 cit. por CASTELLÓN 2010).

La figura 4 muestra la concepción de Sánchez respecto a la gestión de suelos.

Figura 4. Gestión de Suelos



Fuente: Sánchez Ponce2009: 58 cit. por Castellón 2010

Esta figura representa la relación dialéctica que existe en la gestión de suelos. La relación permanente entre los componentes permite, según Sánchez, “la recuperación constante y el mantenimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo” (CASTELLÓN 2010).

Esta relación se logra por medio de sus componentes expresados en la tetraléctica conformada por el proceso de humificación del suelo, que impide la desagregación del mismo; además que el proceso de erosión, producto de la actividad del hombre en la producción, será equilibrada por efecto de la recuperación de la fertilidad de suelos (SÁNCHEZ 2009: 59 cit. por CASTELLÓN 2010).

El suelo es considerado como un medio viviente, es por esto que todas las prácticas que se realicen sobre él, afectaran su calidad física, química y biológica.

Por otro lado, las prácticas que se desarrollan en la Granja Modelo Pairumani están de acuerdo a las técnicas utilizadas dentro la agricultura biológica dinámica, es por esto que es importante conocer el concepto de este tipo de producción y todas las implicaciones que presenta el mismo.

1.7 Agroforestería

La agroforestería es “el cultivo deliberado de árboles en la misma unidad de tierra que los cultivos agrícolas y/o la cría de animales, ya sea en forma de mezcla espacial o en secuencia temporal. Debe existir una interacción significativa entre los elementos arbóreos y no arbóreos del sistema, ya sea en términos ecológicos y/o económicos” (PALOMEQUE 2009).

Se trata del uso de una serie de técnicas que combinan la agronomía, la silvicultura y la zootecnia para lograr un adecuado manejo del conjunto y las interdependencias entre cada uno de sus elementos (PALOMEQUE 2009).

Los objetivos de la Agroforestería son los que se citan a continuación:

- Diversificar la producción.
- Mejorar la agricultura migratoria.
- Aumentar los niveles de materia orgánica del suelo.
- Fijar el nitrógeno atmosférico.
- Reciclar los nutrientes.
- Modificar el microclima.
- Optimizar la productividad del sistema respetando el concepto de producción sostenible.

1.8 Sistemas Agroforestales

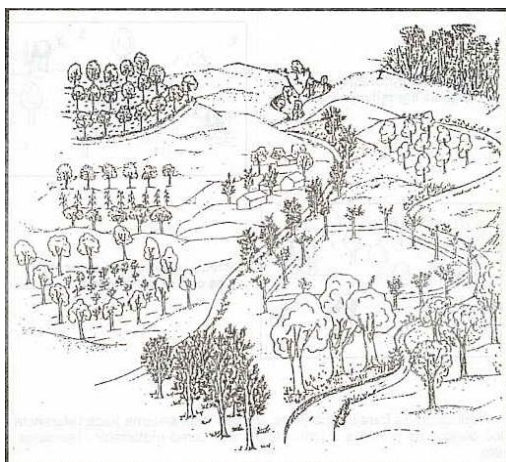
1.8.1 ¿Qué son los sistemas agroforestales?

Los sistemas agroforestales (Figura 5) son una forma de producción agrícola y forestal de manera conjunta, que, buscan un equilibrio de la biodiversidad y mantienen el control de plagas y enfermedades de forma natural. Para lograr esto se combinan especies

rentables, forestales, frutales, medicinales y de poda (CASTEDO s/a). Estas especies pueden ser cultivos a corto plazo y/o pastos con especies leñosas (frutales, forrajeras, melíferas, maderables, acompañantes) que producen a mediano hasta largo plazo (STADLER 2010).

Conforman un conjunto de prácticas y sistemas de uso de la tierra, dando lugar a interacciones biológicas y económicas entre sus componentes, que permiten la sostenibilidad de los recursos naturales y mejorar la eficiencia en el uso de la tierra. Los principales componentes agroforestales son: los árboles, los cultivos y los animales (o pastizales) (VARGAS 2000).

Figura 5. Sistemas Agroforestales



Fuente: ICPROC, 1998

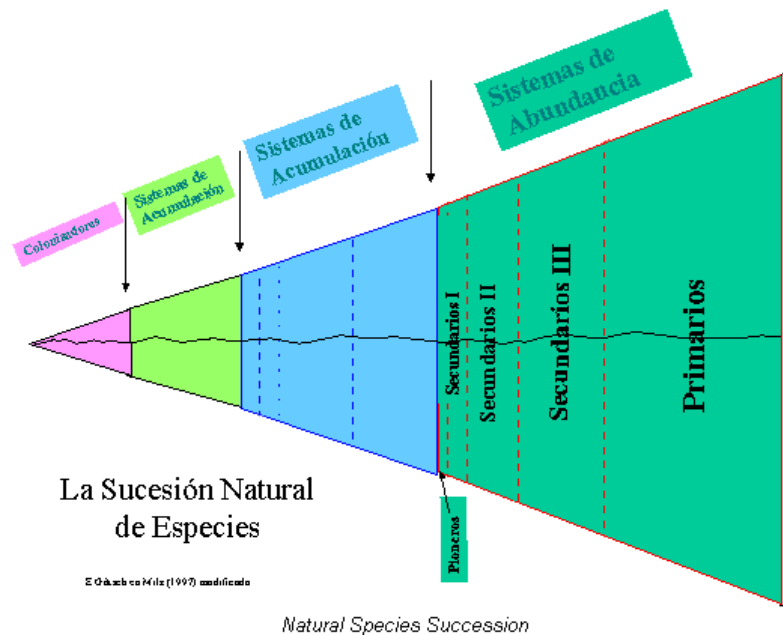
1.8.2 Sucesión natural en los sistemas agroforestales

La sucesión natural “es la secuencia de poblaciones que aparecen en un lugar definido como reacción a modificaciones o alteraciones de su composición original. Cada especie, siendo parte de la sucesión, crea condiciones para que otras especies puedan desarrollarse de manera más exigente y de otro ciclo de vida” (CASTEDO s/a).

Los sistemas agroforestales practicados bajo los principios de Ernst Götsch aprovechan la dinámica de la sucesión natural de especies (Figura 6). E. Götsch muestra que en cada lugar la vida se organiza en sistemas. Con el tiempo la vida de cada lugar se incrementa

y se transforma en sistemas cada vez más complejos, por lo anterior se entiende que los sistemas no son estáticos sino son muy dinámicos (Cf. MILZ 1998:34).

Figura 6. Sucesión Natural de Especies



Fuente: Milz, 1998:36

Como se muestra en la figura anterior, el primer paso lo dan los *colonizadores* que se encuentran en terrenos completamente destruidos, en barrancos, quebradas y lugares sobreexplotados. Cuando los mismos crean suficientes condiciones para permitir el desarrollo de especies más exigentes, entran las llamadas plantas pioneras del sistema siguiente, que son los primeros *Sistemas de Acumulación* (Cf. MILZ 1998:35).

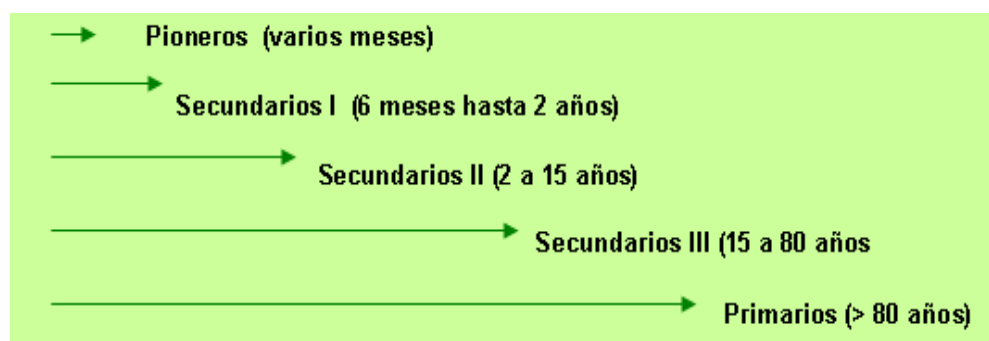
Según Milz (1998), los primeros *Sistemas de Acumulación* se caracterizan por tener especies de plantas con una relación carbono/nitrógeno muy amplia. Los árboles de estos sistemas no tienen frutos comestibles para el hombre o para los animales de porte grande. Cuando las condiciones de vida han mejorado por la dinámica de la misma (procesos sucesionales), comienzan a surgir otras especies que forman los siguientes *Sistemas de Acumulación*.

En *Sistemas de Acumulación* avanzados existen ya mejores condiciones de vida para otras especies, la composición carbono/nitrógeno es más reducida, con mejores frutas y semillas y con animales de porte mediano; con el tiempo se pasa hacia los *Sistemas de Abundancia* que son los que constituyen el hábitat para animales de porte grande y donde la vegetación se halla caracterizada por su estrecha relación de C/N (Cf. MILZ 1998:35).

Según Milz (1998), las especies de *Sistemas de Abundancia* se caracterizan por tener frutas grandes con bastante contenido de carbohidratos, grasas y proteínas, y que proporcionan el hábitat para animales de porte grande, el hombre necesita estas condiciones para poder existir. Dentro de cada sistema descrito existe una secuencia en la predominancia de diferentes consorcios de especies.

Los consorcios de especies que caracterizan las diferentes etapas se encuentran en la siguiente figura:

Figura 7. Consorcio de especies dentro de cada sistema



Fuente: Milz, 1998:34

La comprensión de los principios de la sucesión, así como el conocimiento de las respectivas especies que están en cada etapa y ecosistema, son la clave para el manejo exitoso de sistemas agroforestales dinámicos y estratificados. Es por esto que para tener éxito en la implantación y productividad de sistemas agroforestales se debería plantar especies de todos los consorcios que forman el sistema propio de cada lugar en un momento determinado (Cf. MILZ 1998:37).

Según Castedo (s/a) se debe respetar la sucesión natural, caso contrario se sufre las siguientes consecuencias:

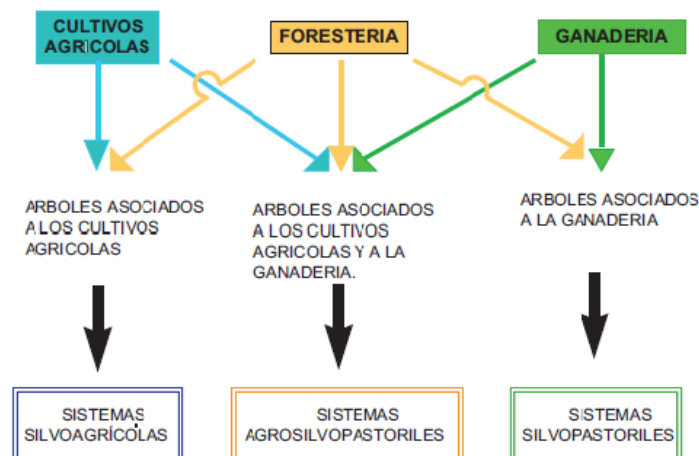
- Pérdida de la fertilidad del suelo.
- Baja producción de productos agrícolas.
- Mayor presencia de plagas y enfermedades.
- Mayor costo de producción (deshierbe, uso de productos agrotóxicos para controlar las plagas y enfermedades).
- Ingresos sólo a corto y mediano plazo.
- No existe prevención para el futuro o próximas generaciones.

1.8.3 Clasificación de los sistemas agroforestales

Existen varios criterios para clasificar los sistemas agroforestales como el arreglo temporal y espacial de sus componentes, la importancia y rol de estos componentes, los objetivos de la producción del sistema y el escenario económico sociales (PALOMEQUE 2009).

De acuerdo a los tipos de combinaciones de sus componentes, los sistemas agroforestales se clasifican en tres tipos: sistemas agroforestales o silvoagrícolas, sistemas agrosilvopastoriles y sistemas silvopastoriles como se muestra en la siguiente figura:

Figura 8. Clasificación de sistemas agroforestales en función de sus componentes



Fuente: SAGARPA, s/a

De acuerdo al tiempo y el espacio, los sistemas agroforestales se clasifican en: sistemas agroforestales secuenciales, sistemas agroforestales simultáneos y, cercas vivas y cortinas rompevientos.

1.8.3.1 Sistemas agroforestales secuenciales

En estos sistemas existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con la intervención o manejo de barbechos, y los sistemas Tungya, que son métodos de establecimiento de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles, hasta que el follaje de los árboles se encuentra desarrollado (PALOMEQUE 2009).

En los sistemas secuenciales, las cosechas y los árboles se turnan para ocupar el mismo espacio, los sistemas generalmente empiezan con cosechas agrícolas y terminan con árboles, la secuencia en el tiempo mantiene la competencia a un mínimo, los árboles en un sistema secuencial deben crecer rápidamente cuando los cultivos no lo están haciendo, deben reciclar minerales de las capas de suelo más profundas, fijar nitrógeno y tener una copa grande para ayudar a suprimir plantas indeseables (PALOMEQUE 2009).

1.8.3.2 Sistemas agroforestales simultáneos

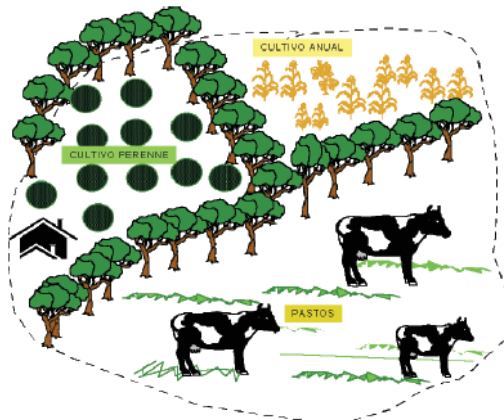
En un sistema simultáneo, los árboles y las cosechas agrícolas o los animales crecen juntos, al mismo tiempo en el mismo pedazo de terreno, éstos son los sistemas en los cuales los árboles compiten principalmente por luz, agua y minerales, la competencia es minimizada con el espaciamiento y otros medios. Los árboles en un sistema simultáneo no deben crecer tan rápido cuando la cosecha está creciendo también rápidamente, para reducir la competencia, los árboles deben tener también raíces que lleguen más profundamente que las de los cultivos, y poseer un dosel pequeño para que no los sombreen demasiado (PALOMEQUE 2009).

Dentro los sistemas agroforestales simultáneos se encuentran las asociaciones de árboles con cultivos perennes, árboles en franjas en asociación con cultivos anuales, huertos caseros y sistemas agrosilvopastoriles (SAGARPA s/a).

1.8.3.3 Cercas vivas y cortinas rompevientos

Las cercas vivas como se muestra en la figura 9, son plantaciones en líneas de árboles y arbustos en los límites de las parcelas, con el objetivo principal de impedir el paso de los animales (para salir del potrero o entrar a la parcela cultivada) o de la gente y delimitar una propiedad con la obtención de productos adicionales como forrajes, leña, madera, flores para abejas, frutos, postes y plantas medicinales (SAGARPA s/a).

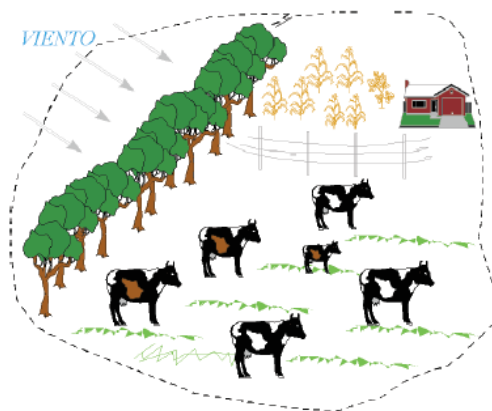
Figura 9. Mapa de una finca con cercas vivas



Fuente: SAGARPA, s/a

Las cortinas rompevientos como se muestra en la figura 10, son plantaciones en líneas con el objetivo principal de proteger las parcelas cultivadas, pastos y animales contra los efectos nocivos del viento. Se diferencian de las cercas vivas por tener un mayor tamaño los árboles que las forman.

Figura 10. Mapa de una finca con cortinas rompevientos



Fuente: SAGARPA, s/a

1.8.4 Tipos de árboles empleados en sistemas agroforestales

En los sistemas agroforestales se usan diferentes árboles en los que cada uno de ellos desempeñan un papel importante, como:

1.8.4.1 Árboles y arbustos de propósitos múltiples

Las especies cumplen diferentes propósitos debido a que sus partes tienen diversos usos. Entre estas especies están por ejemplo las especies que proporcionan frutos comestibles, forraje, leña, protección contra la erosión hídrica y eólica, sombra, fijación de nutrientes al suelo, postes y otros usos. De manera general son de crecimiento rápido. Las especies que poseen mayores cualidades son las leguminosas debido a que sus raíces son fijadoras de nitrógeno, rebrotan al ser cortadas, se adaptan a diferentes ambientes y no son exigentes en cuanto a las condiciones del suelo (VARGAS 2000).

1.8.4.2 Árboles maderables

Los árboles maderables en los sistemas agroforestales constituyen el estrato superior que proporciona sombra, favorece la humedad y aporta materia orgánica al suelo mediante la descomposición de sus hojas. Cuando se emplean estas especies dentro los sistemas agroforestales, se recomienda asociar árboles maderables de rápido crecimiento con menor valor comercial con árboles de lento crecimiento las cuales tiene un alto valor comercial, para de esta manera asegurar los beneficios continuos del sistema (VARGAS 2000).

1.8.4.3 Cultivos perennes y árboles frutales

La asociación de cultivos perennes, con árboles frutales y árboles de propósitos múltiples, cumplen muchas funciones, como el reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, protección contra la erosión hídrica y eólica, conservación de la humedad, etc. Pero los árboles frutales además de cumplir estas funciones se constituyen en una fuente de ingresos económicos y alimentos a corto plazo, 2 a 4 años, prolongándose durante al menos 10 a 15 años más (VARGAS 2000).

1.8.5 Implementación de un sistema agroforestal

Cuando se establece un sistema agroforestal, lo que se busca es la mayor diversidad posible de las especies nativas que acompañaran a los cultivos introducidos, y esto se consigue mirando el bosque natural local (CASTEDO s/a).

Para la implementación de una parcela agroforestal primeramente se debe hacer un análisis del terreno, clima, microclima, suelo, agua, humedad en el suelo, espacio disponible, las necesidades y deseos del productor y de su familia.

Posteriormente se debe elaborar una lista de especies que son factibles para el lugar, analizar los requerimientos de cada especie (suelo, agua, espacio, semi-sombra etc.) y los trabajos de manejo según las especies.

Luego se debe revisar la lista de especies y eliminar los que (ya) no convienen, medir el espacio y calcular el número de plantas en total y por especie para posteriormente elaborar la lista definitiva de las plantas requeridas.

Se debe comprar y/o producir las plantas requeridas, conseguir tierra vegetal, abono fermentado, compost, arena de vivero y cavar los hoyos (50x50 para frutales, 20x20 para acompañantes).

Después se debe preparar la mezcla de tierra para los hoyos, dejar fermentar unos días la tierra preparada y mojada dentro de los hoyos y luego plantar, las raíces, la tierra de la bolsa deben tener un contacto firme con la tierra en el hoyo.

Se debe regar con un balde de 10 litros de agua y cubrir la tierra alrededor del pie del arbolito con paja, hierbas, corteza, papel (STADLER 2010).

Respecto a la selección de especies, una recomendación general es que una parcela agroforestal equilibrada contiene más o menos 1/3 parte de especies productivas, 1/3 parte de especies acompañantes, 1/3 parte de especies del lugar y los espacios libres pueden ser aprovechados con cultivos a corto plazo, dejando las pajas sobre el suelo después de la cosecha.

Respecto a la densidad de la plantación, según la copa, las especies productivas son plantadas con 3 a 6 metros de distancia y las especies acompañantes son importantes en el caso que el suelo esté degradado. Como regla se puede decir: mayor degradación tiene el suelo, mayor cantidad de especies acompañantes debería haber. Estos son plantados a una distancia entre 50 cm y 2 metros de la especie productiva (STADLER 2010).

1.8.6 Ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales

Según Palomeque (2009) las ventajas de un sistema agroforestal son:

- Mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.

- Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento).
- Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).
- Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
- Mantener la estructura y fertilidad del suelo: aportes de materia orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas).
- Ayudar a recuperar suelos degradados.
- Obtener productos adicionales: madera, frutos, leñas, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad.
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir externalidades ecológicas (contaminación de suelos y de acuíferos)

Respecto a las desventajas de un sistema agroforestal tenemos lo siguiente:

- Puede disminuir la producción de los cultivos principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles.
- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
- Interceptación de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo.

- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.

1.9 Cromatografía

La cromatografía en papel circular o “prueba del croma”, es una técnica cualitativa que ofrece una descripción general de la actividad y dirección biológica del suelo, puede ser realizada en cualquier lugar a bajo costo y de forma rápida (INNOVACK NEWS 2009). Una cromatografía nos proporciona una información visual, gráfica de la salud del suelo nos muestra su estado en el momento de realizar el croma (PERMACULTURA 2011).

Pero la cromatografía no se limita al análisis cualitativo de suelos y compostas, sino que cada vez más productores y técnicos que han aprendido esta técnica están expandiendo su aplicación. Algunos ya lo están usando para determinar la presencia de agroquímicos en frutos y hojas, para identificar y evaluar el efecto negativo y dañino de los herbicidas en la fertilidad del suelo, para evaluar la concentración de ingredientes activos en plantas medicinales y para evaluar vitaminas y enzimas en productos alimenticios, frescos, líquidos, secos o procesados (PERMACULTURA 2011).

La cromatografía es una mancha analítica de los elementos de la tabla periódica. Un suelo que entrega una cromatografía de color crema o amarillo en el centro nos indica que es un buen suelo, no compactado, de buena aireación, buena estructura y una alta reserva de materia orgánica, lo contrario lo entregan tonalidades oscuras, la tabla 2 nos indica los colores que nos ayuda a determinar si la calidad del suelo es buena o mala (SCRIBD 2010).

Tabla 2: Colores de cromatografía del suelo

Buena calidad	Mala calidad
Amarillo-crema	Negro
Oro	Ceniza
Verdoso	Lila (morado)
Naranja	Azul
Rojizo	Café oscuro

Fuente: Elaboración propia según SCRIBD 2010

Los cromas se interpretan por la forma y color de las zonas central, intermedia y externa, asimismo se analizan las formas tales como suave, dentado o irregular, extremos con muchos dientes indican buen suelo en relación con la entrega de nutrientes a las plantas (INNOVACK NEWS 2009), cada una de estas zonas proporciona diferente información.

Según Innovack News (2009) para interpretar las imágenes de la cromatografía se debe considerar los siguientes puntos:

- Número, ancho y color de las diferentes zonas formadas, así como la regularidad o irregularidad de su forma.
- Formación de anillos entre la zona intermedia y la zona externa.
- Color de las zonas.
- Forma de la terminación de las radiaciones (terminación en punta), número y color. Por ejemplo, las radiaciones color violeta en la zona intermedia son indicadores del proceso de mineralización.

1.10 Evaluación de la calidad del suelo

La evaluación de la calidad del suelo se la realiza midiendo un grupo mínimo de datos de las propiedades del suelo para estimar la capacidad del suelo para realizar sus funciones básicas (por ej. mantener la productividad, regular y separar agua y flujo de solutos, filtrar y tamponar contra contaminantes, y almacenar y reciclar nutrientes). En este sentido es importante evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (USDA 1999).

Existen dos formas básicas para evaluar la calidad del suelo:

- Realizar mediciones periódicamente, a lo largo del tiempo, para monitorear cambios o tendencias en la calidad del suelo.
- Comparar valores medidos con los de una condición del suelo estándar o de referencia.

Estas dos formas de evaluación del suelo pueden ser utilizados para:

- Realizar comparaciones entre distintos sistemas de manejo para determinar sus respectivos efectos sobre la calidad del suelo.
- Realizar mediciones en un mismo lote a lo largo del tiempo para monitorear las tendencias de la calidad del suelo, determinadas por el uso y manejo del suelo.
- Comparar áreas problema dentro de un predio, con áreas sin problemas.
- Comparar valores medidos con condiciones edáficas de referencia o con el ecosistema natural.

La evaluación de la calidad del suelo brinda la oportunidad de discutir opciones de manejo cuando se presenten problemas como: pérdida de suelo por erosión, depósitos de sedimento por viento o inundación, reducción de la infiltración, endurecimiento de la capa superficial, pérdida de nutrientes, transporte de pesticidas, cambios de pH, aumento de la disponibilidad de metales pesados, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad biológica, infestación de organismos patógenos y reducción de la calidad del agua (USDA 1999).

2.1 Municipio de Vinto

El presente estudio fue realizado en el Municipio de Vinto, cuarta sección de la Provincia Quillacollo, ubicada a 17 km de Cochabamba y a 4 km de Quillacollo. Vinto tiene cuatro distritos: Vinto o Central, Machajmarca, Anocaraire y Chujlla. El territorio del municipio se extiende desde el valle bajo 2537 msnm hacia la cordillera del Tunari a 5035 msnm. Tiene una superficie de 236 km² en la que se ubican 43 comunidades. La base de la organización social son los sindicatos de agricultores y los comités vecinales (DESAPRENDER 2008). Esta zona abarca tres pisos ecológicos: el valle, una zona de pie de monte y montañosa que corresponde a la cordillera del Tunari. La temperatura promedio anual es de 17,6 °C, con una variación de 14,7 a 19,5 para la época seca (Abril – Octubre) y de 17,9 a 19,5 °C para la época húmeda (Noviembre – Marzo) (SENAHMI 2005 cit. por QUIRÓZ *et al.* 2007). La precipitación pluvial de Vinto oscila entre 400 a 900 mm anual. En zonas con riego intensivo se producen hortalizas, mientras que en zonas de riego temporal, la actividad agrícola es complementada con la crianza de ganado bovino lechero.

Las actividades agrícolas en este municipio se caracterizan por la aplicación de las técnicas de la agricultura convencional y orgánica como: la utilización de insumos externos (fertilizantes químicos sintéticos), plaguicidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.), así también se da la incorporación de abonos orgánicos (gallinaza, estiércol de vaca y oveja), practican la asociación y rotación de cultivos, y su sistema de labranza es mecanizada (tractor) y con tracción animal (yuntas) (QUIRÓZ *et al.* 2007).

2.2 Ubicación

Para realizar el presente estudio se tomaron en cuenta diez parcelas, tres por cada sistema de producción (agrobiológico, agroforestal y manejo local) y una parcela testigo dentro los sistemas agroforestales.

Las parcelas bajo la aplicación del modelo agrobiológico: Munaypata 18 A/4, Balderrama 12F norte y Valenzuela 4G sud (AGB1, AGB2, AGB3) se encuentran dentro los terrenos de la Granja Modelo Pairumani de la Fundación Simón I. Patiño ubicada en el municipio de Vinto, situada a 17 kilómetros al oeste de la ciudad de Cochabamba, al pie de la cordillera del Tunari.

Por otro lado las parcelas con sistema agroforestales: SAF Frutales, SAF Olivo, Olivo-Tagasastes y SAF Testigo (AGF1, AGF2, AGF3, AGF4) están dentro la propiedad de Mollesnejta que se encuentra ubicada en el valle de Cochabamba, provincia Quillacollo, municipio de Vinto en la parte superior de la localidad de Combujo, sobre la ladera de la cordillera del Tunari a una altura media de 2700 msnm y a unos 3 kilómetros de distancia de la Granja Modelo Pairumani.

Las parcelas con manejo local Papelina-Clavel, Vaina-Arveja y Claveles (LOC1, LOC2, LOC3) en la que se aplican las prácticas agrícolas de la agricultura convencional y orgánica también se encuentran ubicados en la localidad de Combujo.

2.3 Granja Modelo Pairumani

La hacienda Pairumani fue creada en 1915 por Simón I. Patiño (1860-1947) y hasta 1964 estuvo bajo la administración de la familia de Simón I. Patiño. A partir de 1970 hasta la fecha, la hacienda sigue a cargo de la Fundación Simón I. Patiño logrando convertirse en un centro de actividades agrobiológicas, desarrollando y difundiendo diversas investigaciones. Además de la Granja Modelo Pairumani se cuenta con el Centro de Investigaciones Fitogenéticas y con el Centro de Semillas, todo ello bajo la administración de la Fundación Patiño (FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO 2002).

La Granja Modelo Pairumani tiene una extensión de 500 Has de las cuales se cultivan aproximadamente 200 Has, cuenta con 15.000 m² de construcciones, un lago, kilómetros de caminos, un parque ecológico y la represa San Francisco que se encuentra a más de 4.000 metros de altura.

El área de cultivo está dividida en dos partes, la parte superior que se encuentra a una altura promedio de 2.800 metros, y la parte baja con una altura promedio de 2.550 metros (FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO 2002).

A partir de 1998 la Granja Modelo Pairumani se encuentra trabajando con el modelo agrobiológico de producción que se basa en la relación suelo-planta-animal-ser humano, con el objetivo de conservar el medio ambiente mediante la gestión de suelos, agrícola y pecuaria. Desde entonces, se han realizado varios cambios en la producción, en la gestión de suelos como la elaboración del compost, la labranza con arado actisol, la rotación de cultivos, la aplicación de preparados biodinámicos y la implementación de un sistema de riego que reduzca la erosión. Por otra parte, por medio del sistema integrado de crianza agrobiológica de ganado lechero se lograron prevenir problemas sanitarios, nutricionales y reproductivos (FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO 2002).

2.4 Experiencias en la zona de los valles andinos

En el año 2001 dentro la propiedad de Mollesnejta fueron implementadas tres parcelas con sistemas agroforestales las cuales fueron: SAF Olivo (AGF1), Olivo-Tagasastes (AGF2) y SAF Frutales (AGF3), la primera es una asociación de diferentes especies frutales cuya especie primaria es el árbol de olivo y su manejo está bajo los principios de la sucesión natural de especies formulados y presentados por Ernst Götsch, la segunda es una asociación de varias especies frutales en donde no existe una especie primaria y la última es considerada como un sistema agrosilvopastoril y es una asociación de dos especies: olivo y tagasastes principalmente, aunque también existen algunas especies frutales. La parcela SAF Testigo (AGF4), fue implementada en el año 2010 es la más joven en relación a las otras, y en la misma también se implementaron especies frutales.

Estos terrenos, anteriormente fueron utilizados para el pastoreo del ganado de la comunidad. A causa del pastoreo intensivo, el suelo se encontraba degradado, es por esto que el objetivo de implementar estos sistemas agroforestales consistió en comprobar que era posible lograr una producción sostenible y rentable en terrenos sumamente degradados bajo condiciones semiáridas a mediano y largo plazo (STADLER 2010).

2.5 Manejo local del suelo

En el presente estudio el *manejo local* del suelo en Combujo se caracteriza por aplicar las técnicas de la agricultura convencional y orgánica, debido a que se utilizan insumos externos: fertilizantes químicos sintéticos, y plaguicidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas) practican la rotación y asociación de cultivos, aplican abono orgánico (gallinaza) y su sistema de labranza es mecanizada (tractor) y con tracción animal (yuntas).

2.6 Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio donde se realizó la evaluación de estos tres sistemas de producción se ubica en Iscaypata (Pairumani), Anocaraire y Combujo, Municipio de Vinto.

Las parcelas de estudio bajo el modelo agrobiológico son: Munaypata 18A/4 (AGB1), Balderrama 12F norte (AGB2) tienen como coordenadas geográficas 17°21' de latitud sud y 66°19' de longitud oeste, a una altura aproximada de 2685 y 2639 msnm respectivamente, la última parcela es la de Valenzuela 4G sud (AGB3) cuyas coordenadas geográficas son 17°22' de latitud sud y 66°19' de longitud oeste, a una altura de 2587 msnm aproximadamente.

Las parcelas de estudio con sistemas agroforestales son: SAF Frutales (AGF1), SAF Olivo (AGF2) Olivo-Tagasastes (AGF3) y SAF Testigo (AGF4) tienen como coordenadas geográficas 17°21' de latitud sud y 66°19' de longitud oeste, y están a una altura aproximada de 2811, 2764, 2761 y 2760 msnm respectivamente.

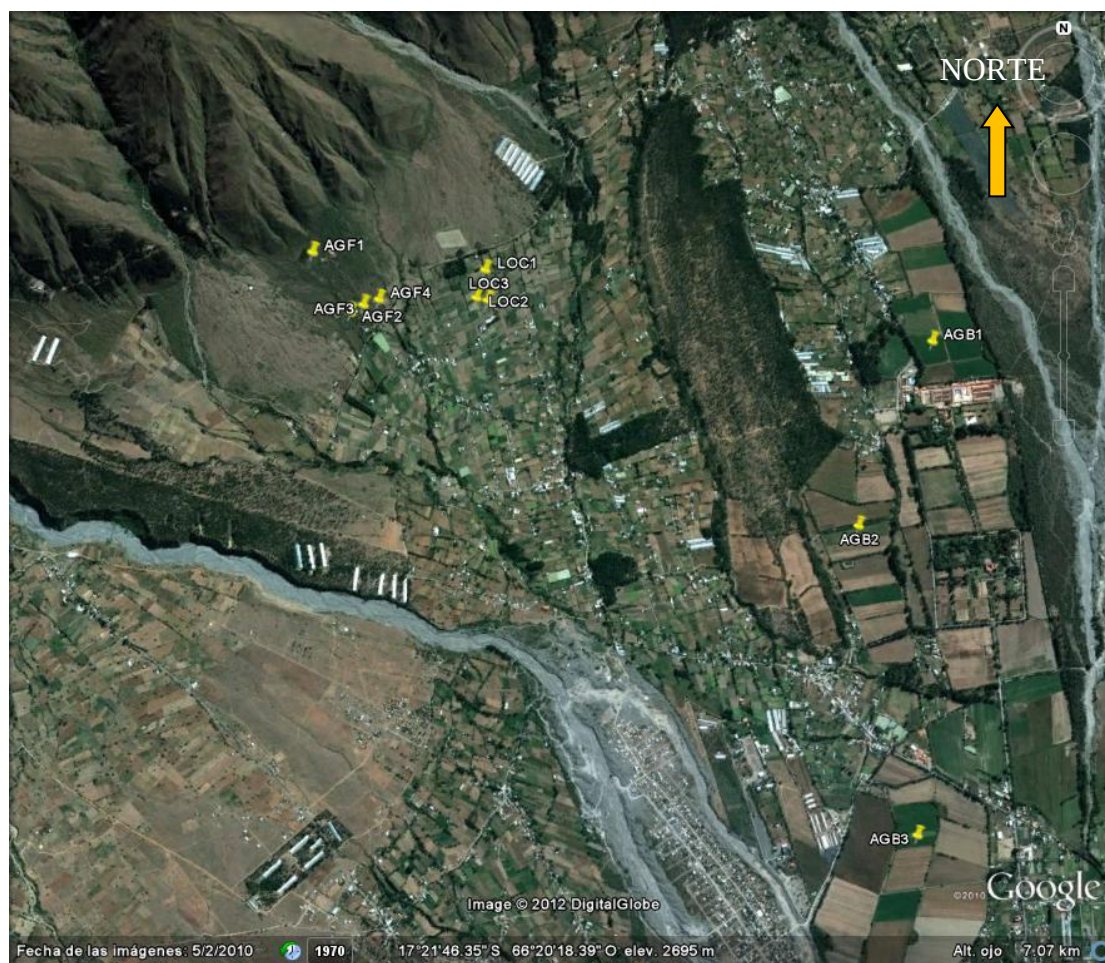
Las parcelas de estudio bajo manejo local son: Papelina-Clavel (LOC1), Vaina-Arveja (LOC2) y Claveles (LOC3) tienen como coordenadas geográficas 17°21' de latitud sud y 66°20' de longitud oeste, y están a una altura aproximada de 2769, 2752 y 2750 msnm respectivamente.

Figura 11. Mapa Regional de Pairumani



Fuente: FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO, 2002

Figura 12. Ubicación de la parcelas de estudio



Fuente: (2011Inav/Geosistemas SRL, Google Earth)

3.1 Selección de las parcelas de estudio

Para la selección de las parcelas de estudio primeramente se realizaron varias reuniones con el Ing. Mauricio Azero (Director de Carrera Ingeniería Ambiental), el Ing. José Sánchez (Director Técnico GMP), la Dra. Noemí Stadler Kaulich (propietaria de las parcela SAF's) y mi persona. Durante estas reuniones se debatió las parcelas que podrían ser las más apropiadas para realizar este estudio, por lo que dentro de las parcelas agrobiológicas se decidió elegir las parcelas (AGB1, AGB2 y AGB3), debido a que son similares respecto a su manejo, edad, tipo de rotación y fertilización. Dentro las parcelas con sistemas agroforestales se decidió elegir las parcelas (AGF1, AGF2, AGF3 y AGF4), debido a que fueron las primeras en ser implementadas (2001) y por tanto son las más antiguas y AGF4 para realizar una comparación con estas parcelas antiguas, todas ellas tienen características similares respecto a la introducción de especies frutales y al manejo. En relación a las parcelas bajo manejo local se decidió elegir (LOC1, LOC2 y LOC3), debido a que son parcelas a pesar de tener edades distintas tienen el mismo manejo de suelo.

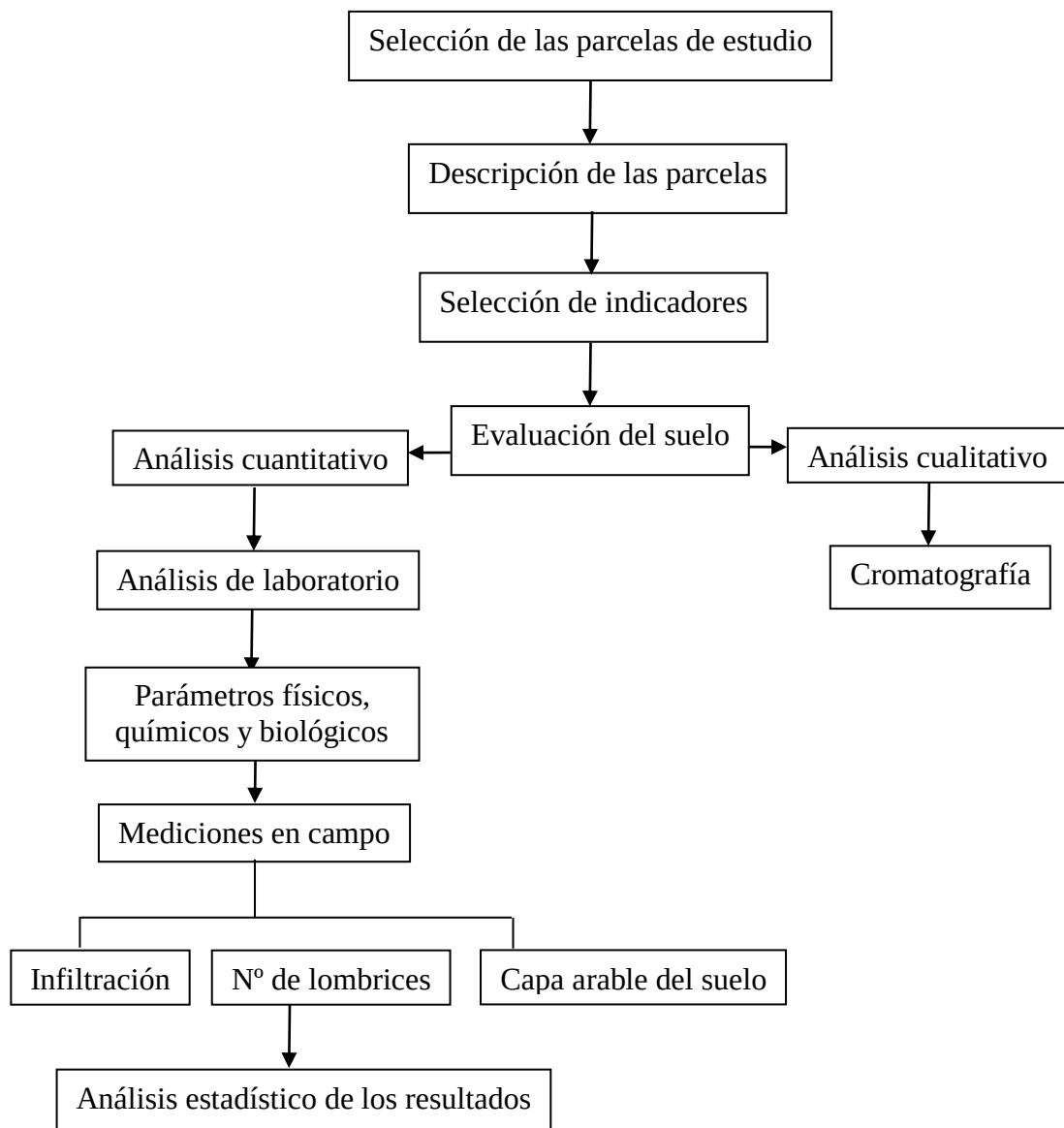
Sin embargo, el criterio fundamental para la elección de estas parcelas, fue la predisposición de los propietarios para realizar los análisis de suelo y porque en la zona de estudio no se han realizado estudios que permitan conocer la calidad del suelo.

La cantidad de parcelas seleccionadas permitió realizar un análisis estadístico, a partir de un diseño experimental, donde se comparó el estado actual de los parámetros físicos y químicos del suelo.

3.2 Diagrama metodológico

La metodología que se utilizó esta detallada en la (Figura 13).

Figura 13. Diagrama de flujo metodológico



Fuente: Elaboración propia

3.3 Recopilación de información de las parcelas

Es importante obtener toda la información posible sobre el sitio y las características del terreno, debido a que los indicadores de la calidad del suelo deben ser evaluados dentro del contexto de las características del sitio. Los siguientes son detalles que deberían ser considerados cuando se realiza una estimación de calidad del suelo a campo:

Signos de erosión: Signos de erosión incluyen cárcavas, surcos, desarrollo de pedestales, áreas expuestas de subsuelo, daño a plantas por materiales transportados por el viento, etc.

Historia de manejo: Incluye una descripción del manejo pasado y presente de tierras y cultivos; tipo volumen y método de fertilización; uso previo; y nivelado de tierras.

Pendiente y aspectos topográficos del predio: Porcentaje de la pendiente en los sitios de muestreo dentro del lote, y presencia de lomas, elevaciones, depresiones, pozos, etc.

Locación del lote y de las áreas de muestreo: Incluye Longitud y Latitud, una indicación sobre la ubicación (metros de distancia desde un sitio de referencia), y un dibujo del predio mostrando las áreas de muestreo.

Información climática: Incluye precipitaciones y temperaturas promedio altas y bajas para cada mes.

Ubicación de áreas ecológicamente sensibles: Incluye la locación de lagunas, cauces, zonas muy húmedas y otros sitios ecológicamente frágiles adyacentes al predio en cuestión (USDA 1999).

Es por esto que los datos que se precisaron al momento del muestreo se encuentran en el (Anexo 1) el cual incluye, tamaño de la parcela, ubicación, coordenadas geográficas, orientación del terreno, presencia de plantas y macrofauna, pendiente, etc. y fue elaborado en base a MERCADO (2009) y USDA (1999).

Para esto se realizó una observación de las parcelas y se utilizó ciertos instrumentos especializados para medir las coordenadas geográficas y la pendiente de las parcelas como, el GPS (*Global Positioning System*) y el clinómetro.

Por otro lado la información que se requirió para realizar la descripción del manejo actual y del pasado (historia de manejo), el cual incluye, rotación, año de instalación de la parcela, preparación del terreno para la siembra o plantación, uso de compost,

pesticidas, control de malezas, etc. se encuentra en el (Anexo 2), y fue elaborado en base a (MERCADO 2009).

Para recabar esta información se realizaron entrevistas a los propietarios o responsables de cada parcela como se muestra en la figura 14 y así también se realizó una recopilación documental de las parcelas que tengan registradas su historial de manejo (parcelas agrobiológicas).

Figura 14. Entrevista a Moisés Agreda propietario de las parcelas con manejo local



3.4 Selección de indicadores

Para seleccionar los indicadores físicos, químicos y biológicos se tomaron dos criterios específicos:

- Que sean sensibles a cambios de degradación o recuperación del suelo.
- Que sean sensibles a cambios en el manejo.

Para este propósito se realizaron entrevistas a especialistas y consultas en la literatura técnica.

3.5 Evaluación del suelo

El muestreo se realizó sólo en época seca, para lo cual se planificó el día del muestreo y se informó a los propietarios de las parcelas.

3.5.1 Preparación del material

Se preparó el material requerido para realizar el muestreo, el cual debió estar completamente limpio, libre de superficies oxidadas y sin residuos de otros materiales (OSORIO 1997).

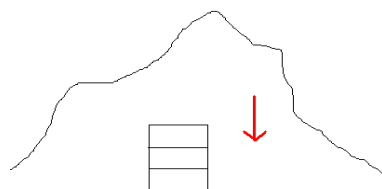
Los materiales que se utilizaron son:

- Machete
- Picota
- Pala o palín
- Cuchillo
- Balde
- Bolsas plásticas limpias
- Marcador indeleble
- Etiquetas para identificar las muestras

3.5.2 División de las parcelas

Para realizar el análisis estadístico de los tres sistemas productivos y conocer el efecto de la pendiente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como muestra la figura 15 se dividió cada una las parcelas en forma transversal a la pendiente, en tres sectores homogéneos (subparcelas). Esto permitió comparar los tres sistemas productivos y establecer cuál de ellos tiene mejores resultados sobre la calidad del suelo.

Figura 15. Forma de división de las parcelas en forma transversal a la pendiente



Se tomó una muestra compuesta de cada una de estas subparcelas.

3.5.3 Muestreo

Para realizar el muestreo se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

3.5.3.1 Obtención de submuestras

El número más indicado de submuestras es de 10 a 20 por parcela. Las submuestras deben tomarse en forma zigzagueante o sinuosa, manteniendo siempre un volumen similar. Si son cultivos anuales, la mayor parte de la absorción de nutrientes va a ocurrir en las primeras capas del suelo, por lo que generalmente se recomienda hasta los 20 cm de profundidad. En frutales u otros árboles perennes de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm (RODRIGUEZ; TENIAS 1982).

En las parcelas agrobiológicas (AGB1, AGB2 y AGB3) debido a su tamaño (1,85, 1,60 y 1,45 Has) se tomó 10 submuestras en cada subparcela haciendo un total de 30 submuestras por parcela, a una profundidad de 25 cm.

En las parcelas agroforestales (AGF1, AGF2, AGF3 y AGF4) debido a la alta pedregosidad del suelo y al tamaño de las parcelas (0,25 – 0,1 Has) se tomó 5 submuestras en cada subparcela (Figura 16) haciendo un total de 15 submuestras por parcela, a una profundidad de solamente 25 cm debido al costo económico que se presentaría en los análisis de laboratorio a diferentes profundidades.

Figura 16. Muestreo de suelo en las parcelas agroforestales



En el caso de las parcelas con manejo local (LOC1, LOC2 y LOC3) por su tamaño (0,1, 0,2 y 0,05 Has) se tomó 7 submuestras en cada subparcela haciendo un total de 21 submuestras por parcela, a una profundidad de 25 cm.

Estas submuestras fueron tomadas recorriendo el terreno en forma de zigzag (Figura 17).

Figura 17. Forma de recorrido para extraer las submuestras



3.5.3.2 Obtención de la muestra compuesta

Como muestra la figura 17, luego de obtener todas las submuestras se procedió a mezclarlas y cuartearlas, para posteriormente transferir una cantidad aproximada de

1000, 500 y 100 g de suelo en diferentes bolsas plásticas, para el análisis de los indicadores físicos, químicos y biológicos en el laboratorio y para la cromatografía de suelo.

Figura 18. Obtención de la muestra compuesta



3.5.3.3 Identificación de la muestra

Después de colocar la muestra compuesta a la bolsa, se la identificó claramente con una etiqueta en la que se anotó: fecha, responsable, nombre de la parcela, superficie, número de submuestras, profundidad, etc. para posteriormente enviarla al laboratorio y para realizar los análisis de cromatografía.

3.5.4 Análisis de las muestras de suelo

Las muestras para el análisis de los indicadores físicos y químicos, fueron llevadas al laboratorio de Suelos y Aguas, ubicado en el departamento de Cochabamba en la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias de la Universidad Mayor de San Simón, y para el análisis de los indicadores biológicos las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Microbiología-Instituto de Endocrinología y Reproducción Humana. Los indicadores físicos, químicos y biológicos (Tabla 3) fueron analizados según el método utilizado en cada laboratorio. Para la interpretación de los resultados de estos indicadores del suelo, se recurrió a los valores referenciales proporcionado por los laboratorios (Anexo 7).

Tabla 3: Indicadores y métodos del análisis de las muestras de suelo

	Indicador	Método
Físico	Textura	
	Arena, %	
	Limo, %	Hidrómetro de Bouyoucos
	Arcilla, %	
	Densidad aparente	Terrón, Anilla y Probeta
	Densidad real	Picnómetro
	Capacidad de campo	Olla de presión, plato poroso de 0,33 Bar.
	Punto de marchitez permanente	Membrana de presión, plato poroso de 15 Bar
Químico	pH	Potenciometría
	Materia orgánica	Walkley-Black
	Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de amonio 1N
	Nitrógeno total	Kjendahl
	Fosforo disponible	Bray-Kurtz
	Conductividad eléctrica	Conductivimetría
	Cationes intercambiables	
	Ca	Complexometría de Verseno
	Mg	Complexometría de Verseno
	Na	Flamometría
	K	Flamometría
Biológicos	<i>Bacterias aerobias mesófilas</i>	Siembra superficial, recuento
	Hongos	Siembra superficial (9610-B.C)
	Coliformes Totales	Siembra superficial
	Coliformes Fecales (Termotolerantes)	Siembra superficial, recuento
	<i>Bacterias esporuladas anaerobias</i>	Aislamiento, Medios Selectivos-Diferenciales
	Actinomycetos	Siembra superficial, recuento
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Aislamiento, Medios Selectivos-Diferenciales

Fuente: Elaboración propia

3.6 Mediciones en campo

Algunos indicadores físicos y biológicos como: la infiltración, estructura, resistencia a la penetración, número de lombrices y macrofauna fueron medidos en campo. Las metodologías que se utilizaron para este propósito son descritas a continuación:

3.6.1 Infiltración

Se midió la infiltración utilizando los siguientes materiales:

- Anillo de 7,85 cm de diámetro
- Bolsa de plástico
- Probeta de plástico de 500 ml
- Agua
- Cronómetro
- Martillo

Para realizar este ensayo, el área de muestreo debió estar libre de residuos y malezas; a continuación utilizando el martillo se fijó el anillo en el suelo y luego se cubrió con una bolsa de plástico el anillo y la superficie del suelo dentro del anillo. Se llenó la probeta de plástico con 444 ml de agua y se lo vertió en el anillo recubierto con la bolsa de plástico. Posteriormente se sacó la bolsa de plástico con cuidado hacia afuera, dejando el agua dentro del anillo y se registró el tiempo en el que el agua haya completamente penetrado en el suelo.

En el caso de suelos secos en el mismo anillo, se repitió el ensayo anterior, puesto que el primer ensayo moja el suelo, y el segundo da una mejor estimación de la velocidad de infiltración del suelo, pero si con el primer ensayo de la humedad del suelo está a, o cerca de, la capacidad de campo, ya no fue necesario realizar esta repetición (USDA 1999).

La medición de la velocidad de infiltración fue realizada en cada subparcela, por lo que se midió tres veces este indicador para luego obtener el valor promedio de toda la parcela (Anexo 8).

3.6.2 Lombrices

Los materiales necesarios para medir la cantidad de lombrices en el suelo fueron los siguientes:

- Palita de jardinero o pala
- Cinta métrica
- Hoja de registro

Primeramente se midió una porción de terreno de 30 cm², y con una pala se cavo hasta una profundidad de 30 cm. Se minimizo el número de cortes con la pala para evitar daño a las lombrices, a continuación se procedió a contar el número de lombrices y se registró este dato.

Al igual que en el caso de la infiltración el recuento del número de lombrices fue realizada tres veces en cada subparcela con el objetivo de obtener el valor promedio de este indicador en toda la parcela (Anexo 9).

3.6.3 Estudio de la capa arable del suelo

Los materiales necesarios para realizar este estudio fueron los siguientes:

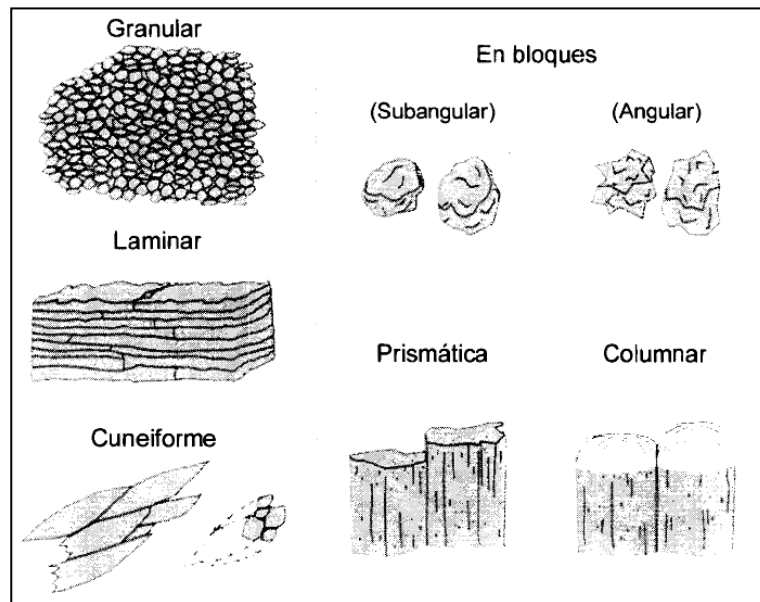
- Cinta métrica
- Pala
- Vara metálica

Desde el tallo de una planta se realizó una calicata en la mitad de cada una de las parcelas de estudio, a lo largo de ésta se observó los cambios de color y los diferentes horizontes, así también se observó la ramificación de las raíces debido a que la falta de pelos radiculares indica la escasez de oxígeno en la zona radicular y el crecimiento lateral indica la presencia de una capa dura o una capa compactada (USDA 1999).

Usando la varilla metálica se determinó los cambios o diferencias en resistencia a la penetración, desde la superficie hasta el fondo de la calicata, y se observó la presencia de capas compactadas que puedan restringir el crecimiento radicular o el movimiento del agua.

Para observar la estructura del suelo se reconoció y anotó el tipo de unidades estructurales del suelo o agregados (Figura 19).

Figura 19. Tipos de estructura del suelo



3.6.4 Estudio de la macrofauna

Para este estudio los materiales que se utilizaron fueron:

- Microscopio electrónico
- Lupa
- Cámara fotográfica
- Cajas Petri
- Agua
- Pinza

Luego de recolectar las muestras de suelo éstas fueron llevadas a la GMP y utilizando una lupa se procedió a buscar los organismos presentes en las muestras de suelo, una vez halladas utilizando una pinza fueron colocadas en cajas Petri con agua para su posterior observación en el microscopio.

3.7 **Análisis cualitativo de la calidad del suelo**

En el presente estudio, el análisis cuantitativo de la calidad del suelo (indicadores físicos, químicos y biológicos), fue complementado con un análisis cualitativo el cual fue la cromatografía del suelo (Figura 20). Debido a que el mismo proporciona una información visual, gráfica de la salud del suelo fue evaluado mediante la observación de las zonas que presenta, del color y de la forma de sus extremos.

Figura 20. Realización de la cromatografía del suelo en el laboratorio de la UCB



Luego de obtener las cromatografías de las diez parcelas de estudio se procedió a compararlas entre sí, para su interpretación se realizaron consultas en la literatura técnica.

3.7.1 Cromatografía de suelo según Voitl y Guggenberger (1986)

La cromatografía (Figura 21) es un método que sirve para hacer análisis cualitativos de tierras y compostas, puede ser realizado en cualquier lugar a bajo costo y de forma rápida. Permite conocer la salud de las tierras y la calidad que existe en sus aspectos, físicos, químicos y biológicos de manera inmediata y gráfica (PROINPA 2011:1).

Figura 21. Cromatografía del suelo



Fuente: Cabrera, 2010

Los materiales que se utilizaron para hacer este análisis son los siguientes:

- Espátula
- Cajas Petri de 9 cm de diámetro
- Cajas Petri de 6 cm de diámetro
- Papeles filtro de 15 cm de diámetro (Whatmann N° 1 o N°4)
- Balanza (0,00g)
- Regla
- Matraces volumétricos de 1000 ml
- Matraces volumétricos de 100 ml
- Vidrios de reloj
- Marcador de alcohol
- Tijera
- Vasos precipitados de 600 ml
- Vasos precipitados de 50 ml
- Embudos

- Tamiz de 2 mm
- Pipetas de 10 ml
- Succionador
- Probeta de 50 ml
- Erlenmeyers de 100 ml
- Mortero
- NaOH (1000 ml de solución al 1%)
- AgNO_3 (100 ml de solución al 0,5 %)
- 1200 ml de agua destilada

Dentro el procedimiento se realizó lo siguiente:

3.7.1.1 *Preparación de las muestras de suelo con NaOH*

Primeramente la muestra fue secada al aire libre durante una noche, posteriormente se la colocó en el mortero para molerla y tamizarla.

A continuación se colocó 5 g de la muestra en un Erlenmeyer limpio lavado previamente con agua destilada como muestra la figura 22, se le agregó 50 ml de la solución de NaOH al 1% y se la agitó 6 veces a la izquierda y 6 veces a la derecha, esto se repitió esto 6 veces.

Figura 22. Adición de la solución de NaOH en la muestra de suelo



Se agitó nuevamente al cabo de 10 minutos y 1 hora. A partir de la primera agitación, la muestra se quedó de 5 a 6 horas para que precipite.

3.7.1.2 Preparación del papel filtro con AgNO_3

Se utilizó un papel filtro como plantilla para marcar los demás papeles filtro, el mismo fue doblado dos veces para determinar el centro y ahí se marcó un hueco pequeño.

Con esta plantilla se hizo un hueco de 2 mm de diámetro en el centro de los demás papeles, cuidando de no doblarlas y mancharlas con los dedos, debido a que esto influye en la calidad de la cromatografía.

Para determinar hasta donde las soluciones debieron extenderse, con un lápiz se marcó a partir del centro del papel 4 cm y 6 cm de distancia.

De un papel filtro se hicieron las mechas para lo cual se cortaron cuadrados de 2 x 2 cm y luego se las enrollaron de manera muy compacta. Cada mecha fue colocada por debajo del hueco del papel filtro.

Se colocaron las cajas Petri de 6 cm de diámetro en el centro de las cajas Petri de 9 cm de diámetro, y dentro las cajas Petri de 6 cm de diámetro se colocó 5 ml de la solución de AgNO_3 al 0,5 %.

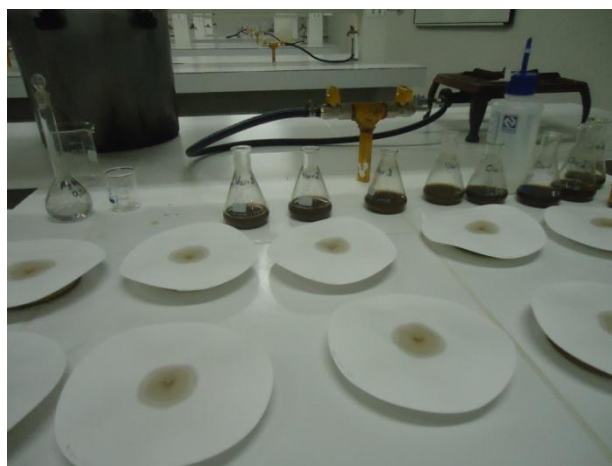
El papel con la mecha se colocó sobre la caja Petri con la parte larga de la mecha hacia abajo, para que la solución de AgNO_3 se difunda en el papel. Cuando esta solución llegó a difundirse hasta la marca de 4 cm en el papel filtro, se sacó la mecha con mucho cuidado y se dejó secando el papel sobre la caja Petri vacía y limpia, sin influencia de la luz del sol y del polvo.

3.7.1.3 Test de cromatografía

Después de transcurrir las 5 o 6 horas, se vertió el líquido sobrenadante del Erlenmeyer en la caja Petri de 9 cm de diámetro.

Se dotaron de mechas nuevas a los papeles preparados con AgNO_3 y éstas fueron colocadas sobre la caja Petri con el líquido sobrenadante luego de que este líquido se haya difundido hasta la marca de 6 cm (Figura 23), se procedió a sacar la mecha y a secar el papel filtro sobre una base limpia en luz oscura.

Figura 23. Difusión de la solución del suelo sobre en el papel filtro



3.8 Análisis Estadístico de los resultados

Después de obtener todos los resultados de los indicadores físicos y químicos de la tabla 3 en el laboratorio e *in situ* (infiltración), se procedió con el análisis comparativo de los resultados, el mismo fue realizado mediante el análisis de varianza con el programa

estadístico SAS (2004), en el que se utilizó el Diseño Experimental Completamente Aleatorio con parcelas divididas (SILES 2011, *Com. Pers.*).

Para aplicar el modelo estadístico se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 4: Aspectos para el análisis estadístico

Factor	Tratamientos (Niveles)	Unidades Experimentales (n° de repeticiones)
(2)	(6)	(9)
Factor A = Sistemas de producción	a1= Modelo agrobiológico	3 parcelas agrobiológicas con (b1, b2, b3)
Factor B = Pendiente	a2= Sistema agroforestal	
	a3= Manejo local	3 parcelas agroforestales con (b1, b2, b3)
	b1= Alto	
	b2= Medio	3 parcelas locales con (b1, b2, b3)
	b3= Bajo	

Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que los indicadores biológicos no fueron incluidos en el análisis estadístico, debido a que no se contó con un número de repeticiones necesarias para llevar a cabo este análisis. Dentro este análisis tampoco se incluyó la parcela SAF Testigo debido a que la misma carece de repeticiones en el sistema agrobiológico y local.

Los resultados de cada uno de los indicadores (variable respuesta) previa verificación de los supuestos de distribución y homogeneidad de varianzas, fueron analizados de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{k(i)} + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{jk(i)}$$

Dónde:

i =1, 2,3 sistemas de producción

j = 1, 2, 3 niveles de pendiente (alto, medio, bajo)

k = 1, 2, 3 parcelas con sistemas productivos

y_{ijk} = Valor de una variable de respuesta observada en una subparcela donde se aplicó el j-ésimo nivel de pendiente dentro del i-ésimo sistema de producción en la k-ésima parcela

α_i = Efecto fijo del i-ésimo sistema de producción

$\varepsilon_{k(i)}$ = Efecto de la k-ésima parcela dentro del i-ésimo sistema de producción

$$\varepsilon_{jk(i)} \sim \text{NIID}(0, \sigma_e^2)$$

β_j = Efecto fijo del j-ésimo nivel de pendiente

γ_{ij} = Efecto fijo de la interacción entre el i-ésimo sistema de producción y el j-ésimo nivel de pendiente

$\varepsilon_{jk(i)}$ = Efecto aleatorio de los residuales

$$\varepsilon_{jk(i)} \sim \text{NIID}(0, \sigma_e^2)$$

La aplicación de este diseño experimental permitió comparar las parcelas dentro de cada sistema productivo y analizar cuál de los tres sistemas productivos presenta mejores resultados respecto a la calidad del suelo, con un nivel de confianza al 95 %.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación serán presentados en secciones como ser: características generales del suelo, historial y manejo, evaluación física, química y biológica y cromatografía de suelo. A continuación se desarrollarán cada una de estas secciones.

4.1 Características generales del suelo en las parcelas de estudio

La descripción de las características generales del suelo en las parcelas agrobiológicas, agroforestales y de manejo local incluye la localización del sitio, signos de erosión, orientación del terreno, profundidad de la capa vegetal, presencia de plantas, lombrices, y hormigas e inclinación de la pendiente las mismas serán descritas a continuación.

4.1.1 Parcelas agrobiológicas

Las características generales del suelo en las parcelas Munaypata 18 A/4, Balderrama 12F norte y Valenzuela 4 G sud son presentados en las figuras 24, 25 y 26.

Figura 24. Características generales del suelo en Munaypata 18 A/4

Erosión: En la zona inferior de la parcela se observó indicios de erosión hídrica (riego, lluvia) de oeste a este que fue evidenciado por la acumulación de sedimentos en la parte baja, la pendiente del terreno y la dirección de los surcos favorece este tipo de erosión.

Orientación del terreno: De norte a sud, pero en la parte inferior además de esta orientación también existe una ligera inclinación de oeste a este.

Capa vegetal: Además de la presencia de marlos de maíz utilizadas para disminuir la velocidad del agua durante el riego y como rastrojo, se observó cobertura vegetal asociada al cultivo.

Presencia de plantas: Además del cultivo de papa se observó eucaliptos y jacarandas en uno de los límites de la parcela (barrera viva).

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: Se observó lombrices y hormigas.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $5^\circ = 9,5\%$ (plana)

De oeste a este (parte superior) $0,5^\circ = 2\%$ (plana)

De oeste a este (parte inferior) $1^\circ = 3\%$ (plana)

Figura 25. Características generales del suelo en Balderrama 12F norte

Erosión: Se observó indicios erosión hídrica (riego, lluvia) de oeste a este en el lado derecho de la parcela, esto fue evidenciado por la acumulación de sedimentos en la parte baja, este tipo de erosión se ve favorecido por la inclinación del terreno.

Orientación del terreno: De norte a sud, pero el lado derecho de la parcela además de lo anterior presenta una ligera inclinación de oeste a este.

Capa vegetal: Se observó marlos de maíz y cobertura vegetal asociada al cultivo.

Presencia de plantas: Además del cultivo de papa, en la parte superior de la parcela se observó el cultivo de haba, eucaliptos y molles en los límites de la parcela (barrera viva).

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: Se observó lombrices y hormigas.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $5^\circ = 9,5 \%$ (plana)

Figura 26. Características generales del suelo en Valenzuela 4G sud

Erosión: No se observó signos de erosión pero si la formación de grietas en el lado este de la parcela, con un ancho de hasta 1 cm.

Orientación del terreno: De norte a sud.

Capa vegetal: Se observó marlos de maíz y cobertura vegetal asociada al cultivo.

Presencia de plantas: Además del cultivo de papa se observó algunos molles en uno de los límites de la parcela (barrera viva).

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: Se observó lombrices y hormigas.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $2^\circ = 4 \%$ (plana)

En las parcelas Munaypata 18 A/4 y Balderrama 12F norte, se observó signos de erosión hídrica provocada por el agua (riego y lluvia) y favorecida por la pendiente que presentan estos terrenos, esta erosión se da principalmente cuando el suelo se encuentra desprovisto de cobertura vegetal, es decir, en la etapa de preparación del terreno para la siembra y en la etapa de crecimiento del cultivo.

En la parcela Valenzuela 4G sud no se observó problemas de erosión hídrica debido a que este terreno presenta menor pendiente que las otras dos, pero si se observó la formación de grietas en el lado este de la parcela debido al desecamiento (Figura 27), en esta zona es escasa la cobertura vegetal, este problema no es ocasionado por la falta de riego sino por la mala nivelación del terreno que evita que el agua llegue a esta porción de la parcela.

Figura 27. Formación de grietas en Valenzuela 4G sud



En las tres parcelas, además de la utilización de barreras vivas como medida para evitar la erosión eólica, se constató que la densidad de la cobertura vegetal depende principalmente del tipo de cultivo, en un cultivo de papa la cobertura vegetal es menor que si es uno de maíz, esto se muestra en la figura 28.

En estas parcelas se observó la presencia de lombrices, hormigas y otros insectos.

Figura 28. Cobertura vegetal en distintos cultivos en Munaypata 18 A/4



Maíz



Papa

4.1.2 Parcelas agroforestales

Las características generales del suelo en las parcelas SAF Frutales, SAF Olivo, Olivo-Tagasastes y SAF Testigo son presentados en las figuras 29, 30, 31 y 32.

Figura 29. Características generales del suelo en SAF Frutales

Erosión: No se observó signos de erosión hídrica o eólica puesto que el terreno cuenta con cobertura vegetal (mulch)

Orientación del terreno: De norte a sud, aunque en el lado este presenta una inclinación hacia el oeste.

Capa vegetal: De modo general se constató que la profundidad de la capa vegetal en toda la parcela es de 0,1 cm y alrededor de cada especie frutal varia de 0,5 - 1 cm.

Presencia de plantas: Se observó la presencia de especies como: chacatea *Dodonaea viscosa*, jacaranda *Jacaranda acutifolia*, cítricos *Citrus aurantium*, *Citrus limón*, pacay, retama *Retama sphaerocarpus*, higo *Ficus carica*, guayaba *Psidium guajava*, olivo *Olea europaea*, durazno, molle *Schinus molle*, etc. con árboles de pino en los límites de la parcela.

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: Se observó la presencia hormigas y otros insectos pero no de lombrices.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $10,5^\circ = 19,5\%$ (moderada)
De este a oeste $6,5^\circ = 12\%$ (moderada)

Figura 30. Características generales del suelo en SAF Olivo

Erosión: No se observó signos de erosión hídrica o eólica puesto que el terreno cuenta con cobertura vegetal (mulch)

Orientación del terreno: De norte a sud.

Capa vegetal: De modo general se constató que la profundidad de la capa vegetal en toda la parcela varía de 0,5 - 1 cm y alrededor de cada especie frutal es de 2 cm.

Presencia de plantas: Se observó la presencia de especies como: olivo *Olea europaeae*, retama *Retama sphaerocarpae*, guayaba *Psidium guajava*, tuna *Opuntia ficusindica*, cítricos *Citrus aurantium*, *Citrus limón*, acacias *Acacia floribunda*, *Acacia melanoxinum*, *Acacia dealbata*, *Acacia saligna*, etc. con árboles de jacaranda *Jacaranda acutifolia* y eucalipto *Eucalyptus globulus* en los límites de la parcela.

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: Se observó la presencia de hormigas y otros insectos pero no de lombrices.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $9^\circ = 16\%$ (moderada)

Figura 31. Características generales del suelo en Olivo-Tagasastes

Erosión: No se observó signos de erosión hídrica o eólica puesto que el terreno cuenta con cobertura vegetal (mulch)

Orientación del terreno: De norte a sud.

Capa vegetal: De modo general se constató que la profundidad de la capa vegetal en toda la parcela es de 0,5 cm y alrededor de cada especie frutal es de 1 cm.

Presencia de plantas: Se observó la presencia de especies como olivo *Olea europaeae*, tagasaste *Chamaecytisus palmensis*, chacatea *Dodonaea viscosa*, con árboles de acacia y molle *Schinus molle* en los límites de la parcela.

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: Si se observó la presencia de hormigas y otros insectos pero no de lombrices.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $8^\circ = 14\%$ (moderada)

Figura 32. Características generales del suelo en SAF Testigo

Erosión: No se observó signos de erosión hídrica o eólica puesto que el terreno cuenta con cobertura vegetal (mulch)

Orientación del terreno: De norte a sud.

Capa vegetal: De modo general se constató que la profundidad de la capa vegetal en toda la parcela es de 0,1 cm.

Presencia de plantas: Se observó la presencia de especies como: tara *Caesalpinia spinosa*, cedrón, durazno, ciruelo *Prunus ssp.*, y algunos molles *Schinus molle*.

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: Se observó la presencia de hormigas y otros insectos pero no de lombrices.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $8^\circ = 14\%$ (moderada)

La característica común de las cuatro parcelas es que tienen cobertura vegetal (mulch) cuya profundidad varía de acuerdo a la cantidad de rastrojo (residuos de poda) depositado en el terreno, a pesar de la pendiente de estas parcelas no se observó signos de erosión hídrica y eólica, debido a que el suelo siempre cuenta con cobertura vegetal (Figura 33).

En estas parcelas se observó la presencia de hormigas y otros insectos pero no de lombrices.

Figura 33. Cobertura vegetal en SAF Olivo



4.1.3 Parcelas locales

Las características generales del suelo en las parcelas Papelina-Clavel, Vaina-Arveja y Claveles son presentados en las figuras 34, 35 y 36.

Figura 34. Características generales del suelo en Papelina-Clavel

Erosión: Se observó signos de erosión hídrica de oeste a este por la presencia de un gran número de piedras expuestas, esto debido a que el terreno no cuenta con cobertura vegetal (mulch), por el riego continuo (1vez/semana) y por la dirección de los surcos a favor de la pendiente.

Orientación del terreno: De norte a sud.

Capa vegetal: La parte superior del terreno no presenta cobertura vegetal debido a que esta zona es fumigada de forma continua (1vez/semana), lo contrario sucede en la parte inferior donde se observó la presencia de la garrotilla de forma abundante debido a que esta zona no fue fumigada hace mucho tiempo (6 meses aproximadamente).

Presencia de plantas: Además de la papelina, y el clavel se observó la presencia de la garrotilla.

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: No se observó la presencia de hormigas ni de otros insectos pero si de lombrices.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $5,5^{\circ} = 10\%$ (plana)

Figura 35. Características generales del suelo en Vaina-Arveja

Erosión: Se observó signos de erosión hídrica de oeste a este, evidenciado por la presencia de un gran número de piedras expuestas en el lado este principalmente, esto debido a que el terreno no cuenta con cobertura vegetal (mulch), por el riego continuo (1 vez/semana) y por la dirección de los surcos a favor de la pendiente.

Orientación del terreno: De norte a sud.

Capa vegetal: No se observó cobertura vegetal.

Presencia de plantas: Además de la arveja en la parte superior y vaina en la inferior no se observó la presencia de otra planta debido a que este terreno es fumigado continuamente (1 vez/semana).

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: No se observó la presencia de hormigas ni de otros insectos pero si de lombrices.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $5,5^\circ = 10\%$ (plana)

Figura 36. Características generales del suelo en Claveles

Erosión: Se observó indicios de erosión hídrica de oeste a este, evidenciado por la presencia de un gran número de piedras expuestas en el lado este principalmente, esto debido a que el terreno no cuenta con cobertura vegetal (mulch), por el riego continuo (1 vez/semana) y por la dirección de los surcos a favor de la pendiente.

Orientación del terreno: De norte a sud.

Profundidad de la capa vegetal: Sólo se observó la presencia de la garrotilla en forma abundante en la parte central del terreno no así en el lado este.

Presencia de plantas: Además del clavel y la garrotilla no se observó la presencia de otra planta.

Presencia de lombrices, hormigas y termitas: No se observó la presencia de hormigas ni de otros insectos pero si de lombrices.

Inclinación de la pendiente: De norte a sud $5,5^\circ = 10\%$ (plana)

La característica común de estas parcelas es que en todas ellas presentan signos de erosión hídrica evidenciado por el gran número de piedras expuestas (Figura 37), debido principalmente al riego intensivo (1 vez/semana), a la dirección de los surcos y a la falta

de cobertura vegetal. Excepto por el cultivo, las mismas no cuentan con cobertura vegetal por la extracción de especies consideradas ajenas al cultivo, por la aplicación de herbicidas en los límites de la parcela y por el pastoreo de ganado luego de la cosecha.

Así también no se observó la presencia de hormigas y otros insectos lo que puede estar relacionado con la aplicación de plaguicidas (Tabla 9).

Figura 37. Erosión hídrica en las parcelas locales



4.2 Manejo e historial de las parcelas

Se recopiló el historial de manejo agrícola de diez parcelas; las parcelas agrobiológicas son: Munaypata 18 A/4 (AGB1), Balderrama 12F norte (AGB2) y Valenzuela 4G sud (AGB3). Las parcelas agroforestales son: SAF Frutales (AGF1), SAF Olivo (AGF2), Olivo-Tagasastes (AGF3) y SAF Testigo (AGF4). Las parcelas con manejo local son: Papelina Clavel (LOC1), Vaina-Arveja (LOC2) y Claveles (LOC3).

Los principales aspectos que se consideraron para conocer el historial fueron: preparación del terreno, uso de plaguicidas, fertilizantes químicos, abonos orgánicos, riego, labranza y rotación de cultivos.

A continuación se describirá el manejo y el historial de cada una de las parcelas de los tres sistemas productivos:

4.2.1 Parcelas agrobiológicas

Se recabó el historial de manejo agrícola de las parcelas AGB1, AGB2 y AGB3 desde el año 2001 hasta el año 2011, los documentos revisados muestran que durante este periodo estas parcelas han estado bajo el modelo agrobiológico; donde la gestión de suelos es llevada a cabo mediante el manejo de la fertilidad con la aplicación de diferentes productos como el compost y los preparados biodinámicos, así también mediante la preparación del terreno (rastra de discos, arado de discos y actisol), y fundamentalmente con el manejo del agua de riego el cual es por inundación. Es importante destacar que en las tres parcelas se practica la rotación de cultivos que corresponde a la gestión agrícola.

Los historiales de manejo agrícola de estas parcelas son mostrados en las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5: Historial de la parcela Munaypata 18 A/4 del año 2001 al año 2011

Año	Cultivo	Labranza			Riego	Aplicaciones
		Arado	Rastra	Actisol		
2001	Trigo	**	*	-	*****	Purín de vacas compostado 900 L Jugo de compost 400 L
2002	Barbecho Papa Maíz	*****	*****	-	**	Compost biodinámico 40,75 Ton Jugo lactodinámico s/c Caldo bordelés s/c
2003	Maíz Avena+Alfalfa Alfalfa	**	***	-	*	Preparación de María Thun s/c Preparado 500 s/c
2004	Alfalfa	-	-	-	*****	Jugo lactodinámico 650 L Preparación María Thun 300 L Preparado 500 120 L
2005	Alfalfa	-	-	-	***** *****	Compost biodinámico 8,5 Ton Jugo lactodinámico 500 L Preparado 500 400 L
2006	Alfalfa Papa Maíz	***	*	*	***** *****	Compost biodinámico s/c Preparación María Thun 400 L Caldo bordelés 1600 L
2007	Maíz Haba Maíz	**	***	**	***	Preparación María Thun 1200 L Caldo bordelés 200 L
2008	Maíz Barbecho Alfalfa					Compost biodinámico 14,1 Ton
2009	Alfalfa	-	-	-	*****	-
2010	Alfalfa	-	-	-	***** *****	Preparado 500 s/c
2011	Alfalfa Papa Maíz	*****	-	***	***** ***	Compost biodinámico 42 Ton Fladem 100 L Jugo lactodinámico s/c Preparado 500 620 L Preparado 501 80 L Caldo bordelés 1030 L
2012	Maíz					

* Número de aplicaciones - Ausencia de aplicación

Fuente: Elaboración propia en base a Informe Técnico de la GMP 2001-2011

Tabla 6: Historial de la parcela Balderrama 12F norte del año 2001 al año 2011

Año	Cultivo	Labranza			Riego	Aplicaciones
		Arado	Rastra	Actisol		
2002	Vicia+Avena Maíz	*	*	**	***	-
2003	Maíz	-	-	-	*****	Purin de vacas compostado s/c Preparación MariaThun s/c Preparado 500 s/c
2004	Maíz Barbecho	*	-	*	*	Compost biodinámico s/c Preparación MariaThun 550 L
2005	Maíz Avena+Vicia Maíz	****	**	****	***** ****	Preparación MariaThun 300 L
2006	Maíz Barbecho Maíz	**	**	*****	***** **	Compost biodinámico s/c
2007	Maíz Avena+Alfalfa	*	*	*	***	Compost biodinámico 16,2 Ton Purin de vacas 3500 L
2008	Alfalfa	-	-	-	*****	-
2009	Alfalfa	-	-	-	*****	-
2010	Alfalfa	-	-	-	***** ****	-
2011	Alfalfa Papa Maíz	*****	-	***	***** *****	Compost biodinámico 52 m ³ Solución de CuSO ₄ 200 L Fladem 200 L Gallinaza compostada 62 m ³ Preparado 500 50 L Preparado 501 90 L Caldo bordelés 600 L
2012	Maíz					

* Número de aplicaciones - Ausencia de aplicación

Fuente: Elaboración propia en base a Informe Técnico de la GMP 2001-2011

Tabla 7: Tabla 10: Historial de la parcela Valenzuela 4G sud del año 2001 al año 2011

Año	Cultivo	Labranza			Riego	Aplicaciones
		Arado	Rastra	Actisol		
2001	Alfalfa	**	****	-	***** *****	Purin de vacas compostado 14000 L Jugo de compost 650 L
2002	Alfalfa	-	-	-	***** *****	Jugo de compost 1400 L
2003	Alfalfa	-	-	-	***** *****	Preparación MariaThun 200L Preparado 500 200L Preparado 501 180 L
2004	Alfalfa Papa Maíz	**	*	-	***	Compost biodinámico 92,7 Ton Gallinaza 19 Ton Preparación MariaThun 520 L Preparado 500 200 L Caldo bordelés 600 L
2005	Alfalfa	-	-	-	***** *****	Compost biodinámico 8,5 Ton Jugo lactodinámico 500 L Preparado 500 400 L
2006	Alfalfa Papa Maíz	***	*	*	***** *****	Compost biodinámico s/c Preparación MariaThun 400 L Caldo bordelés 1600 L
2007	Maíz Avena+Alfalfa	**	***	**	***	Compost biodinámico 62,86 Ton Preparación MariaThun 280 L Preparado 500 120 L
2008	Alfalfa	-	-	-	*****	-
2009	Alfalfa	-	-	-	*****	Purin de vacas compostado s/c
2010	Alfalfa	-	-	-	*****	-
2011	Alfalfa Papa Maíz	**	-	**	***** **	Compost biodinámico 40 Ton Gallinaza compostada 36 m ³ Fladem s/c Preparado 500 80 L Preparado 501 70 L Caldo bordelés 420 L
2012	Maíz					

* Número de aplicaciones - Ausencia de aplicación

Fuente: Elaboración propia en base a Informe Técnico de la GMP 2001-2011

Los historiales de las parcelas Munaypata 18 A/4, Balderrama 12F norte y Valenzuela 4G sud muestran que tienen características similares, en relación a la rotación de cultivos, a la aplicación de productos orgánicos, al riego y a los métodos de labranza aplicados.

Respecto a la rotación de cultivos se verificó la inclusión de cultivos principales como alfalfa, papa y maíz pero también la inclusión de avena y vicia como especies forrajeras,

a pesar de que en los primeros años se produjo una ligera variación en el tipo de cultivo implantado, se verificó que a partir del año 2008 hasta la fecha los cultivos implementados son exactamente los mismos en las tres parcelas.

Los métodos de labranza (arado de discos, rastra de discos y actisol) (Figura 38) empleados, son los mismos en las tres parcelas aunque se verificó una variación en el número de aplicaciones y en la combinación de los mismos de acuerdo al tipo de cultivo, cabe destacar que respecto a la preparación del terreno se produjo un cambio en la labranza del suelo que es el uso del actisol. El actisol es empleado desde el año 2006 en Munaypata y Valenzuela y desde el año 2002 en Balderrama.

Figura 38. Labranza del suelo



El riego se lo realiza por el método de inundación y su número varía de acuerdo al tipo de cultivo.

Respecto a la fertilización y al control fitosanitario de los cultivos, en las tres parcelas se aplica periódicamente diferentes productos como el compost biodinámico y los preparados biodinámicos. Como muestra el historial en las mismas no se aplican plaguicidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas, etc.) ni fertilizantes químicos sintéticos.

Figura 39. Aplicación de preparados biodinámicos



4.2.2 Parcelas agroforestales

En el año 1999 para la implementación de las parcelas agroforestales por única vez se preparó el terreno con arado de discos en donde se retiró gran cantidad de piedras, que luego fueron utilizadas para la construcción del muro del predio y para las terrazas en la parcela SAF Frutales.

En los tres primeros años (2001, 2002 y 2003) en las parcelas SAF Frutales y SAF Olivo se sembró especies leguminosas como: haba, arveja, maíz y girasol, con el objetivo de aportar nitrógeno al suelo y mejorar su fertilidad.

Para la plantación de las especies frutales y arbóreas se hicieron hoyos de 30 x 30 cm en donde se incorporó tierra vegetal, posteriormente se colocó la especie vegetal y se pisó alrededor para luego regarla.

Desde el año 2011 en las tres parcelas se realiza extracción de chacatea pero solamente en áreas donde la misma es abundante. La poda se lleva acabo dos veces al año, la primera identificada como poda grande que tiene lugar entre julio y agosto y la segunda entre enero y febrero; el material podado es incorporado en el suelo y alrededor de cada planta.

En estos sistemas agroforestales no existe el término maleza, sino que todas las especies forestales tienen su función que es importante para el equilibrio del ecosistema. No se hace el control de plagas o enfermedades debido a que estas parcelas no han sufrido el ataque de las mismas.

No se utiliza ningún tipo de plaguicida ni se aplican fertilizantes químicos sintéticos.

Para controlar la erosión hídrica en la parcela SAF Frutales (parcela con mayor pendiente) se implementaron terrazas con especies frutales y arbustivas. En las tres parcelas (SAF Frutales, SAF Olivo y Olivo-Tagasastes) todo el material podado es incorporado alrededor de cada especie con el objetivo de favorecer el desarrollo de la misma y evitar la erosión hídrica y eólica del suelo. Así también en los límites de estas tres parcelas se implementaron especies arbóreas (barreras vivas) como acacias, pino, molle, eucalipto, jacaranda, etc. como otra medida para evitar la erosión.

Durante la época de sequía sólo en los tres primeros años se regaron las especies frutales una vez por semana cuando éstos mostraron algún signo de estrés hídrico.

El historial de manejo de estas parcelas es mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 8: Historial de las parcelas agroforestales

Actividades	SAF Frutales	SAF Olivo	Olivo- Tagasastes	Año
Labranza (arado de discos)	*	*	*	1999
Plantación de especies frutales y arbóreas.	*	*	*	1999
Siembra de especies leguminosas haba, arveja, maíz y girasol.	*	*	-	2001 2002 2003
Riego durante la época de sequía de las especies frutales en caso de que mostraran estrés	*	*	*	1999, 2000 y 2001
Extracción de la chacatea en zona donde la misma es muy abundante.	*	*	*	Desde el 2011 hasta la fecha
Poda 2 veces/año	*	*	*	Desde el 2005 hasta la fecha
Disposición del material podado en el suelo y alrededor de las especies arbóreas y frutales.	*	*	*	Desde el 2005 hasta la fecha
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes químicos sintéticos.	-	-	-	Desde la plantación hasta la fecha
Construcción de terrazas para evitar la erosión hídrica.	*	-	-	2001
Plantación de especies arbóreas en los límites de la parcela (barreras vivas).	*	*	*	1999
Manejo bajo los principios de Gotch	-	*	-	Desde la plantación hasta la fecha

* Aplicación de actividad - Ausencia de aplicación

Fuente: Elaboración propia en base a entrevista a Noemí Stadler Kaulich

Como muestra el historial, las tres parcelas desde su implementación no fueron aradas nuevamente, el riego se realizó en los tres primeros años solamente a las especies que mostraran algún signo de estrés, el material podado es incorporado al suelo a manera de mulch y alrededor de cada especie y no se utilizan plaguicidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas, etc.) ni fertilizantes químicos.

A diferencia de las parcelas agrobiológicas y locales no se practica la rotación de cultivos debido a que las mismas son sistemas agroforestales y su objetivo es la recuperación de la fertilidad del suelo y la producción frutícola.

Las diferencias que se identificaron son la construcción de terrazas en SAF Frutales y el manejo bajo los principios de Ernest Gotch en SAF Olivo donde se da un aprovechamiento de la dinámica de la sucesión natural de especies y las especies acompañantes (tuna, molle, jacaranda) no pueden alcanzar mayor tamaño que las especies primarias (olivo) (Entrevista a Stadler 11/08/11).

Por otro lado, cabe destacar que la parcela SAF Testigo fue implementada del mismo modo que las demás en el año 2010 y actualmente está siendo manejada de la misma forma que las parcelas SAF Frutales y Olivo-Tagasastes, y debido a su edad no se está dando la poda ni la extracción de chacatea.

4.2.3 Parcelas Locales

Las tres parcelas (LOC1, LOC2 y LOC3) antes de la implementación del cultivo son aradas tres veces, el primer arado se lleva acabo con tractor de 30-40 cm de profundidad y el segundo y tercer arado se lo hace con tracción animal (yuntas).

Figura 40. Arado con tracción animal



El deshierbe de los cultivos se lo realiza en los dos aporques en la segunda y tercera semana del cultivo. Solamente se utilizan herbicidas para el control de malezas que crecen en los límites de las parcelas.

Para el control de plagas y enfermedades se aplican una serie de plaguicidas (insecticida, fungicida, herbicida) como ser: Basuka, Benocal 50 WP, Caporal 540 EC, Cobrethane, Fernimine, Roundup Full II, etc. (Tabla 9) (Figura 41).

Figura 41. Aplicación de plaguicidas



En la fertilización de los cultivos se aplica abono orgánico “gallinaza” ya que se encuentra con mayor facilidad en el medio. De la misma forma se utilizan fertilizantes químicos como Kling Nitro, úrea y Orgabiol (Tabla 9).

La cantidad de abono aplicado varía de acuerdo al tamaño de la parcela, al tipo de cultivo y a la disponibilidad de la misma. Sin embargo para las tres parcelas se utiliza aproximadamente 30 cubos/año (Figura 42).

Figura 42. Abono orgánico (gallinaza)



Es muy difícil precisar la cantidad exacta de los plaguicidas y fertilizantes químicos aplicados, debido a que varía cada año por la rotación y asociaciones de cultivos y por la disponibilidad de estos productos en el mercado, pero en las tablas 9 y 10 se muestra una aproximación de las mismas.

Tabla 9: Cantidad y frecuencia de plaguicidas utilizados en las parcelas con manejo local

Nombre	Tipo	Dosis	Cantidad	Frecuencia	Cultivo
Basuka	Herbicida	5 ml/20 L	10 ml/año	2 veces/año	Malezas
Benocal 50 WP	Fungicida	4 ml/20 L	8 ml/año	1 vez/año	Verduras y flores
Caporal 540 EC	Insecticida	3 ml/20 L	6 ml/cultivo	1 vez/cultivo	Vaina
Cobrethane	Fungicida	6 cdas/20 L	12 cdas/mes	1 vez/mes	Flores y achoccha
Fernimine	Herbicida	4 ml/20 L	8 ml/año	1 vez/año	Malezas
Gomax	Coadyuvante	4 ml/20 L	8 ml/año	Se aplica con todos los plaguicidas	
Nurelle 25 E	Insecticida	2,5 ml/20 L	5 ml/mes	1 vez/mes	Flores
Roundup Full II	Herbicida	*	*	1 vez/año	Malezas

* Aplicación que no tiene dato

Fuente: Elaboración propia en base a entrevista a Moisés Agreda

Tabla 10: Cantidad y frecuencia de fertilizantes utilizados en las parcelas con manejo local

Nombre	Dosis	Cantidad	Frecuencia	Cultivo
Kling Nitro	5 ml/20 L	10 ml/cultivo	1 vez/cultivo	Flores
Úrea	*	*	Cada que sea necesario	Hortalizas
Orgabiol	4 ml/20 L	8 ml/año	1 vez/año	Achoccha

* Aplicación que no tiene dato

Fuente: Elaboración propia en base a entrevista a Moisés Agreda

En las tres parcelas el riego es realizado por inundación de manera continua (1vez/semana). Se practica la rotación de cultivos pero debido a que no se cuenta con un registro del historial de manejo agrícola sólo se pudo recuperar el historial de los últimos cuatro años (tabla 11). Los cultivos que forman parte de esta rotación son: haba, papa,

brócoli, repollo, cebolla, kirkiña, maíz, papa, arveja, vaina, achoccha, lechuga y flores (clavel, sarticia y papelina). Por otra parte, la rotación de cultivos incluye periodos de descanso debido a la escasez de agua para el riego y por la falta de yuntas para el arado.

Tabla 11: Rotación de cultivos en las parcelas con manejo local

Nombre de la parcela	Rotaciones en los últimos años			
	2009	2010	2011	2012
Papelina-Clavel	Haba	Clavel	Clavel con Papelina	Lechuga
Vaina-Arveja	Papa	Ilusión	Vaina con Arveja	Brócoli
Claveles	Achoccha	Ilusión con Papelina	Clavel	Clavel

Fuente: Elaboración propia en base a entrevista a Moisés Agreda

Para un mejor aprovechamiento del terreno y del agua, además, de las rotación de cultivos también se practica la asociación de cultivos como es el caso de las parcelas Papelina-Clavel y Vaina-Arveja en donde están asociadas las especies que llevan por nombre, aunque también dependiendo de la disponibilidad de semillas y de la demanda en el mercado, el propietario suele trabajar con monocultivos como es el caso de la parcela Claveles.

De acuerdo al historial de manejo, en las tres parcelas se aplica dos métodos de labranza que son el arado de discos y con tracción animal (yuntas), el riego es realizado de manera continua (1 vez/semana), se utiliza abono orgánico (gallinaza), se aplican plaguicidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas, etc.) y fertilizantes químicos sintéticos.

En estas parcelas se practica la rotación y asociación de cultivos en donde los cultivos que forma parte de esta rotación son verduras y flores.

Después de la descripción del historial de las parcelas, se procederá a analizar el estado actual de los suelos en relación a sus indicadores físicos, químicos y biológicos en los tres sistemas de producción.

4.3 Evaluación física, química y biológica del suelo

Los resultados obtenidos del análisis de los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo serán descritos y analizados a continuación:

4.3.1 Evaluación física del suelo

Para la evaluación física del suelo los indicadores que se consideraron son: **textura, densidad aparente, densidad real, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua disponible, los** mismos fueron analizados en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Mayor de San Simón (Anexo 4).

La capa arable del suelo y la infiltración fueron medidas en campo.

4.3.1.1 Estudio de la capa arable del suelo

Este estudio fue realizado con el objetivo de conocer si las prácticas de labranza (arado de discos) en las parcelas agrobiológicas y locales están ocasionando compactación (resistencia a la penetración) del suelo, y también con el objetivo de conocer el estado de la capa arable en las parcelas agroforestales.

En las tablas 12, 13, y 14 se muestran los resultados obtenidos respecto al estado de la capa arable en las parcelas de los tres sistemas productivos.

Tabla 12: Capa arable de las parcelas agrobiológicas

Parcela	Características
Munaypata 18 A/4 	- Profundidad de calicata: 40 cm - Materia orgánica: 3,98 (0-25 cm) - pH: 6,1 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca - Resistencia a la penetración: baja (0-10 cm) media (10-20 cm) alta (20-40 cm) - Cobertura vegetal: abundante - Raíces: muchas saludables - Estratificación: no se observó horizontes sólo Ap - Contenido de agua: húmedo - Color: marrón oscuro (10 YR 3/3)
Balderrama 12F Norte 	- Profundidad de calicata: 40 cm - Materia orgánica: 2,77 (0-25 cm) - pH: 6,4 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca arcillosa - Resistencia a la penetración: baja (0-20 cm) alta (20-40 cm) - Cobertura vegetal: abundante - Raíces: muchas saludables (0-25 cm) Ninguna (25-40 cm) - Estratificación: se observó zonas estratificadas horizonte Ap (0-20 cm) B (25-40 cm) y R.M. - Contenido de agua: húmedo - Color: Ap marrón oscuro (10 YR 3/3) y B pardo fuerte (7,5 YR 4/6)

Valenzuela 4G Sud 	- Profundidad de calicata: 40 cm - Materia orgánica: 2,81 (0-25 cm) - pH: 6,5 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca arcillo limosa - Resistencia a la penetración: baja (0-20 cm) media (20-40 cm) - Cobertura vegetal: abundante - Raíces: muchas saludables - Estratificación: se observó zonas estratificadas horizonte Ap (0-20 cm) B (20-40 cm) - Contenido de agua: húmedo - Color: Ap marrón oscuro (10 YR 3/3) B café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2)
--	--

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a la penetración (compactación) es variable en las tres parcelas, en Munaypata 18 A/4 es baja hasta 10 cm, media (10-20 cm) y alta a partir de los 20 cm, en Balderrama es baja hasta los 20 cm y alta a partir de los 20 cm, y por último en Valenzuela es baja hasta los 20 cm y media a partir de los 20 cm, el hecho de que dos de estas parcelas tenga una resistencia alta no representa un problema debido a que las raíces de la mayoría de **los cultivos se concentran en los primeros 20 cm** (OSORIO 1997). En estas parcelas se observó abundante cobertura vegetal conformada por especies herbáceas que crecen junto con el cultivo.

Las parcelas en las que se pudo observar zonas estratificadas (horizontes), fueron Balderrama y Valenzuela con horizontes Ap y B los cuales fueron diferenciados por su coloración.

La presencia de raíces saludables **a los 20 cm de profundidad indica que no existe compactación ni escasez de oxígeno en esta porción del suelo.**

Tabla 13: Capa arable de las parcelas agroforestales

Parcela	Características
SAF Frutales 	- Profundidad de calicata: 45 cm - Materia orgánica: 4,34 (0-25 cm) - pH: 5,1 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franco arcillo arenosa - Resistencia a la penetración: baja - Cobertura vegetal: abundante - Raíces: muchas saludables - Estratificación: se observó horizonte O (0-1 cm), A (1-45cm) y R.M. - Contenido de agua: húmedo - Color: marrón oscuro (10 YR 3/3)
SAF Olivo 	- Profundidad de calicata: 45 cm - Materia orgánica: 4,57 (0-25 cm) - pH: 5,3 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca - Resistencia a la penetración: baja - Cobertura vegetal: abundante - Raíces: muchas saludables - Estratificación: se observó horizonte O (0-1 cm), A (1-20 cm), B (20-45 cm) y R.M. - Contenido de agua: húmedo - Color: A marrón oscuro (10 YR 3/3) y C marrón muy oscuro (10 YR 2/2)

Olivo-Tagasastes 	- Profundidad de calicata: 40 cm - Materia orgánica: 4,47 (0-25 cm) - pH: 5,9 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca arenosa - Resistencia a la penetración: baja - Cobertura vegetal: abundante - Raíces: muchas saludables - Estratificación: se observó horizonte O (0-1 cm), A (1-25 cm), C (25-40 cm) y R.M. - Contenido de agua: húmedo - Color: A marrón oscuro (10 YR 3/3) y C marrón muy oscuro (10 YR 2/2)
SAF Testigo 	- Profundidad de calicata: 40 cm - Materia orgánica: 2,9 (0-25 cm) - pH: 5,5 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca - Resistencia a la penetración: baja - Cobertura vegetal: abundante - Raíces: muchas saludables - Estratificación: horizonte O (1-0,5 cm), A (0,5-40 cm) y R.M. - Contenido de agua: húmedo - Color: A marrón oscuro (10 YR 3/3)

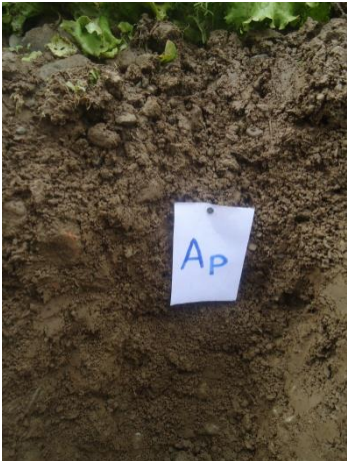
Fuente: Elaboración propia

Todas las parcelas agroforestales tienen una resistencia a la penetración (compactación) baja y cuentan con abundante cobertura vegetal como residuos de poda, pasto, hojas caídas, etc.

En las cuatro parcelas a lo largo de la calicata se observó muchas raíces saludables lo que indica que no hay el problema de compactación ni de escasez de oxígeno en el suelo.

De manera general, se pudo determinar que los suelos de estas parcelas son poco profundas (50 cm aprox.), y las zonas estratificadas que presentan son el horizonte O (capa orgánica), el horizonte A y la roca madre.

Tabla 14: Capa arable de las parcelas con manejo local

Parcela	Características
Papelina-Clavel 	- Profundidad de calicata: 30 cm - Materia orgánica: 2,46 (0-25 cm) - pH: 6,1 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca - Resistencia a la penetración: baja - Cobertura vegetal: escasa - Raíces: pocas saludables - Estratificación: Ap (0-30 cm) - Contenido de agua: húmedo - Color: marrón oscuro (10 YR 3/3)

Vaina-Arveja 	- Profundidad de calicata: 30cm - Materia orgánica: 3,03 (0-25 cm) - pH: 6,3 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca - Resistencia a la penetración: baja - Cobertura vegetal: escasa - Raíces: pocas saludables - Estratificación: Ap (0-30 cm) - Contenido de agua: húmedo - Color: marrón oscuro (10 YR 3/3)
Claveles 	- Profundidad de calicata: 45 cm - Materia orgánica: 3,08 (0-25 cm) - pH: 6,4 (0-25 cm) - Estructura: granular - Textura: franca - Resistencia a la penetración: baja (0-20 cm) media (20-45 cm) - Cobertura vegetal: mediana - Raíces: muchas saludables - Estratificación: horizonte Ap (0-20 cm) y B (20-45 cm) - Contenido de agua: húmedo - Color: Ap marrón oscuro (10 YR 3/3) B café oscuro amarillento (10 YR 3/4)

Fuente: Elaboración propia

Estas parcelas con manejo local tienen una resistencia a la penetración baja, a diferencia de las parcelas agrobiológicas y agroforestales cuentan con escasa cobertura vegetal (Figura 43), esto por tres razones: por el uso de herbicidas en los límites de la parcela, por la extracción de especies ajenas al cultivo y por el pastoreo de ganado después de la cosecha.

Las mismas no presentan zonas estratificadas a excepción de la parcela Claveles en donde se observó una diferencia en la coloración a lo largo de la calicata.

Figura 43. Escasa cobertura vegetal en Vaina-Arveja



4.3.1.2 *Textura*

La textura es la propiedad de la tierra que tiene más influencia sobre otros indicadores de suelo (PLASTER 2000:32), es una característica importante porque influye en la fertilidad, en la infiltración del agua, en la capacidad de retención de agua y nutrientes, en la aireación y en la facilidad con la que un suelo puede ser trabajado (Cf. USDA 1999:77).

La siguiente tabla muestra los resultados del tipo de textura del suelo en las parcelas de estudio.

Tabla 15: Resultados de la medición de la textura

Sistema de producción	Parcelas	Textura
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	Franca
	Balderrama 12F-N	Franca arcillosa
	Valenzuela 4G-S	Franca arcillo limosa
Agroforestal	SAF Frutales	Franca arcillo arenosa
	SAF Olivo	Franca
	Olivo-Tagasastes	Franca arenosa
	SAF Testigo	Franca
Local	Papelina-Clavel	Franca
	Vaina-Arveja	Franca
	Claveles	Franca

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

La textura como muestra la tabla 15 es ligeramente variable, seis de las parcelas de estudio presentan textura franca, que es la más adecuada para la agricultura, debido a que tiene muy buena capacidad de retención de la humedad y las condiciones físicas son favorables e ideales, esto según Villarroel (1988). La parcela AGB2 tiene textura franco arcillosa, estos tipos de suelos por la presencia de arcilla tienden a presentar en algunos casos características físicas poco deseables, aunque con un manejo adecuado, estos suelos pueden ser altamente productivos (VILLARROEL 1988:5). Las parcelas AGB3 y AGF1 que tiene textura franco arcillo limosa y arenosa respectivamente son considerados como suelos agrícolamente excelentes, aunque su manejo puede presentar algunos problemas cuando el contenido de arena es bajo y el de arcilla es alto. La parcela con textura franco arenosa (AGF3) presenta características agrícolas adecuadas para toda clase de plantas y puede ser muy productiva con un manejo adecuado (VILLARROEL 1988:4-5).

De manera general las texturas de las diez parcelas son buenas, los agricultores consideran que los suelos francos son los ideales porque pueden retener agua pero sin mantenerse húmedos durante mucho tiempo, tienen las características buenas tanto de los suelos toscos como de los finos y no son duros para trabajar (PLASTER 2000:38).

4.3.1.3 *Densidad* aparente

Esta propiedad dinámica del suelo puede ser alterada por cultivación, pisoteo de animales, maquinaria agrícola, y clima (gotas de lluvia). Suelos compactados tienen altas densidades aparentes que restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo (USDA 1999:57).

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la medida de este indicador.

Tabla 16: Resultados de la medición de la densidad aparente

Sistema de producción	Parcelas	Textura	δ_{ap}	Valores de referencia
			---g/cm ³ ---	
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	F	1,29	
	Balderrama 12F-N	FY	1,43	
	Valenzuela 4G-S	FYL	1,31	
Agroforestal	SAF Frutales	FYA	1,38	
	SAF Olivo	F	1,38	
	Olivo-Tagasastes	FA	1,36	F, FA,FY,FYL,FYA <1,40g/cm ³
	SAF Testigo	F	1,34	
Local	Papelina-Clavel	F	1,45	Fuente: USDA 1999
	Vaina-Arveja	F	1,36	
	Claveles	F	1,37	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

Las densidades aparentes de todas las parcelas de estudio están dentro del valor ideal (<1.40) excepto la parcela Balderrama 12F norte y Papelina-Clavel cuyos valores son 1,43 y 1,45 respectivamente pero estos no superan 1,75 y por tanto no existe una restricción en el crecimiento radicular (USDA 1999:57).

De acuerdo al análisis estadístico, los valores de densidad aparente no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los sistemas de producción y entre los diferentes niveles de pendiente (Tabla 17).

Tabla 17: Prueba de efectos fijos para la densidad aparente

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	1	1,44ns	0,5070
Pendiente	2	15	0,13ns	0,8775
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,17ns	0,9518

ns: No significativo a P: 0,05

Esta similitud en los valores de densidad aparente puede ser atribuida a que en los tres sistemas de producción se incorpora materia orgánica; hojarasca y restos de poda en las parcelas agroforestales, compost biodinámico en las agrobiológicas y abono orgánico (gallinaza) en las locales, según Chavarría (2010) la materia orgánica (Tabla 29) disminuye la densidad aparente y por esta razón tampoco se observa problemas respecto al crecimiento radicular de las plantas lo que fue corroborado en el estudio de la capa arable del suelo.

Así también estos resultados muestran que a pesar de que en las parcelas agrobiológicas y locales se utiliza tractor (arado de discos) para la labranza del suelo, esto no ha ocasionado la compactación del suelo debido a que este método de labranza es complementada con otros métodos de labranza conservacionistas como el actisol en el caso de las parcelas agrobiológicas y arado con yuntas en el caso de las locales.

4.3.1.4 Porosidad

La compactación provoca la modificación del volumen de poros del suelo que afecta, en mayor o menor medida, el desarrollo del cultivo. De este indicador dependen tanto los fenómenos de transferencia de calor, gases, agua y solutos, como las propiedades mecánicas de resistencia a la penetración y a la rotura (CERISOLA *et al.* 2005).

La siguiente tabla indica los resultados obtenidos respecto a la porosidad del suelo.

Tabla 18: Resultados de la medición de la porosidad

Sistema de producción	Parcelas	Porosidad	Valores de referencia
		----%----	
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	49,61	
	Balderrama 12F-N	45,42	
	Valenzuela 4G-S	50,00	< 30 Muy baja 30 – 40 Baja
Agroforestal	SAF Frutales	47,92	40 – 50 Media 50 – 60 Alta
	SAF Olivo	46,72	> 60 Muy alta
	Olivo-Tagasastes	49,25	
	SAF Testigo	51,09	Fuente: Flores & Martínez s/a
	Papelina-Clavel	42,46	
Local	Vaina-Arveja	47,08	
	Claveles	49,07	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

De acuerdo a los resultados obtenidos nueve de las diez parcelas de estudio presentan una porosidad media (40-50) (DE LA ROSA 2008:202) lo cual es bueno puesto que según Azero (2011), los suelos de textura media (franco) con buena agregación presentan un espacio poroso de alrededor del 50 % adecuado para el desarrollo de los organismos.

Como se señaló anteriormente, la aplicación de métodos de labranza conservacionistas como el actisol en las parcelas agrobiológicas y yuntas en las locales, de alguna manera a evitado la compactación del suelo. A esto se debe añadir el aporte de materia orgánica, ya que según Flores & Alcalá (s/a) la porosidad del suelo depende de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, labranza, etc.

La parcela SAF Testigo es la que presenta la porosidad más elevada (51,09) en relación a las demás, esto posiblemente sea debido a que este suelo nunca fue arado y conserva sus características originales.

4.3.1.5 Agua del suelo

El agua es uno de los constituyentes más variables del suelo, cada suelo tiene diferente capacidad de retención de agua (AZERO 2011).

Los resultados de este indicador son expresados en la siguiente tabla:

Tabla 19: Resultados de la medición de agua en el suelo

Sistema de producción	Parcelas	Textura	CC	PMP	Agua Disp.
				-----%-----	
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	F	21,61	9,94	11,7
	Balderrama 12F-N	FY	21,7	11,67	10,03
	Valenzuela 4G-S	FYL	25,71	11,06	14,63
Agroforestal	SAF Frutales	FYA	19,06	9,08	9,97
	SAF Olivo	F	18,48	9,36	9,1
	Olivo-Tagasastes	FA	19,45	10,02	9,43
	SAF Testigo	F	22,69	10,08	12,6
Local	Papelina-Clavel	F	16,23	7,42	8,83
	Vaina-Arveja	F	18,53	9,43	9,1
	Claveles	F	19,82	7,7	12,13

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

Es muy importante analizar el contenido de agua disponible debido a que es la parte del agua del suelo que puede ser absorbida por las raíces, y depende principalmente de la textura del suelo (PLASTER 2000:62). Un suelo con textura franca presenta valores de agua disponible de 10 % a 14 % (Anexo 7). De acuerdo a los resultados obtenidos tres parcelas (AGB1, AGF4 y LOC3) de las seis con textura franca están dentro este rango,

las parcelas cuyos valores no están dentro el rango son: AGF2, LOC1 y LOC2 lo cual muestra que las plantas tienen menor cantidad de agua para absorber (AZERO 2011). La razón de esto podría estar relacionado con la ausencia de riego en AGF2 y el menor contenido de materia orgánica en LOC1 y LOC2; ya que según Plaster (2000) la materia orgánica incrementa la cantidad de agua disponible en el suelo.

Los valores referenciales de agua disponible en suelos con textura franco arcillosa fluctúan entre 12 a 16 % esto según los valores de interpretación proporcionados por el Laboratorio de Suelos y Aguas UMSS (Anexo 7), de las tres parcelas con este tipo de textura, la única cuyo valor se encuentra dentro este rango es AGB3, los valores de AGB2 y AGF1 no están dentro el mismo, y la razón podría relacionarse con el contenido de materia orgánica en el caso de la primera y por la ausencia de riego en la segunda.

En el caso de suelos con textura franco arenosa los valores de agua disponible están entre 6 y 10 % (Anexo 7) de acuerdo a los resultados, la parcela AGF3 tiene 9,43 % de agua disponible y no es un problema para la absorción de agua por las plantas.

Según Plaster (2000) los suelos con textura franca como es el caso, tienen la más alta capacidad de retención de agua disponible, pero este indicador depende también del contenido de materia orgánica del suelo y del aporte de agua al mismo (riego y lluvia), es por eso que se presentaron diferencias entre las parcelas.

Según los resultados del análisis estadístico, los valores de agua disponible no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los sistemas de producción y entre los diferentes niveles de pendiente (Tabla 20).

Tabla 20: Prueba de efectos fijos para el porcentaje de agua disponible

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	14,5	0,99ns	0,3954
Pendiente	2	15	0,00ns	0,9991
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,32ns	0,8605

ns: No significativo a P: 0,05

4.3.1.6 Infiltración

Este indicador depende del tipo de suelo; de la estructura del suelo, o grado de agregación; y del contenido de agua en el suelo (USDA 1999).

La siguiente tabla muestra los resultados de la medición de la infiltración.

Tabla 21: Resultados de la medición de la infiltración

Parcela	Infiltración	Clases de infiltración	Valores de referencia
----cm/h----			
Munaypata	38,74	Rápido	>50,80 Muy rápido
Balderrama	2,67	Moderadamente lento	15,24-50,80 Rápido
Valenzuela	8,63	Moderado	50,80-15,24 Moderadamente rápido
SAF Frutales	148,41	Muy rápido	15,24-5,08 Moderado
SAF Olivo	98,5	Muy rápido	5,08-1,52 Moderadamente lento
Olivo- tagasastes	116,11	Muy rápido	1,52-0,51 Lento
Papelina-Claveles	57,81	Muy rápido	0,51-0,0038 Muy lento
Vaina-Arveja	16,9	Moderadamente rápido	<0,0038 Impermeable
Claveles	31,05	Moderadamente rápido	Fuente: USDA 1999

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra que las velocidades de infiltración en las parcelas varían de moderadamente lento a muy rápido, de manera general esto no representa un problema debido a que el agua no penetra lentamente y por lo tanto no se producirá anegamientos

en los terrenos planos (AZERO 2011), estos resultados son coherentes puesto que casi todas las parcelas presentaron buena porosidad.

El hecho de que en las parcelas agroforestales la velocidad de infiltración sea muy rápida puede estar influenciado por efecto de las raíces de los árboles y por el alto contenido de materia orgánica (USDA 1999).

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico, los valores de la infiltración no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los sistemas de producción y entre los diferentes niveles de pendiente (Tabla 22).

Tabla 22: Prueba de efectos fijos para la infiltración

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	1	12,22ns	0,1982
Pendiente	2	15	0,62ns	0,5504
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	1,21ns	0,3488

ns: No significativo a $P: 0,05$

4.3.2 Evaluación química del suelo

Los indicadores químicos que se analizaron son el pH, conductividad eléctrica, cationes intercambiables, total de bases intercambiables, CIC, saturación de bases, MO, nitrógeno total y fósforo disponible (Anexo 5), los resultados de los mismos serán analizados a continuación:

4.3.2.1 pH

El pH afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo (USDA 1999).

Los resultados de este indicador en los suelos del sistema agrobiológico, agroforestal y local son expresados en la siguiente tabla:

Tabla 23: Resultados de la medición del pH

Parcelas	pH	Clasificación	Valores de referencia
Munaypata 18 A/4	6,1	Débilmente ácido	7,6-8,0 Moderadamente alcalino
Balderrama 12F-N	6,4	Débilmente ácido	
Valenzuela 4G-S	6,5	Débilmente ácido	7,1-7,5 Débilmente alcalino
SAF Frutales	5,1	Fuertemente ácido	6,6-7,0 Neutro
SAF Olivo	5,3	Moderadamente ácido	6,0-6,5 Débilmente ácido
Olivo-Tagasastes	5,9	Moderadamente ácido	5,3-5,9 Moderadamente ácido
SAF Testigo	5,5	Moderadamente ácido	4,5-5,2 Fuertemente ácido
Papelina-Clavel	6,1	Débilmente ácido	< 4,5 Muy fuertemente ácido
Vaina-Arveja	6,3	Débilmente ácido	Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”
Claveles	6,4	Débilmente ácido	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

Valores de pH entre 6,0 y 7,5 son óptimos para la disponibilidad de nutrientes para la mayoría de las plantas (DE LA ROSA 2008:206) y es el mejor rango para la mayoría de los cultivos (PLASTER 2000:172) de acuerdo a los resultados de la tabla anterior el pH de las parcelas agrobiológicas y locales se encuentra dentro este rango y presentan una condición óptima para el crecimiento de los cultivos.

De acuerdo a la revisión de literatura la aplicación de fertilizantes químicos de forma intensiva contribuye a disminuir el pH del suelo, pero esto no se ve reflejado en el caso de las parcelas locales debido a que no se aplican de manera intensiva los fertilizantes químicos y por las prácticas de manejo como rotación, labranza conservacionista (yuntas), aplicación de abono orgánico (gallinaza), etc.

En las parcelas agrobiológicas en el tiempo se ha producido un incremento en el pH del suelo, en el año 1998 se hizo el análisis de este indicador y las parcelas Munaypata 18 A/4, Balderrama 12F Norte y Valenzuela 4G Sud presentaron pHs de 6,0, 5,9 y 6,1

respectivamente, si se compara estos resultados con los actuales claramente se observa un ascenso del pH.

El análisis estadístico para el pH de los suelos se muestra a continuación.

Tabla 24: Prueba de efectos fijos para el pH

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	16,8	21,18*	< .0001
Pendiente	2	15	1,14ns	0,3470
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,64ns	0,6420

*: Significativo a P:0,05

ns: No significativo a P: 0,05

La tabla 24 muestra el análisis estadístico del pH, determinando que existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de producción ($p < 0,05$) esto puede ser corroborado en la tabla 25; no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los niveles de pendiente.

Tabla 25: Comparación de medias para el pH por sistema de producción

Sistema de producción	Media*
Agrobiológico	6,33 a
Agroforestal	5,43 b
Local	6,27 a

* Medias seguidas con letra diferente indican diferencias significativas a P: 0,05

La tabla 25 muestra que el modelo agrobiológico y manejo local no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a este indicador. Es el sistema agroforestal que es estadísticamente diferente a las demás, es probable que en este sistema los factores del cual depende el pH estén teniendo mayor influencia sobre el mismo.

Los sistemas agroforestales están ubicados al pie de la cordillera del Tunari, estos suelos por sus características geomorfológicas, no son aptos para la agricultura, son frágiles y por la pendiente estos terrenos son más vulnerables a la erosión, es por eso que

han sido recuperados para implementar especies forestales y lograr una producción frutícola.

Por lo anteriormente señalado es posible que por naturaleza estos suelos sean ácidos ya que según Rowell (1992) el pH depende de los factores formadores del suelo; material parental, clima, topografía, actividad biológica, manejo y tiempo.

La parcela SAF Frutales es la que presenta menor pH que las otras 5,1 (fuertemente ácido) es posible que en este caso el pH esté siendo influenciado por el material parental y por los residuos del bosque de pino ubicado en la parte superior y en lado este de la parcela, ya que según Rowell (1992), el pH es influenciado por la descomposición de residuos arbóreos y por el tipo material parental. En un estudio realizado por el mismo autor se comprobó que las especies coníferas dependiendo del tipo de material parental tienden a acidificar el suelo.

Sin embargo, los valores de pH en las cuatro parcelas agroforestales no tienen efectos negativos sobre el crecimiento de las plantas debido a que los mismos son mayores a 5. De acuerdo a Rowell a pH 4-5 se dan efectos dañinos que pueden ser compensados mediante Ca adicional pero no así a pH 3. Entre pH 5 y 8 el crecimiento de las plantas es satisfactorio.

4.3.2.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) indica la cantidad de sales presentes en el suelo (USDA 1999).

La siguiente tabla muestra el estado de este indicador en las diez parcelas de estudio.

Tabla 26: Resultados de la medición de la conductividad eléctrica

Sistema de producción	Parcelas	CE	Valores de referencia
-----mmhos/cm-----			
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	0,152	< 2 No salino
	Balderrama 12F-N	0,108	2,0-4,0 Ligeramente salino
	Valenzuela 4G-S	0,095	4,0-8,0 Moderadamente salino
Agroforestal	SAF Frutales	0,038	8,0-16,0 Fuertemente salino
	SAF Olivo	0,037	>16,0 Extremadamente salino
	Olivo-Tagasastes	0,062	
	SAF Testigo	0,046	
Local	Papelina-Clavel	0,067	Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”
	Vaina-Arveja	0,133	
	Claveles	0,085	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

En general todos los valores son menores a 2 mmhos/cm por tanto son suelos no salinos y son aceptables para el crecimiento de los cultivos en general (USDA 1999); (VILLARROEL 1988:7).

De acuerdo al historial (Anexo 3) las parcelas agrobiológicas y locales a pesar de que son sometidas continuamente a riegos periódicos esto no ha contribuido a la salinización del suelo.

Los resultados del análisis estadístico de la conductividad eléctrica se muestran a continuación (Tabla 27).

Tabla 27: Prueba de efectos fijos para la conductividad eléctrica

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	14,6	11,80*	0,0009
Pendiente	2	15	0,59ns	0,5649
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,18ns	0,9440

*: Significativo a P: 0,05

ns: No significativo a P: 0,05

Como muestra la tabla 27 los valores de conductividad eléctrica presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los sistema de producción lo que puede ser corroborado en la tabla 28, no existe diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los niveles de pendiente.

Tabla 28: Comparación de medias para la CE por sistema de producción

Sistema de producción	Media
Agrobiológico	0,118 b
Agroforestal	0,046 a
Local	0,095 a

* Medias seguidas con letra diferente indican diferencias significativas a P: 0,05

La tabla 28 muestra que el sistema agroforestal y el manejo local no tienen diferencias estadísticamente significativas; el modelo agrobiológico es estadísticamente diferente a las otras dos, y por eso es posible que las prácticas de manejo que se desarrollan en este sistema estén influenciando la conductividad eléctrica del suelo. Debido a que este indicador está más relacionado con el manejo y la calidad de agua de riego considerada como fuente principal del cloruro, boro y sodio causantes de la salinización del suelo (s/a GAT) podemos concluir que en las parcelas agrobiológicas el manejo y calidad del agua de riego (Figura 44) están teniendo mayor influencia sobre este indicador, aunque esto no representa un problema debido a que los suelos de estas parcelas no son salinas.

Figura 44. Riego de cultivo de acuerdo al modelo agrobiológico



4.3.2.3 Materia orgánica

La materia orgánica es un componente fundamental del suelo debido a que influye en la buena **estructura del mismo, incrementa la retención de agua, es la principal fuente de alimento para los microorganismos y proporciona una protección mecánica a la superficie (DE LA ROSA 2008:212).**

La siguiente tabla muestra los resultados de este indicador en el suelo de las diez parcelas de estudio.

Tabla 29: Resultados de la medición de la materia orgánica

Sistema de producción	Parcelas	MO	Clasificación	Valores de referencia
		----%----		
	Munaypata 18 A/4	3,98	Moderado	
Agrobiológico	Balderrama 12F-N	2,77	Moderado	0-1 Muy bajo
	Valenzuela 4G-S	2,81	Moderado	1-2 Bajo
	SAF Frutales	4,34	Alto	2-4 Moderado
Agroforestal	SAF Olivo	4,57	Alto	4-8 Alto
	Olivo-Tagasastes	4,47	Alto	>8 Muy alto
	SAF Testigo	2,9	Moderado	Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”
	Papelina-Clavel	2,46	Moderado	
Local	Vaina-Arveja	3,03	Moderado	
	Claveles	3,08	Moderado	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

Los resultados de la tabla previa indican que el contenido de materia orgánica (MO) es óptima en todas las parcelas, algo interesante que reflejan estos resultados es que las parcelas agroforestales son las que tienen mayor contenido de MO esto posiblemente debido a que estos suelos siempre están cubiertos con rastrojo (mulch) (Figura 45) y la materia orgánica es incorporada al suelo desde la superficie (hojas caídas de los árboles) (HODGSON 1987:44), otro factor que puede influir en estos resultados es que los árboles son fijadoras de carbono y por ende de MO, y estas parcelas no son objeto de explotación agrícola como las agrobiológicas y locales, es decir, que desde su implementación no han sido aradas nuevamente, ya que el arado de vertedera acelera la oxidación del humus (PLASTER 2000:136).

Figura 45. Disposición de rastrojo en la parcela Olivo-Tagasastes



Es importante mencionar que en el año 1998 se hizo un análisis del contenido de materia orgánica en las parcelas de estudio AGB1, AGB2 y AGB3 y dieron como resultado 2,33, 1,04 y 2,99 respectivamente, si comparamos estos resultados con los actuales se puede establecer que hay un incremento en el contenido de MO.

En el caso de las parcelas locales el contenido materia orgánica también es óptimo debido a que igual que en las agrobiológicas se practica la rotación de cultivos y se aplica abono orgánico (gallinaza) (Figura 46), mejora el contenido de MO en el suelo. Hacer una rotación de cultivos, con cereales pequeños y especies leguminosas (alfalfa, trébol, etc.) reduce la pérdida de MO (PLASTER 2000:138).

Figura 46. Abono orgánico (gallinaza) aplicado



Los resultados del análisis estadístico de este indicador se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 30: Prueba de efectos fijos para la materia orgánica

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	16,8	8,48*	0,0028
Pendiente	2	15	1,21ns	0,3255
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	1,75ns	0,1914

*: Significativo a P: 0,05

ns: No significativo a P: 0,05

Como se observa en la tabla 30 el valor de materia orgánica presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas de producción esto puede ser corroborado en la tabla 31, en cuanto a los valores de este indicador en los niveles de pendiente (alto, medio, bajo) no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 31: Comparación de medias para la MO por sistema de producción

Sistema de producción	Media
Agrobiológico	3,19 a
Agroforestal	4,46 a
Local	2,86 b

* Medias seguidas con letra diferente indican diferencias significativas a P: 0,05

La tabla 31 muestra que los sistemas agroforestales y el modelo agrobiológico no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto al contenido de MO en el suelo, es decir que las prácticas empleadas en ambos sistemas están teniendo una similar incidencia en el contenido de este indicador, ya que en el caso de las parcelas agroforestales se da una incorporación constante de rastrojo (residuos de poda) (Tabla 8) y esto, además, de la labranza cero contribuye a mantener niveles altos de MO (CORBELL & FERNÁNDEZ s/a) y en el caso de las parcelas agrobiológicas se da la incorporación de compost biodinámico (Tabla 8, 9 y 10) que combinado con la incorporación de otros materiales orgánicos (marlos de maíz y residuos de cultivo) (Figura 47) contribuyen a mejorar el contenido de MO en el suelo y por ende la productividad y sostenibilidad de los agroecosistemas (MELÉNDEZ & SOTO 2003).

Figura 47. Incorporación de marlos de maíz y residuos de cultivo



Si bien los valores de MO en los tres sistemas productivos están dentro el rango moderado, el manejo local presentan diferencias estadísticamente significativas en relación al modelo agrobiológico y al sistema agroforestal, esto puede ser atribuida a la escasa cobertura vegetal y a la aplicación de fertilizantes químicos sintéticos y plaguicidas en el suelo, lo que no sucede en los sistemas agroecológicos anteriormente mencionados.

4.3.2.4 *Fósforo disponible*

El contenido de fósforo total en los suelos agrícolas es muy variable (VILLARROEL 1988:22), los resultados de este indicador se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 32: Resultados de la medición del fósforo disponible

Sistema de producción	Parcelas	Fósforo disponible	Clasificación	Valores de referencia
-----ppm-----				
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	38,8	Muy alto	
	Balderrama 12F-N	86,2	Muy alto	< 3 Muy bajo
	Valenzuela 4G-S	12,5	Moderado	3-7 Bajo
Agroforestal	SAF Frutales	29,4	Alto	7-20 Moderado
	SAF Olivo	29,4	Alto	20-30 Alto
	Olivo-Tagasastes	29,5	Alto	>30 Muy alto
	SAF Testigo	71,2	Muy alto	
Local	Papelina-Clavel	41,5	Muy alto	Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”
	Vaina-Arveja	61,9	Muy alto	
	Claveles	57,3	Muy alto	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

Los resultados de esta tabla indican que la cantidad de fósforo disponible para las plantas en la mayoría de las parcelas es óptima, aunque la parcela Valenzuela 4G sud es la que menos cantidad de fósforo disponible tiene, puede que ésta parcela tenga gran cantidad de fosfato pero que no está disponible para las plantas (PLASTER 2000:197), otras posibles razones de esto podrían ser la remoción de fósforo por la planta en la cosecha, la erosión de las partículas que arrastran fósforo y el fósforo disuelto en el agua de escurrimiento superficial, estas son las principales vías de pérdida de fósforo del suelo (SANZANO s/a).

El hecho de que las parcelas locales (LOC1, LOC2 y LOC3), las parcelas agrobiológicas (AGB1 y AGB2) y las parcelas agroforestales (AGF1, AGF2 y AGF3) tengan un alto contenido de fósforo disponible podría ser atribuida al retorno de residuos (SANZANO s/a).

En las parcelas agrobiológicas se practica la rotación de cultivos y se incorpora al suelo residuos de cosecha y compost biodinámico. Para la elaboración del compost se utiliza roca fosfórica, residuos vegetales (pastos, ramas, hoja, residuos de cultivo como la chala) y estiércol de vaca aunque en algunos casos se utiliza gallinaza (SÁNCHEZ 2012, *Com. Pers.*).

En el caso de las parcelas agroforestales se incorpora al suelo residuos de poda, hojarasca, pasto cortado, y el mismo siempre cuenta con cobertura vegetal (mulch, especies frutales, forestales, nativas, etc.).

En el caso de las parcelas locales se practica la rotación de cultivos y se incorpora al suelo abono orgánico no compostado que es el estiércol de gallina o gallinaza.

De manera general el contenido de fósforo disponible en las parcelas de estudio es óptimo en este sentido el crecimiento de las plantas será bueno, con una floración y fructificación satisfactoria (PLASTER 2000:197).

De acuerdo al análisis estadístico, los valores de fósforo en los sistemas de producción estadísticamente no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$), es decir, que las prácticas agrícolas que se desarrollan en estos tres sistemas tienen una incidencia similar en el contenido de fósforo disponible del suelo, así mismo, los valores de este indicador no se ve influenciado por los niveles de pendiente (alto, medio, bajo) (Tabla 33).

Tabla 33: Prueba de efectos fijos para el fósforo disponible

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	17,8	2,33ns	0,1262
Pendiente	2	15	2,88ns	0,0872
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	1,97ns	0,1507

ns: No significativo a $P: 0,05$

4.3.2.5 **Nitrógeno total**

Las formas minerales de este indicador en el suelo provienen generalmente de la descomposición de los residuos orgánicos de nitrógeno, materiales frescos orgánicos,

abonos orgánicos, humus etc. (CALDERON 1999). Los resultados de este indicador son expresados en la siguiente tabla:

Tabla 34: Resultados de la medición de nitrógeno total

Sistema de producción	Parcelas	MO	N total	Clasificación	Valores de referencia
-----%-----					
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	3,98	0,215	Alto	
	Balderrama 12F-N	2,77	0,135	Moderado	
	Valenzuela 4G-S	2,81	0,163	Moderado	< 0,050 Muy bajo
Agroforestal	SAF Frutales	4,34	0,168	Moderado	0,05-0,100 Bajo
	SAF Olivo	4,57	0,177	Moderado	0,10-0,20 Moderado
	Olivo-Tagasastes	4,47	0,177	Moderado	0,20-0,40 Alto
	SAF Testigo	2,9	0,145	Moderado	> 0,40 Muy alto
Local	Papelina-Clavel	2,46	0,129	Moderado	Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”
	Vaina-Arveja	3,03	0,162	Moderado	
	Claveles	3,08	0,151	Moderado	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

Del 97 al 99 % por ciento del nitrógeno (N) del suelo se encuentra en la materia orgánica, almacén de nitrógeno del suelo (PLASTER 2000:195), la tabla 34 muestra una estrecha relación entre el nitrógeno total y la materia orgánica las parcelas con un contenido mayor de la misma presentan mayor contenido de nitrógeno total como es el caso de las parcelas agroforestales (AGF1, AGF2 y AGF3), cabe destacar que la parcela testigo (AGF4) con una edad de 2 años posee menor contenido de MO y N comparando con las otras agroforestales de 10 años edad.

El contenido de nitrógeno en las parcelas de estudio no presentan diferencias significativas puesto que todas ellas tienen un contenido moderado excepto la parcela Munaypata 18 A/4 cuyo contenido es alto, la razón podría ser el cultivo de alfalfa

durante varios años y el aporte de compost biodinámico que fue superior a las demás, esto de acuerdo al historial (Anexo 3).

Si se compara el contenido de nitrógeno de la parcela SAF Testigo (0,145) con la parcela Balderrama 12F norte (0,135) y la parcela Papelina-Clavel (0,129), claramente se ve que la parcela SAF testigo presenta mayor contenido de nitrógeno que éstas a pesar de que en la primera se haya aplicado compost biodinámico con preparados biodinámicos y en la segunda gallinaza con fertilizantes nitrogenados, la razón de esto podría estar relacionado con que la SAF Testigo tiene vegetación permanente, el suelo permanece cubierto sin que se exporte biomasa formada y no es labrada, este tipo de suelos mantiene mayores reservas de nitrógeno que cuando se implanta un cultivo y por eso en parcelas con cultivo, se hace necesario suministrar nitrógeno para que el suelo no disminuya su fertilidad y capacidad productiva (ARZOLA s/a)

Pero de manera general no se observa deficiencia de nitrógeno en las parcelas y por tanto la fertilidad del suelo es buena y el crecimiento de las plantas será óptimo.

Según el análisis estadístico, los valores de nitrógeno en los sistemas de producción no presentan diferencias estadísticamente significativos ($p > 0,05$), es decir, que las prácticas de manejo que se dan en los tres sistemas tienen una influencia similar sobre el contenido de este indicador en el suelo, en relación a los niveles de pendiente el valor de este indicador no se ve influenciado por este factor (Tabla 35).

Tabla 35: Prueba de efectos fijos para el nitrógeno total

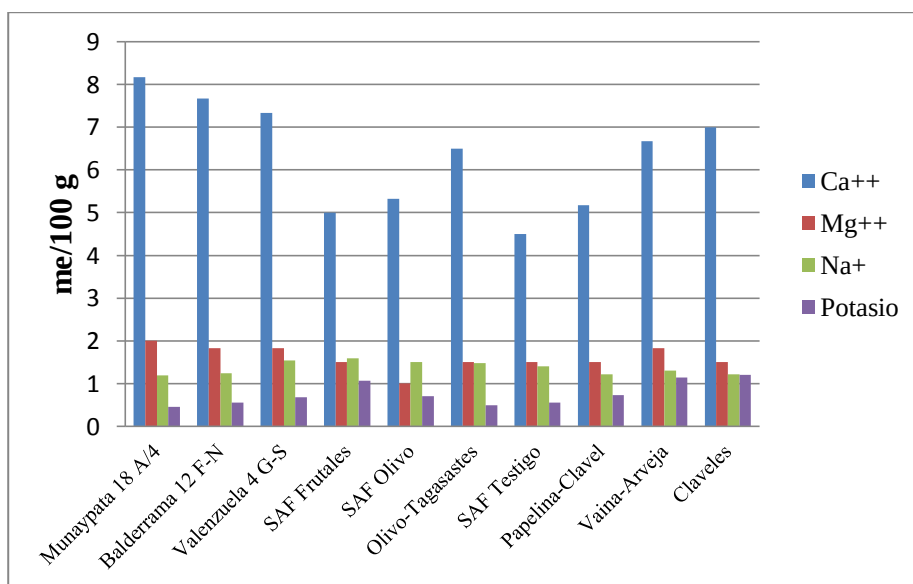
Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	4,24	2,34ns	0,2062
Pendiente	2	15	0,51ns	0,6088
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,23ns	0,9193

ns: No significativo a P: 0,05

4.3.2.6 Cationes intercambiables

Los resultados obtenidos de la medición de cationes intercambiables son expresados en la siguiente figura:

Figura 48. Cantidad de cationes intercambiables en las parcelas de estudio



Esta figura muestra que las parcelas con mayor contenido de Ca son las agrobiológicas, seguidas de las locales y las agroforestales aunque el contenido de **Ca en las parcelas varía de bajo (2,0-5,0) a moderado (5,0-10,0)** (VILLARROEL 1988:30) todas las parcelas están dentro el rango de moderado excepto la SAF Testigo cuyo contenido de Ca es bajo la razón de esto podría ser que se produjo la lixiviación de este macronutriente ya que según Vázquez (2010) la lixiviación de Ca en suelos de regiones templadas es del orden de 200-300 kg ha⁻¹ año⁻¹.

Los resultados del análisis estadístico del calcio son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 36: Prueba de efectos fijos para el calcio

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	18	13,14*	0,0003
Pendiente	2	15	1,48 ns	0,2591
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,36 ns	0,8347

*: Significativo a P: 0,05

ns: No significativo a P: 0,05

La tabla 36 muestra que el valor de calcio presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas de producción esto puede ser corroborado en la tabla 37, en cuanto al valor de este indicador en los niveles de pendiente (alto, medio, bajo) no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 37: Comparación de medias para el Ca por sistema de producción

Sistema de producción	Media
Agrobiológico	7,72 b
Agroforestal	5,61 a
Local	6,28 a

* Medias seguidas con letra diferente indican diferencias significativas a P: 0,05

La tabla 37 muestra que los sistemas agroforestales y el manejo local no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto al contenido de Ca en el suelo, lo contrario sucede con el sistema agrobiológico que presenta diferencias estadísticamente significativas en relación a los otros dos sistemas, es posible que sus prácticas de manejo estén teniendo mayor influencia sobre este indicador. Además, de la aplicación de los preparados biodinámicos señalados en el historial (Tabla 5, 6 y 7) se aplican al compost otros preparados biodinámicos que son el 505 (corteza de roble) y 503 (manzanilla) que aportan calcio al suelo (SÁNCHEZ 2012, *Com. Pers.*).

De acuerdo a la figura 49, el contenido de Mg en las parcelas de estudio es similar, los valores **varían de bajo (0,5-1,5) a moderado (1,5-4,0)** (Anexo 7). Todas las parcelas presentan un contenido moderado excepto la parcela SAF Olivo cuyo contenido es bajo (1,0) la razón de esto podría estar relacionado con la riqueza del material parental ya que

según Vázquez (2010) el contenido de Mg como del Ca depende de la riqueza del material parental y el grado de meteorización sufrido por los mismos.

De acuerdo al análisis estadístico, los valores de magnesio en los sistemas de producción no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), la pendiente no influye en el contenido de magnesio en las parcelas de estudio (Tabla 38).

Tabla 38: Prueba de efectos fijos para el magnesio

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	18	2,27 ns	0,1318
Pendiente	2	18	0,20 ns	0,8169
Sistemas de producción * Pendiente	4	18	0,53 ns	0,7124

ns: No significativo a P: 0,05

Respecto al contenido de sodio según Villarroel (1988:32) los valores de las diez parcelas de estudio están en el rango de alto (0,7-2,0) (Anexo 7). Pero actualmente, el parámetro utilizado para definir problemas de sodicidad es la relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación de suelo (RAS), los suelos sódicos deben poseer una RAS mayor a 13 (LAVADO 2010:22-23). Se define así:

$$RAS = \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{++} + Mg^{++}]}}$$

Los resultados del cálculo de la RAS en las parcelas de estudio son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 39: Resultados del cálculo de la RAS

Sistema de producción	Parcelas	RAS
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	0,37
	Balderrama 12F-N	0,40
	Valenzuela 4G-S	0,51
Agroforestal	SAF Frutales	0,62
	SAF Olivo	0,60
	Olivo-Tagasastes	0,52
	SAF Testigo	0,57
Local	Papelina-Clavel	0,47
	Vaina-Arveja	0,45
	Claveles	0,42

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de Na, Ca y Mg

De acuerdo a los resultados de la tabla 39, los suelos de las parcelas de estudio poseen una RAS menor a 13 por lo que éstos, no son suelos sódicos y el contenido de sodio no es suficiente para afectar de forma negativa a la producción de cultivos y a la estructura del suelo (LAVADO 2010:22).

Los resultados del análisis estadístico de este indicador son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 40: Prueba de efectos fijos para el sodio

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	9,6	4,56*	0,0405
Pendiente	2	15	0,55 ns	0,5859
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,68 ns	0,6186

*: Significativo a P: 0,05

ns: No significativo a P: 0,05

Como se observa en la tabla 40, el valor de sodio presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas de producción, esto puede ser corroborado en la tabla 41, en cuanto a los valores de este indicador en los niveles de pendiente (alto, medio, bajo) no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 41: Comparación de medias para el Na por sistema de producción

Sistema de producción	Media
Agrobiológico	1,32 a
Agroforestal	1,53 b
Local	1,25 ab

* Medias seguidas con letra diferente indican diferencias significativas a $P: 0,05$

La tabla 41 muestra que el manejo local no presenta diferencias estadísticamente significativas respecto a los otros dos sistemas productivos. Por otra parte, el modelo agrobiológico y los sistemas agroforestales presentan diferencias estadísticamente significativas, lo que podría estar relacionado principalmente con el manejo de agua de riego ya que el mismo influye en el contenido de este indicador, si esta agua contiene altos contenidos de iones sodio causa problemas de sodicidad del suelo (LENNTECH 2011) pero esto no es el caso ya que los suelos de estas parcelas no presentan este problema.

De acuerdo a los valores de interpretación del Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas” (Anexo 7) el contenido de potasio en las parcelas de estudio varía de moderado (0,4-0,75) a muy alto (0,76-1,0); todas las parcelas están dentro del rango moderado excepto la SAF Frutales, Vaina-Arveja y Claveles cuyo contenido es muy alto, la razón de esto podría estar relacionada con las características mineralógicas del suelo ya que según De las Mercedes (2010:361) la concentración de potasio intercambiable de los suelos está influenciado fuertemente por la cantidad y tipo de minerales arcillosos en los suelos.

Según el análisis estadístico, los valores de potasio no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los sistemas de producción, lo mismo

sucede en cuento al contenido de este indicador en los diferentes niveles de pendiente (alto, medio, bajo) (Tabla 42).

Tabla 42: Prueba de efectos fijos para el potasio

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	16,9	3,55ns	0,0517
Pendiente	2	15	1,62ns	0,2311
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,56ns	0,6957

*: Significativo a P: 0,05

ns: No significativo a P: 0,05

4.3.2.7 *Capacidad de intercambio catiónico*

Es la cantidad total de bases que puede retener un suelo, es decir, retener bases en forma intercambiable sobre las partículas de arcilla y el humus del suelo (DURÁN 2009:15).

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos respecto a este indicador.

Tabla 43: Resultados de la medición de CIC

Sistema de producción	Parcelas	CIC	Clasificación	Valores de referencia
---me/100 g---				
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	12,37	Moderado	
	Balderrama 12F-N	11,1	Bajo	< 5,0 Muy bajo
	Valenzuela 4G-S	10,97	Bajo	5,0-12,0 Bajo
Agroforestal	SAF Frutales	11,37	Bajo	12,0-25,0 Moderado
	SAF Olivo	11,57	Bajo	25,0-40,0 Alto
	Olivo-Tagasastes	10,33	Bajo	> 40 Muy alto
	SAF Testigo	9,3	Bajo	
Local	Papelina-Clavel	8,8	Bajo	Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas "Martín Cárdenas"
	Vaina-Arveja	10,8	Bajo	
	Claveles	10,6	Bajo	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas "Martín Cárdenas"

Estos resultados muestra que la capacidad de intercambio catiónico es baja en todas las parcelas y moderado en la parcela de Munaypata 18 A/4, la razón de esto podría ser la cantidad y calidad de materia orgánica y de arcilla ya que según De la Rosa (2008:2009) la **variación de este indicador de un suelo a otro depende de la cantidad y calidad de la materia orgánica y de la arcilla;** a pesar de que la parcela Balderrama tiene el más alto porcentaje de arcilla (30) que la de Munaypata (26) esta última tiene un contenido mayor de MO (3,98 %) que Balderrama (2,77 %) y **la materia orgánica es mucho más efectiva que la arcilla en generar capacidad de intercambio catiónico** (DE LA ROSA 2008:209).

De acuerdo a **esto resultados es posible que también se esté produciendo el lavado de nutrientes evitando su disponibilidad para las plantas, ya que según Durán (2009:209) a mayor capacidad de intercambio mayor fertilidad natural del suelo.**

Los resultados del análisis estadístico de este indicador son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 44: Prueba de efectos fijos para la capacidad de intercambio catiónico

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	18	12,91*	0,0003
Pendiente	2	15	0,95ns	0,4098
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,89ns	0,4912

*: Significativo a P: 0,05

ns: No significativo a P: 0,05

Como muestra la tabla 44, los valores de capacidad de intercambio catiónico presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas de producción, lo que puede ser corroborado en la tabla 45, pero esto no sucede con los valores de este indicador en los niveles de pendiente.

Tabla 45: Comparación de medias para la CIC por sistema de producción

Sistema de producción	Media
Agrobiológico	11,48 a
Agroforestal	11,09 a
Local	10,07 b

* Medias seguidas con letra diferente indican diferencias significativas a P: 0,05

En la tabla 45 se observa que el valor de CIC no varía significativamente entre el modelo agrobiológico y los sistemas agroforestales, es decir, que la incorporación de materia orgánica en el suelo (compost biodinámico, residuos de poda) están teniendo una incidencia similar en la CIC del suelo, debido a que como se señaló anteriormente la CIC del suelo está relacionada con la cantidad y calidad de MO.

El manejo local presenta una diferencia estadísticamente significativa en relación a los otros dos sistemas productivos, lo que significa que es posible que la incorporación de gallinaza y la aplicación de fertilizantes químicos y plaguicidas en el suelo estén influyendo en su CIC. Si analizamos los contenidos de MO del suelo (Tabla 29) se

puede ver que las parcelas locales en promedio son las que tienen menor contenido de MO y por ende presentan menor CIC.

4.3.2.8 Porcentaje de saturación de bases

Es el porcentaje de sitios de intercambio de cationes ocupados con bases intercambiables, que expresa la cantidad de “fertilidad potencial” del suelo (PLASTER 2000:160).

Los resultados obtenidos sobre este indicador son expresados en la siguiente tabla:

Tabla 46: Resultados de la medición del porcentaje de saturación de bases

Sistema de producción	Parcelas	S.B.	Clasificación	Valores de referencia
---%---				
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	95,7	Muy alto	
	Balderrama 12F-N	100	Muy alto	<20 Muy bajo
	Valenzuela 4G-S	99,37	Muy alto	20-40 Bajo
Agroforestal	SAF Frutales	80,63	Muy alto	40-60 Moderado
	SAF Olivo	73,37	Alto	60-80 Alto
	Olivo-Tagasastes	96,6	Muy alto	80-100 Muy alto
	SAF Testigo	85,8	Muy alto	
Local	Papelina-Clavel	97,7	Muy alto	Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas UMSS
	Vaina-Arveja	100,93	Muy alto	
	Claveles	100,5	Muy alto	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas “Martín Cárdenas”

Los resultados de esta tabla nos indican que de manera general todas las parcelas tienen un buen porcentaje de saturación de bases, debido a que la mayoría de los cultivos tienen un mejor crecimiento a una saturación de base del 80 % o más (PLASTER 200:160).

Los resultados del análisis estadístico respecto a este indicador son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 47: Prueba de efectos fijos para el porcentaje de saturación de bases

Fuente variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F	Pr > F
Sistema de producción	2	7,63	5,79*	0,0296
Pendiente	2	15	0,47ns	0,6365
Sistemas de producción * Pendiente	4	15	0,29ns	0,8795

*: Significativo a P: 0,05

ns: No significativo a P: 0,05

La tabla 47 muestra que los valores del porcentaje de saturación de bases (PSB) presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas de producción y esto puede ser corroborado en la tabla 48, en cuanto a los valores de este indicador en los niveles de pendiente (alto, medio, bajo) no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 48: Comparación de medias para el PSB por sistema de producción

Sistema de producción	Media
Agrobiológico	98,36 a
Agroforestal	83,53 b
Local	99,71 a

* Medias seguidas con letra diferente indican diferencias significativas a P: 0,05

Como se observa en la tabla 48, el valor del porcentaje de saturación de bases no varía significativamente entre el modelo agrobiológico y el manejo local, es decir, que el manejo del suelo en ambos sistemas de producción está influyendo de manera similar sobre este indicador.

En suelos de coloides similares como es el caso, existe una correlación entre el pH y el PSB del suelo, a medida que aumenta el pH también lo hace el PSB (FASSBENDER & BORNEMISZA 1994: 165), es por eso que si se observa los resultados de pH (Tabla 23), se ve que las parcelas agrobiológicas y locales tiene mayor pH que las parcelas agroforestales cuyo pH es más ácido, de ahí que estas últimas en promedio presentan un

valor de PSB diferente estadísticamente significativo que las parcelas de los otros dos sistemas productivos.

4.3.3 Evaluación biológica del suelo

En el suelo se presentan infinitas relaciones y formas de vida, desde la macrovida hasta la microvida: mamíferos, artrópodos, moluscos, lombrices, algas, amebas, hongos, actinomicetos, bacterias y raíces integran el suelo en gran parte (RESTREPO & PINHEIRO (2009:67).

Por lo tanto en la evaluación biológica del suelo se consideró el número de lombrices, la abundancia de bacterias, hongos, actinomicetos y se verificó la presencia de algunos artrópodos en el suelo (macrofauna).

4.3.3.1 Lombrices

De acuerdo a Restrepo & Pinheiro (2009:70) las lombrices constituyen uno de los más importantes grupos de animales dentro la macrofauna del suelo, ya que conforman los verdaderos intestinos del suelo orgánico. Las poblaciones de lombrices pueden variar con las características del sitio (disponibilidad de nutrientes y condiciones del suelo) y con la estación (USDA 1999).

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos en la medición de este indicador biológico:

Tabla 49: Resultados de la medición del número de lombrices

Sistema de manejo	Parcela	Nº de lombrices/m ²
Agrobiológicas	Munaypata 18 A/4	89
	Balderrama 12F-N	33
	Valenzuela 4G sud	22
Agroforestales	SAF Frutales	-
	SAF Olivo	-
	Olivo-Tagasastes	-
	Testigo	-
Locales	Papelina-Clavel	11
	Claveles	11
	Vaina-Arveja	100

- Ausencia

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados muestran que en las parcelas existe una variación en el número de lombrices, la parcela Vaina-Arveja seguida por Munaypata y Balderrama es la que presenta mayor número de lombrices (100). En las parcelas agroforestales no se encontraron lombrices la razón de esto podría ser la temperatura y la humedad del suelo. Según USDA (1999) la temperatura óptima para las lombrices oscila entre 10 °C y 20 °C el rango superior, letal, es de 25°C a 35°C, cuando se hizo el recuento de lombrices la temperatura del suelo era de 26 °C y estaba seco.

De acuerdo a Coyne (2000) en suelos agrícolas (parcelas agrobiológicas y locales) el número de lombrices puede variar de 100 a 200 por metro cuadrado o incluso menos, los resultados muestran valores inferiores a los mismos esto puede ser debido a la labranza ya que ésta elimina alrededor del 25% de la población de lombrices (CUTTY 1998 cit. por USDA 1999), al grado de humedad (riego) y al uso de pesticidas en el caso de las parcelas locales.

Sin embargo, las poblaciones de lombrices son altamente variables en el espacio y el tiempo, el rango puede abarcar desde menos de 10 a más de 10.000 individuos por metro cuadrado (CURRY 1998 cit. por USDA 1999).

4.3.3.2 *Análisis Microbiológico*

Según Restrepo & Pinheiro (2009:71) los microorganismos representan la mayor variedad de vida en la tierra y cumplen papeles únicos en todos los procesos ecológicos y energéticos que no pueden ser realizados por otro tipo de organismos.

El suelo es un ambiente muy apropiado para el desarrollo de los microorganismos tanto eucariotas (algas, hongos, protozoos) como procariotas (bacterias y arqueas). Todos estos contribuyen a las características propias del suelo por su papel en la modificación de las fases sólida, líquida y gaseosa. Así también, desempeñan funciones de gran importancia en relación con procesos de edafogénesis; ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, oxígeno, el azufre, el fósforo, el hierro y otros metales; fertilidad de las plantas y protección frente a patógenos; degradación de compuestos xenobióticos, etc. (AEET 2005).

Por lo anteriormente señalado, en el presente estudio se analizará la presencia de bacterias, hongos y actinomicetos (Anexo 6).

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos respecto al recuento de bacterias aerobias mesófilas en el suelo.

Tabla 50: Recuento de *Bacterias aerobias mesófilas* en suelo

Sistema	Parcela	<i>Bacterias aerobias mesófilas</i>	Valor máximo admisible
-----UFC/g-----			
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	68x10 ⁷	9x10 ¹⁰
	Balderrama 12F-N	14x10 ⁵	
	Valenzuela 4G-S	8x10 ⁷	
Agroforestal	SAF Frutales	25x10 ⁵	
	SAF Olivo	28x10 ⁸	
	Olivo-Tagasastes	15x10 ⁶	
	SAF Testigo	15x10 ⁴	
Local	Papelina-Clavel	7x10 ⁸	
	Vaina-Arveja	59x10 ⁶	
	Claveles	8x10 ⁴	

Fuente: Laboratorio de Endocrinología y Reproducción Humana S.R.L. Cochabamba

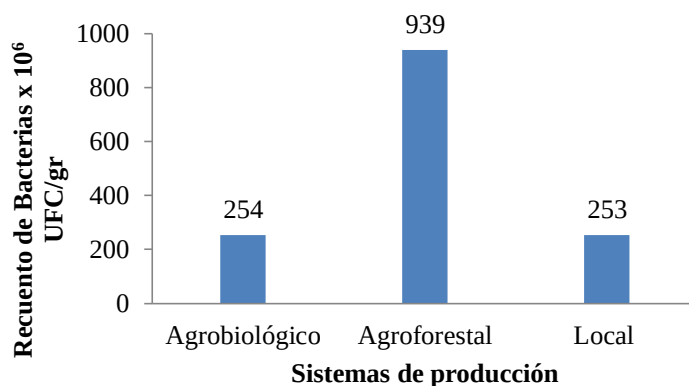
Los resultados de las diez parcelas de estudio no superan el valor máximo admisible y esto es un resultado positivo para la fertilidad del suelo, debido a que este indicador refleja la actividad biológica del suelo.

La tabla 50 muestra la variación del número de bacterias aerobias mesófilas en los suelos de estas parcelas, SAF Olivo es la que presenta mayor abundancia y Claveles menor abundancia; según Coyne (2000) **suelen existir más bacterias en los bosques que en las tierras de cultivo y es lo que expresan** estos resultados. Esto también puede ser corroborado en la figura 49 el cual muestra que los sistemas agroforestales tienen en promedio mayor número de bacterias aerobias mesófilas que el sistema agrobiológico y local.

La razón de esto podría estar **relacionada con el contenido de materia orgánica ya que en terrenos ricos en humus las bacterias** son numerosas, **y la incorporación de abonos**

vegetales o residuos de cultivo estimula el crecimiento microbiano (ALEXANDER 1981:33).

Figura 49. Promedio de bacterias aerobias mesófilas en los sistemas de producción



El gráfico 49 muestra que en promedio el sistema local tiene menor número de bacterias aunque este valor no se aleja del agrobiológico, la razón de esto podría ser la aplicación de fertilizantes químicos y plaguicidas. Según Romera (2004) la utilización excesiva de abonos químicos sintéticos y plaguicidas afecta la vida microbiana del suelo.

Algo interesante que también reflejan estos resultados es que en el caso de las parcelas agroforestales existe una recuperación en el tiempo respecto a la cantidad de bacterias aerobias mesófilas, y esto se ve comparando el valor de la parcela SAF Testigo de 2 años de edad frente al valor de las otras parcelas agroforestales de 10 años.

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos respecto a la presencia de mohos y levaduras en las parcelas de estudio.

Tabla 51: Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos) en los suelos

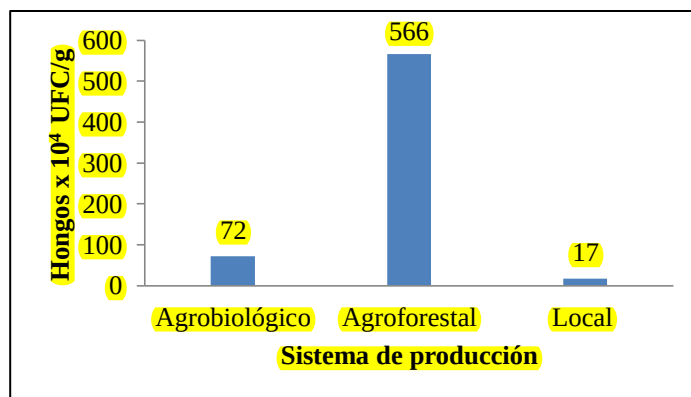
Sistema	Parcela	Hongos	Valores de referencia
----UFC/g----			
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	4x10 ³	2x10 ⁴ - 1x10 ⁷ Fuente: Coyne 2000
	Balderrama 12F-N	12x10 ⁴	
	Valenzuela 4G-S	6x10 ⁵	
Agroforestal	SAF Frutales	19x10 ⁴	
	SAF Olivo	15x10 ⁶	
	Olivo-Tagasastes	18x10 ⁵	
	SAF Testigo	16x10 ²	
Local	Papelina-Clavel	6x10 ⁴	
	Vaina-Arveja	5x10 ⁴	
	Claveles	4x10 ⁵	

Fuente: Laboratorio de Endocrinología y Reproducción Humana S.R.L. Cochabamba

Los resultados de la tabla 51 muestran que la cantidad de hongos en las parcelas de estudio está dentro el valor esperado, excepto en las parcelas Munaypata 18 A/4 y SAF Testigo la razón podría estar relacionado con la humedad que no es adecuada en caso del primero y con la baja incorporación de restos vegetales en caso del segundo, debido a que las principales influencias sobre la comunidad de hongos incluyen el estado de la materia orgánica, pH, fertilizantes orgánicos e inorgánicos, el nivel de humedad, aireación, temperatura y composición de la vegetación (ALEXANDER 1981:66).

En la figura 50 se muestran los valores promedio de hongos en los sistemas productivos.

Figura 50. Promedio de hongos en los sistemas de producción



Si bien los resultados obtenidos en la mayoría de las parcelas indican que el número de hongos están dentro los valores referenciales, la figura 50 muestra diferencias respecto a este indicador, el sistema agroforestal presenta en promedio mayor número de hongos seguida del sistema agrobiológico y local, esto puede estar relacionado con el manejo, ya que en el sistema agroforestal se da una incorporación continua de MO y no se utilizan fertilizantes químicos al igual que en el agrobiológico, pero en el manejo local se da la aplicación de estos fertilizantes lo que podría estar afectando la población de hongos.

Así también, al igual que en el caso de las bacterias, en los sistemas agroforestales en el tiempo se da una recuperación de la población de hongos, y esto se ve comparando el valor de la parcela SAF Testigo de 2 años de edad frente al valor de las otras parcelas agroforestales de 10 años de edad

Dentro el análisis se encontraron especies como: *Alternaria spp*, *Aspergillus spp*, *Cladosporium spp*, *Fusarium spp*, *Geotrichum spp*, *Mucor spp*, *Penicillium spp*, *Rizophus spp* y *Verticillum spp* de estas algunas especies de *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y otros géneros sintetizan sustancias que se asemejan a los constituyentes de la fracción orgánica del suelo (ALEXANDER 1981:80).

Sin embargo, según Alexander (1981:81), sólo una pequeña parte de los hongos que se desarrollan en el suelo tiene relación con enfermedades vegetales y, dentro los resultados obtenidos las especies patógenas de las plantas encontradas fueron: *Alternaria spp*,

Fusarium spp y *Verticillium spp*, todas las parcelas de estudio contienen al menos uno de estos organismos patógenos.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de coliformes y *pseudomona aeruginosa* encontradas en las diez parcelas de estudio.

Tabla 52: Recuento de Coliformes y Pseudomona aeruginosa en los suelos

Sistema	Parcela	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	<i>Pseudomona aeruginosa</i>
-----UFCg ⁻¹ -----				
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	4x10 ⁴	19x10 ²	-
	Balderrama 12F-N	19x10 ⁴	6x10 ²	-
	Valenzuela 4G-S	6x10 ⁵	5x10 ²	-
Agroforestal	SAF Frutales	21x10 ²	3x10 ¹	-
	SAF Olivo	12x10 ²	5x10 ²	-
	Olivo-Tagasastes	26x10 ³	1,5x10 ²	-
	SAF Testigo	39x10 ³	1,8x10 ²	-
Local	Papelina-Clavel	3x10 ⁵	2x10 ²	-
	Vaina-Arveja	7x10 ⁵	32x10 ²	-
	Claveles	15x10 ³	7x10 ²	-

- Ausencia

Fuente: Laboratorio de Endocrinología y Reproducción Humana S.R.L. Cochabamba

La tabla 52 muestra los resultados obtenidos respecto a los indicadores de contaminación fecal, el hecho de analizarlas está relacionada con la posibilidad de contaminación de la napa freática luego de una lluvia o riego intenso (DE LUCA *et al.* 2000).

La presencia de coliformes totales en el medio ambiente, por ejemplo, en el suelo y las plantas generalmente no causan problemas, pero la presencia de coliformes fecales en el suelo y el agua indica contaminación con excremento de seres humanos y animales, y

tiene el potencial de causar enfermedades, pero como no superan el valor de referencia de 10^3 UFCg^{-1} (USDA s/a en ROCHA 2009) no representa un problema.

Entre las especies de coliformes que se encontraron están *Citrobacter spp*, *Enterobacter spp*, *Escherichiacoli* y *Klebsiella spp*.

La ausencia de *Pseudomona aeruginosa* en los suelos, indica que estos suelos no están contaminados por este patógeno y por tanto no representa un riesgo para los seres humanos y para las plantas (DE LUCA *et al.* 2000).

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de actinomicetos encontrados en los suelos de las parcelas de estudio.

Tabla 53: Recuento de Actinomicetos en los suelos

Sistema	Parcela	Actinomicetos	Valor de referencia
-----UFC/g-----			
Agrobiológico	Munaypata 18 A/4	$3,4 \times 10^5$	$10^5 - 10^8$ Fuente: Coyne 2000
	Balderrama 12F-N	$2,7 \times 10^5$	
	Valenzuela 4G-S	$1,6 \times 10^4$	
Agroforestal	SAF Frutales	2×10^3	
	SAF Olivo	2×10^2	
	Olivo-Tagasastes	3×10^2	
	SAF Testigo	1×10^2	
Local	Papelina-Clavel	4×10^4	
	Vaina-Arveja	$1,9 \times 10^5$	
	Claveles	$2,1 \times 10^5$	

Fuente: Laboratorio de Endocrinología y Reproducción Humana S.R.L. Cochabamba

La tabla 53 indica que la cantidad de actinomicetos en dos de las parcelas agrobiológicas y locales están dentro los valores de referencia, pero esto no sucede en las parcelas

agroforestales ni en Munaypata 18 A/4 y Papelina-Clavel, la razón de esto podría estar relacionado con el pH, ya que según, Coyne (2000:93) los actinomicetos no toleran ambientes ácidos y estas parcelas son las que tienen menor pH (Tabla 23); para los actinomicetos, el status de materia orgánica, pH, humedad y temperatura son los determinantes ecológicos principales.

Los resultados en las parcelas restantes representan un buen indicador en cuanto a la calidad del suelo debido a que la mayoría de los actinomicetos son saprófitos y participan en la descomposición de algunos de los componentes resistentes de tejidos vegetales y animales (formación de humus) (ALEXANDER 1981:61).

Aunque algunas especies de actinomicetos provocan enfermedades de las plantas (roña de la papa y viruela del camote) y pueden ser patógenos humanos y animales, la mayoría de los actinomicetos suelen ser inofensivos para el suelo y algunos son particularmente beneficiosos (COYNE 2000:93).

4.3.3.3 *Macrofauna del suelo*

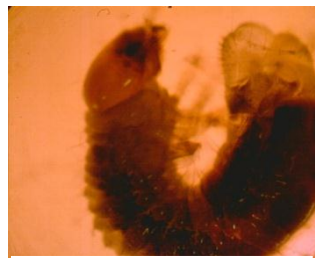
Dentro la macrofauna del suelo se analizó la presencia organismos (colémbolas, larvas de insectos, isópodos, coleópteros, etc.) en los tres sistemas de manejo agrobiológico, agroforestal y local.

Las especies encontradas en los sistemas productivos pueden ser observadas en las figuras 51, 52 y 53.

Figura 51. Especies de macrofauna encontradas en las parcelas agrobiológicas



Orden Coleóptera



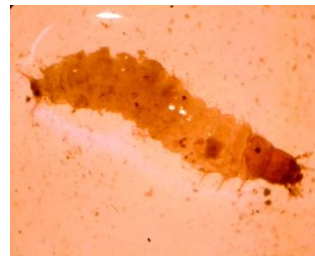
Larva de escarabajo



n/i *



Colémbola



n/i*



Pupa de Lepidóptera



Ácaro



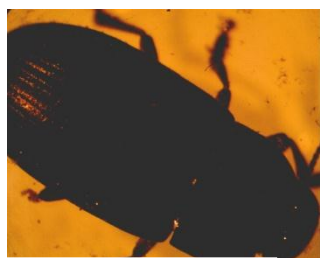
n/i*



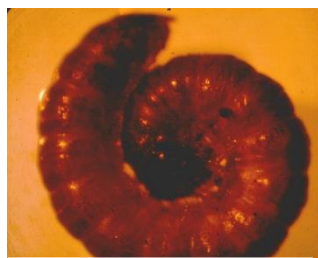
Flia. Tenebrioidae

* Organismo no identificado

Figura 52. Especies de macrofauna encontradas en las parcelas agroforestales



Larva de Lepidóptera



Orden Coleóptera



Orden Coleóptera



Larva de Escarabajo



Larva de Coleóptera



Larva de
Díptero



Araña



n/i*



n/i*

* Organismo no identificado

Figura 53. Especies de macrofauna encontradas en las parcelas locales



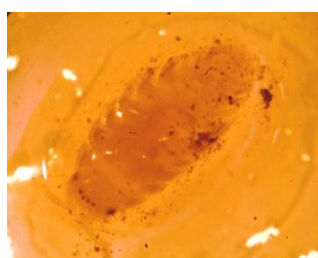
Orden Coleóptera



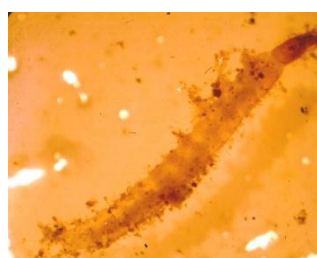
Ácaro



Flia. Tenebrioidae



Larva de Isópodo



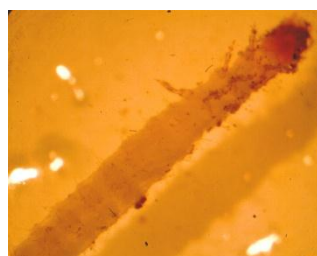
n/i*



Colémbolo



n/i*



n/i*



Isópodo



n/i/*

* Organismo no identificado

Las figuras 51, 52 y 53 muestran la diversidad de organismos presentes en los suelos del sistemas agrobiológico, agroforestal y local, entre las especies encontradas están las colémbolas, los ácaros, las especies del orden coleóptera, las especies de la familia tenebrioidae, las larvas de coleóptera, lepidóptera, díptero e isópodo y así también están presentes especies que no pudieron ser identificadas.

Estos invertebrados terrestres juegan un papel importante en la productividad de los agroecosistemas, no sólo como plagas o vectores de patógenos, sino también como benefactores por su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas (LAVELLE *et al.* 1994 cit. por BROWN 2001). Por ejemplo, los ácaros fragmentan la hojarasca, transportan esporas de hongos, mueven la materia orgánica por todo el suelo y sus heces (desechos) constituyen un hábitat de los microbios (COYNE 2000:43).

Respecto a los colémbolas si bien éstos no juegan un papel sustancial en la producción de los nutrientes de suelo, participan activamente en la fragmentación de la hojarasca (COYNE 2000:44).

Es probable que la degradación física y química del suelo, es decir, la pérdida de su estructura (por efecto de la erosión, sedimentación, disgregación o compactación) y fertilidad (materia orgánica, nutrientes), esté íntimamente relacionada con la disminución de las poblaciones de invertebrados clave de la macrofauna edáfica las cuales regulan el ciclo de la materia orgánica y la producción de estructuras físicas biogénicas (LAVELLE 2000 cit. Por BROWN 2001).

4.4 Cromatografía del suelo

En las siguientes figuras se muestran la cromatografía de suelos de las parcelas agrobiológico, agroforestales y locales.

Figura 54. Cromatografía de suelos de las parcelas agrobiológicas



Munaypata 18 A/4



Balderrama 12F norte



Valenzuela 4G sud

Figura 55. Cromatografía de suelos de las parcelas agroforestales



SAF Frutales



SAF Olivo

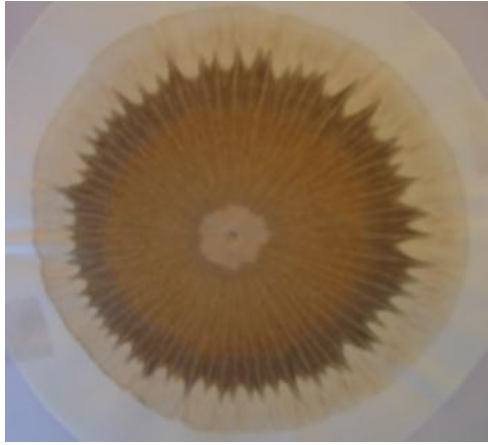


Olivo-Tagasastes



SAF Testigo

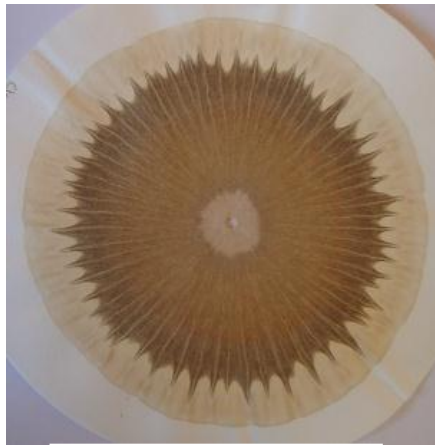
Figura 56. Cromatografía de suelos de las parcelas locales



Papelina-Clavel



Vaina-Arveja

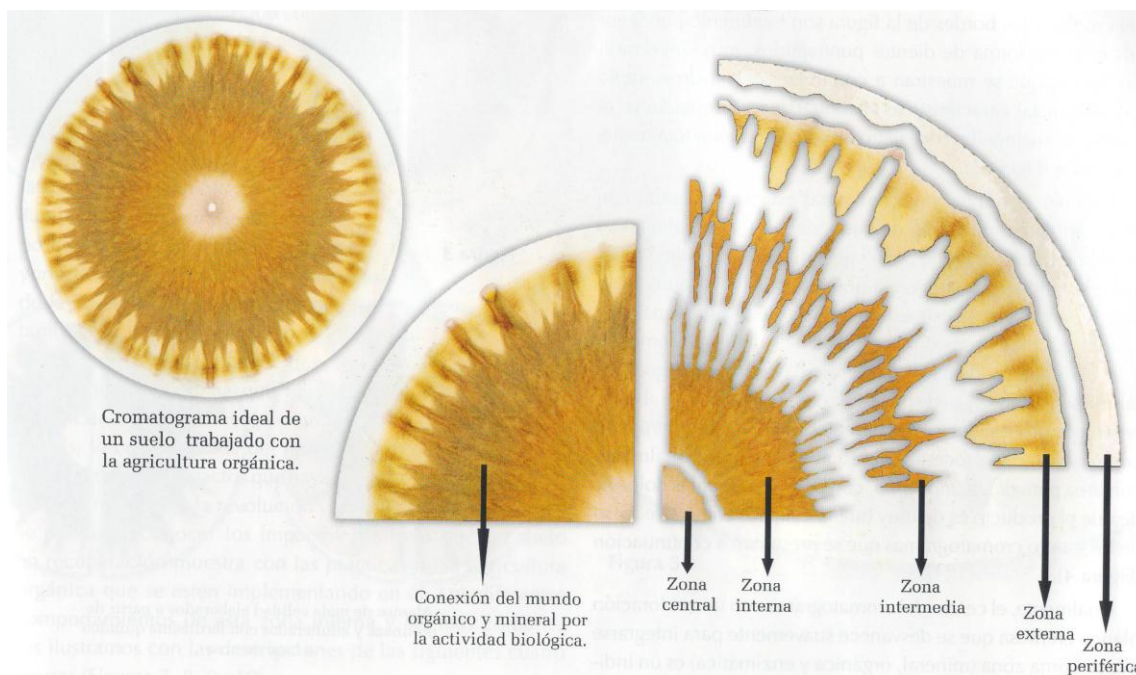


Claveles

Estas cromatografías reflejan de manera cualitativa los resultados obtenidos respecto a los indicadores, físicos, químicos y biológicos del suelo.

Para una mejor interpretación de las cromatografías es importante identificar las zonas que presenta una cromatografía ideal, que en este caso es de un suelo trabajado con la agricultura orgánica por más de 30 años.

Figura 57. Identificación de las zonas que integran una cromatografía ideal



Fuente: Restrepo & Pinheiro, 2009

Según Restrepo & Pinheiro (2009) la presencia de la **zona central** y su coloración cremosa (Figura 57), es un indicador de un buen suelo no compactado, de buena estructura con materia orgánica y con una óptima actividad microbiológica.

De acuerdo a los resultados de los cromatogramas se ve que todas las parcelas presentan esta zona central lo cual es un indicio de que son suelos no compactados de buena estructura, lo que fue corroborado en el análisis físico y de capa arable. Pero existe una variación en la coloración, las parcelas agroforestales presentan un coloración cremosa menos intensa que las parcelas agrobiológicas y locales cuyas tonalidades son más oscuras, esto es indicio del buen contenido de materia orgánica y de la actividad microbiológica de las mismas lo que coincide con los resultados del análisis químico y microbiológico.

Observando los cromatogramas podemos distinguir la **zona interna** llamada también zona mineral y está localizada después de la zona central del croma (Figura 57), esto es un aspecto positivo ya que todas las parcelas presentan esta zona y a pesar de no contar

con un análisis de minerales del suelo estos cromatogramas indican la presencia de minerales en estas parcelas. Cuando en las cromatografías no se distingue esta zona es un indicio de que son suelos arenoso, totalmente erosionado y pobres en minerales (RESTREPO & PINHEIRO (2009:61).

A continuación, se observa la zona intermedia llamada también zona de la materia orgánica que se localiza después de la zona mineral del cromatograma (Figura 57), la presencia de esta zona es un indicio del contenido de materia orgánica del suelo en las diez parcelas de estudio, esto se ve reflejado en los resultados obtenidos en el análisis de MO en el laboratorio.

Finalmente, se observa la zona externa llamada también zona enzimática o nutricional (Figura 57), la terminación irregular de las puntas que se integran con el borde en forma de nubecillas indican abundancia y variedad nutricional disponible para los cultivos (RESTREPO & PINHEIRO (2009:61). De acuerdo a los resultados obtenidos se observan diferencias entre las cromatografías de las parcelas agroforestales, agrobiológicas y locales. Las terminaciones de las puntas en los cromatografías agroforestales son irregulares y no son tan marcadas como en el caso de los agrobiológicos y locales, además esta zona está más expandida y pueden distinguirse claramente sus irregularidades, lo que demuestra mayor actividad enzimática y biológica en estos suelos, esto coincide con los resultados del análisis microbiológico.

La diferencia en la coloración de las cromatografías obtenidas y el ideal, podría estar relacionado con los años de manejo bajo la agricultura orgánica, si bien los suelos de estos tres sistemas productivos especialmente los agrobiológicos y agroforestales son manejados bajo los principios de la agricultura orgánica, los años bajo este tipo de manejo son inferiores a de la cromatografía ideal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Las parcelas Munaypata 18 A/4 y Balderrama 12F norte, muestran signos de erosión hídrica favorecida por la pendiente que presentan, esto se da principalmente cuando el suelo se encuentra desprovisto de cobertura vegetal, en la etapa de preparación del terreno para la siembra y en la etapa de crecimiento del cultivo. La parcela Valenzuela 4G sud presenta grietas en el lado este debido al desecamiento ocasionado por la mala nivelación de la parcela más que por la falta de riego. En las tres parcelas la densidad de la cobertura vegetal depende del tipo de cultivo.
- Las cuatro parcelas agroforestales cuentan con cobertura vegetal (mulch) cuya profundidad varía de acuerdo a la cantidad de rastrojo (residuos de poda) depositado en el terreno, por esta razón a pesar de la pendiente, las parcelas no presentan signos de erosión hídrica y eólica.
- Las parcelas con manejo local presentan signos de erosión hídrica ocasionada por el riego continuo (1 vez/semana), por la dirección de los surcos y por la falta de cobertura vegetal, este proceso es favorecido por la pendiente.
- Las parcelas agrobiológicas y agroforestales mostraron la presencia de hormigas y otros insectos, esto no sucedió en el caso de las parcelas locales, lo que podría estar relacionado con la aplicación de plaguicidas en el suelo.
- Los historiales de las parcelas Munaypata 18 A/4, Balderrama 12F norte y Valenzuela 4G sud muestran que se aplican dos tipos de labranza principales: arado de discos y actisol (labranza conservacionista), el cual se comenzó a utilizar desde el año 2006 en Munaypata y Valenzuela, y desde el año 2002 en Balderrama. Se practica la rotación de cultivo en el cual se incluyen cultivos principales como alfalfa, papa y maíz, y especies forrajeras como avena y vicia. La fertilización del suelo se la realiza mediante la aplicación de compost biodinámico y preparados biodinámicos y no se aplican plaguicidas ni fertilizantes químicos sintéticos.

- El historial de manejo de las parcelas agroforestales muestran que desde su implementación en el año 1999 no fueron aradas nuevamente. Para la fertilización del suelo se dispone todo el material podado sobre el mismo y alrededor de cada especie. No se practica la rotación de cultivos debido a que son sistemas agroforestales y el objetivo de su implementación es la recuperación de la fertilidad del suelo y la producción frutícola. No se aplican compost, plaguicidas y fertilizantes químicos.
- El historial de manejo de las parcelas locales muestra la aplicación de dos tipos de labranza arado de discos y arado con yuntas (labranza conservacionista). Se practica la rotación de cultivos en el cual se incluyen verduras (achoccha, vaina, arveja, lechuga, etc.) y flores (sarticia, papelina, clavel, etc.). Para la fertilización del suelo se utiliza gallinaza (abono orgánico) y se aplican fertilizantes químicos sintéticos. Para el control de plagas se utilizan plaguicidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc.).
- Los indicadores físicos como: textura, densidad aparente, porosidad, e infiltración son adecuados en los suelos de los tres sistemas productivos (agrobiológico, agroforestal y local); y de acuerdo al análisis estadístico no existen diferencias estadísticamente significativas entre estos sistemas respecto a los indicadores anteriormente mencionados.
- Los pHs de las parcelas agrobiológicas y locales son óptimas para el crecimiento de la mayoría de los cultivos y para el desarrollo de los microorganismos debido a que se encuentra dentro el rango 6,0-7,5. El sistema agroforestal presentan diferencias estadísticamente significativas en relación al sistema agrobiológico y local, lo que se ve reflejado en su menor pH.
- La acidez en la parcela SAF Frutales es posible que esté relacionado con el material parental y con la descomposición de los residuos del bosque de pino aledaño a la parcela. Los valores de pH de estas parcelas agroforestales no representa un problema para el crecimiento de las plantas debido a que de acuerdo a literatura hay un crecimiento satisfactorio a pH 5-8.

- El contenido de materia orgánica (MO) es óptima en las parcelas de los tres sistemas. El sistema agroforestal presentan diferencias estadísticamente significativas en relación a los otros dos, lo que se ve reflejado por su mayor contenido de MO, esto debido a que estos suelos siempre están cubiertos con rastrojo (mulch), la materia orgánica es incorporada desde la superficie (hojas caídas de los árboles), los árboles son fijadoras de carbono y por ende de MO, y por qué estas parcelas no son objeto de explotación agrícola como las parcelas agrobiológicas y locales.
- El contenido de fósforo disponible, nitrógeno total y potasio del suelo son adecuados en las parcelas de los tres sistemas. De acuerdo al análisis estadístico no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de manejo en relación a estos indicadores.
- Respecto a la CIC del suelo, el sistema local presenta diferencias estadísticamente significativas en relación a los otros dos sistemas productivos, lo que significa que es posible que la incorporación de gallinaza en el suelo esté influyendo de manera predominante en la CIC del suelo, ya que este indicador depende de la calidad y cantidad de MO.
- Los valores del porcentaje de saturación de bases (PSB) son altos en todas las parcelas de estudio se acuerdo al análisis estadístico se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de producción. El sistema agroforestal es estadísticamente diferente a las demás debido a su bajo pH que influye en el PSB, a menor pH menor PSB.
- El número de lombrices en las parcelas agrobiológicas y locales fue variable. La ausencia de lombrices en las parcelas agroforestales pudo estar influenciado por el grado de humedad del suelo.
- Si bien los valores del recuento de hongos y bacterias están dentro los valores referenciales en las parcelas de estudio, en promedio los sistemas agroforestales presentan mayor número de bacterias y hongos que el sistema agrobiológico y local.

- Los sistemas de manejo presentan una diversidad de microorganismos (macrofauna) en el suelo, lo que demuestra la actividad biológica de las mismas.
- Los cromatogramas de suelos del sistema agroforestal presentan diferencias respecto a los cromatogramas del sistema agrobiológico y local, puestos que sus zonas reflejan mayor actividad enzimática y mejor contenido de materia orgánica.

Recomendaciones

- Realizar un análisis de trazabilidad de plaguicidas en el suelo y el agua para conocer su impacto.
- En los sistemas agroforestales realizar la medición del pH y de los indicadores de calidad del suelo, a diferentes profundidades con el objetivo de conocer su variación a lo largo del perfil de suelo.
- Realizar un estudio profundo respecto al efecto del material parental y la descomposición de residuos del bosque de pino sobre el pH en la parcela SAF Frutales.
- Considerar la posibilidad de aplicar medidas correctoras para aumentar el pH en la SAF Frutales con el fin de evitar problemas de acidificación del suelo a largo plazo.
- Para estudios posteriores relacionados con el tema de esta investigación tomar parcelas testigos para cada sistema productivo, esto permitirá realizar una mejor comparación.
- A futuro realizar estudios de calidad del suelo en las parcelas de la presente investigación para conocer los cambios producidos en estos suelos y los efectos de las prácticas agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

AEET (Asociación Española de Ecología Terrestre)

2007 “Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad”, en
<<http://www.agropecuaria.org/organicos/AgroEcologiaSustentabilidadEcosistemas07.pdf>>, (11/03/2011).

2005 “La microbiología del suelo en la era de la biología molecular: descubriendo la punta del iceberg”, en
<<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=116>>, (02705/2012)

ALEXANDER, Martin

1981 *Introducción a la microbiología del suelo*. México D.F. AGT editor, S.A.

AZERO, Mauricio

2011 *Guías de Laboratorio de Edafología*. Cochabamba Bolivia.

BARRIOS Edmundo; DELVE Robert; BARRETO Héctor; TREJO Marco Tulio

s/a “Identificación y Clasificación de Indicadores Locales de Calidad de Suelo ,
en <<http://www.cglrc.cgiar.org/ciat/instrumentos/introduccionil.pdf>>,
(01/04/2011).

BAUTISTA CRUZ A.; ETCHEVERS BARRA J.; DEL CASTILLO R.F.

2004 “La calidad del suelo y sus indicadores”, en
<<http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/149.pdf>>, (01/03/2011).

BROWN, George; FRAGOSO, Carlos; BAROIS, Isabelle

2001 “Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos”, en
<http://www3.inecol.edu.mx/csmbgbd/images/stories/resultados_articulos_archivos/6%20DIVERSIDAD%20Y%20ROL%20FUNCIONAL%20DE%20LA%20MACROFAUNA%20EDAFICA.pdf>, (31/05/2012)

CABRERA, Bernardo

2010 *Fotografías*, La Paz Bolivia.

CALDERÓN SÁENZ, Felipe

1999 “Metodologías para Análisis Químico de Suelos”, en
<http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Suelos/MetodosQuimicosSuelos.htm>, (01/05/2012)

CASTEDO ORTIZ, Edmundo

s/a *Guía metodológica para la implementación, el manejo y el aprovechamiento de Sistemas Agroforestales*. La Paz. Poligraf.

CASTELLON ISMAEL, Paola Lynn

2010 *El impacto de la comunicación emitida por la Granja Modelo Pairumani en los conocimientos y prácticas de sus públicos (interno y externo-productores agropecuarios de Vinto) respecto a la agrobiología*. Tesis de Licenciatura en Comunicación. Universidad Católica Boliviana (UCB), Cochabamba-Bolivia.

CHAVARRIA BOLAÑOS, Noelya

2010 Efectos de diferentes sistemas de manejo sobre la calidad del suelo, en fincas cafetaleras de la zona de Turrialba y Orosi. Tesis de Licenciatura Agronómica con Énfasis en Fitotécnia. Universidad de Costa Rica Facultad de Ciencias Agroalimentarias Escuela de Agronomía, Turrialba-Costa Rica.

CEPAL

2009 *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile. Naciones Unidas.

CERISOLA, Cecilia Isabel; GARCIA, Mirta; FILGUEIRA, Roberto

2005 “Distribución de la porosidad de un suelo franco arcilloso (alfisol) en condiciones semiáridas después de 15 años bajo siembra directa”, en >http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000200007&script=sci_arttext> (24/02/2012)

CORBELLA, Roberto; FERNÁNDEZ DE ULLIVARRI, Juan

s/a “Materia Orgánica del suelo”, en <<http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Materia%20Organica%20del%20Suelo.pdf>>, (10/07/2012).

COYNE, Mark

2000 *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. Madrid. Paraninfo.

DE LAS MERCEDES ZUBILLAGA, María

2010 “Potasio en los suelos agrícolas y requerimientos de fertilización”, en ÁLVAREZ, Roberto (et al.). *Fertilidad de Suelos. Caracterización y manejo en la región pampeana*. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. Páginas 353-368.

DE LA ROSA, Diego

2008 *Evaluación Agro-ecológica de Suelos para un desarrollo rural sostenible. Degradación de Suelos*. Madrid. Aedos S.A.

DE LUCA, Laura; ZAMORA, Ángela; FOLLABELLA, Alicia

2000 “Bacterias indicadoras de riesgo sanitario aportadas por el riego frente a la supresividad edáfica”, en
<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/salud_ambiente/File/DELUCA.pdf>, (31/05/2012).

DE SANTA OLALLA MAÑAS, Francisco Martin

2001 “Agricultura y Desertificación” en COLOMER; DÍAZ, *Agricultura y procesos de degradación del suelo. La degradación del suelo*. Madrid. Aedos S.A. 111-131.

DE SILGUY, Catherine

1999 *La agricultura biológica. Técnicas eficaces y no contaminantes*. Zaragoza. Acribia.

DEHOUSSE, Paul

1993 “Producción. Agricultura Biológica”. En *Agricultura Biológica*, Asociación Colombiana de Agricultura Biológica y Ecodesarrollo, 1993, N°0, Bogotá.

DESAPRENDER

2008 “Diagnóstico de riesgo en el Municipio de Vinto”, en
<<http://www.desaprender.org/tools/diagnostico-de-riesgos-en-el-municipio-de-vinto>>, (20/04/2011).

DURÁN RAMIREZ, Felipe

2009 *Estudio de suelos manejo y conservación del suelo agrícola. Alelopatía técnicas-resultados*. La Paz. Grupo Latino.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación)

2011 “La Revolución Verde”, en <<http://www.fao.org/kids/es/revolution.html>> (01/02/2011).

FASSBENDER W., Hans; BORNEMISZA, Elemer

1994 *Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina*. San José, C.R. IICA.

FLORES DELGADILLO, Lourdes; ALCALÁ MARTÍNEZ, Jorge René

s/a *Manual de Procedimientos Analíticos*. México. Universidad Autónoma de México.

FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

2002 *La hacienda de Pairumani*, Cochabamba Bolivia.

2004 “¿Qué es la agroecología?”, en *Bolivia Ecológica*, Centro de Ecología Simón I. Patiño, s/a, N° 33, Santa Cruz.

GAT

s/a “Composición de las sales del suelo”, en <http://www.gatfertilizados.com/salinidad_cultivos.pdf>, (10/07/2012).

GLIESSMAN Stephen R.

2002 *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba. Litocat.

GOOGLE EARTH

2011 Inav/Geosistemas SRL. ImageDigitalGlobe

HODGSON J.M.

1987 *Muestreo y descripción de suelos. Algunos conceptos edáficos*. Barcelona. Reverté, S.A.

ICPROC (Instituto Cristiano de Promoción Campesina)

1998 “Sistemas Agroforestales”, en
<http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024161735_Los%20sistemas%20agroforestales.pdf>, (28/03/2011).

INNOVAKNEWS

2009 “Cromas, una interesante mirada a la vida de suelos y cultivos”, en
<http://www.innovakglobal.com/periodicos_pdf/periodico_innovak_abril09.pdf>
, (29/08/2011).

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)

2002 “Hacia una agricultura sostenible”, en
<<http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/mapasuelos/Agricultura%20Sustentable.pdf>>, (25/01/2011).

LABORATORIO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA S.R.L.
COCHABAMBA. 2011

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS “MARTÍN CÁRDENAS”. 2011.

LAVADO, Raúl S.

2010 “Salinidad y alcalinidad: propiedades, efectos sobre los cultivos y manejo”, en ÁLVAREZ, Roberto (et al.). *Fertilidad de Suelos. Caracterización y manejo en la región pampeana*. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. Páginas 21-42.

LENNTECH

2011 “Riesgo de sodio en regadíos”, en
<<http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/sar/riesgo-sodio-en-regadios.htm>>,
(08/07/2012).

LIDEMA

2010 *Informe del Estado Ambiental de Bolivia*. Cochabamba Bolivia. LIDEMA.

LUGO, Maura; TUCCI, Ana

2009 “Agricultura orgánica vs. Agricultura convencional”, en
<http://agriorganicavsagrimonvencional.blogspot.com>> (21/03/2011).

MELÉNDEZ, Gloria; SOTO, Gabriela

2003 “Taller de Abonos Orgánicos”, en
<<http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/version%20electronica%20memoria.pdf>>, (09/07/2012).

MERCADO, Daniela Alejandra

2009 *Diseño de una metodología para evaluar la calidad de suelos en sistemas agroforestales sucesionales y sistemas tradicionales en seis estudios de caso, para la región de Alto Beni, Bolivia*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Universidad Católica Boliviana (UCB), Cochabamba-Bolivia.

MILZ, Joachim

1998 *Guía para el Establecimiento de Sistemas Agroforestales*. La Paz Bolivia. Grupo Design.

MOLINA, Asunción; PERÉZ, Jesús

2004 “La Agricultura Ecológica en España. Orígenes de la agricultura ecológica”. En Fundación Alfonso Martín Escudero, *Agricultura Ecológica y Alimentación. Análisis y funcionamiento de la cadena comercial de productos ecológicos*. Barcelona. Aedos.

OSORIO N.W.

1997 “Muestreo de suelos”, en
<<http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>>
(14/03/2011).

PALOMEQUE FIGUEROA, Emilio

2009 “Sistemas Agroforestales”, en<<http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/sistemas-agroforestales/sistemas-agroforestales.pdf>> (23/03/2011).

PENTEADO, Silvio Roberto

2000 *Introducción a la Agricultura Orgánica. Normas y Técnicas de Cultivo*. Sao Paulo. GRAFIMAGEN Ltda.

PERMACULTURA

2011 “Cromatografía y Salud del Suelo”, en
<<http://www.permacultura.org.mx/es/curso/2011/01/28/cromatografia-y-salud-del-suelo>>, (20/08/2011)

PLASTER, Edward J.

2000. *La ciencia del suelo y su manejo*. España. Editorial Paraninfo.

PROINPA

2011 *Protocolo análisis cromatográfico del suelo*, Cochabamba Bolivia.

QUIRÓZ, Franz; VALENZUELA, Lourdes; HEREDIA, Gustavo

2007 “Concepción y construcción participativa de un Sistema de Agua de Uso Múltiple en la zona rural de Vinto”, en <www.musgroup.org>, (21/04/2011).

RESTREPO RIVERA, Jairo; PINHEIRO, Sebastiao

2009 *Agricultura Orgánica. Harina de rocas y la Salud del suelo al alcance de todos*. Cali Colombia. Feriva.

ROCHA VARGAS, Mirvia Ángela

2009 Estudio del mejoramiento de la calidad del suelo por el uso de diferentes enmiendas orgánicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena* var. Waycha) en la Granja Modelo Pairumani. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Universidad Católica Boliviana (UCB), Cochabamba-Bolivia.

RODRIGUEZ, Tania; TENIAS, José

1982 “Pautas a seguir para el muestreo de los suelos”, en <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd03/texto/pautas.htm>, (25/07/2011).

ROMERA PERÉ, María del Pilar

2004 “Consecuencias de la agricultura convencional”, en <<http://www.cannarias.com/foros/showthread.php?t=2721>>, (21/03/2011).

ROSSITER, D.

1998 Notas del curso “Evaluación de Tierras”. CLAS, ITC. Cochabamba, Bolivia.

ROWELL D. L.

1992 “Acidez y Alcalinidad del Suelo”, en WILD, Alan. *Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Russell*. Madrid. Mundi-Prensa. Páginas 885-940.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación)

s/a “ 8 Sistemas Agroforestales” , en
<<http://www.sagarpa.gob.mx/developmentRural/Documents/fichasCOUSSA/Sistemas%20Agroforestales.pdf>>, (19/04/2011).

SÁNCHEZ, Ponce José

2009 *Análisis del sistema agrobiológico desarrollado en la GMP (Cochabamba-Bolivia) e implementación del manejo biodinámico. Trabajo de conclusión de estudios para obtener el título de especialista profesional en agricultura biológica dinámica*. Universidad de Uberaba Instituto Elo. Sao Paulo Brasil.

2011-2012 Comunicación personal. Cochabamba. Bolivia.

SÁNZANO, Agustín

s/a “El Fósforo en el Suelo”, en
<<http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo%20del%20Suelo.pdf>>, (28/06/2012).

SERINCO

1997 Plan de Desarrollo Municipal Sostenible de Vinto. Cochabamba, Bolivia.

ARZOLA, Nelsón

s/a “Contenido y formas del nitrógeno en un suelo cultivado de caña de azúcar”,
en <<http://www.inica.minaz.cu/trabajos/40ANIVERSARIO/tec/t06.html>>,
(05/06/2012).

SILES, Melicio

2011 *Comunicación personal* (11/07/2011), Cochabamba Bolivia.

STADLER KAULICH, Noemí

2010 “Resumen de las experiencias en Sistemas Agroforestales en el predio
Mollesnejta”, en
<http://www.ecosaf.org/informenoemi/RESUMEN_Experiencias-SAF_062010.pdf>, (28/02/2011).

2009 “Reflexión sobre el uso sostenible del suelo a través de sistemas
agroforestales. La importancia del uso sostenible del suelo”. En *Acta Nova*,
Universidad Católica Boliviana, 2009, N° 2, Cochabamba.

SCRIBD

2010 “Cromatografía de Suelo”, en
<<http://es.scribd.com/doc/45468748/CROMATOGRAFIA-DE-SUELO>>,
(01/09/2011)

URBANO TERRÓN, Pedro

1992 *Tratado de Fitotecnica General*. Barcelona. Aedos.

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)

1999 “Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo”, en
<<http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/KitSpanish.pdf>> (30/03/2011).

VARGAS, Israel; LAWRENCE, Laura; EID, Miguel

2000 *Árboles y arbustos para sistemas agroforestales de los valles interandinos de Santa Cruz, Bolivia*. Guía de campo. Santa Cruz Bolivia. Fundación Amigos de la Naturaleza.

VÁSQUEZ E., Mabel

2010 “Calcio y magnesio, su dinámica. Diagnóstico y requerimientos de fertilización”, en ÁLVAREZ, Roberto (et al.). *Fertilidad de Suelos. Caracterización y manejo en la región pampeana*. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. Páginas 371-390.

VILLARROEL, Jorge

1988 Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. Cochabamba. AGRUCO.

ZEBALLOS HURTADO, Hernán

2006 *Agricultura y desarrollo sostenible. Situación del recurso tierra*. La Paz Bolivia. Plural.

ENTREVISTAS

STADLER KAULICH, Noemí (Ciudad de Cochabamba, 11/08/11), entrevistado por Erika Alba Gamboa. 30 min. s/u.a.

ÁGREDA, Moisés (Ciudad de Cochabamba, 05/09/11), entrevistado por Erika Alba Gamboa. 40 min. s/u.a

ANEXOS

ANEXO 1. Información general de la parcela

1. Descripción del sitio

Fecha:

Nombre de la parcela:

Tamaño de la parcela:

Ubicación geográfica:

Latitud:

Longitud:

Altitud:

Localización del sitio:

Propietario:

2. Información del suelo

Erosión:

Temperatura:

Orientación del terreno:

Capa vegetal:

Presencia de tipos de plantas:

Presencia de lombrices, hormigas y termitas:

Topografía de la parcela:

Plana:

Ondulada:

Inclinación de la pendiente:

10%=plana

10-30%=moderada

>30%= inclinada

ANEXO 2. Información general del manejo de la parcela

Año de instalación:

¿Cómo se instaló?

- Preparación del terreno

¿Preparó la tierra para la siembra/plantación? SI ☐ NO ☐

¿Cómo?

¿En qué dirección se preparó la tierra, en dirección de la pendiente o a través de la pendiente?

¿Si no preparó la tierra, cómo se realizó la siembra/plantación, se utilizó algún instrumento?

- ¿Qué prácticas de manejo realiza en su parcela y cada cuánto tiempo?

Respecto a:

- Deshierbe
- Poda
- Cosecha
- Control de malezas

¿Controla las malezas? SI ☐ NO ☐

¿Cómo lo hace?

Utilizando:

Herbicida Control manual Rastrillo Machete

- Control de plagas y enfermedades

¿Usa pesticidas? ¿Qué tipo? Herbicida Insecticida Fungicida

¿Qué cantidad y con qué frecuencia se aplican estos agrotóxicos?

- Aplicación de enmiendas orgánicas/abonos/fertilizantes químicos/compost

¿Qué tipo? ¿Por qué? ¿Cómo aplican? ¿En qué momento?

¿En qué cantidad y con qué frecuencia?

- **Control de erosión del suelo**

¿Controla la erosión? ¿Usa barreras? ¿Qué plantas utilizan como barreras?
¿Construye terrazas? ¿Qué cultivos crecen entre terrazas?

¿Qué lo llevó a involucrarse con esta práctica?

¿Cuáles cree usted que son los beneficios de esta práctica?

¿Cuáles cree usted que son los problemas de esta práctica?

¿Usted realiza la evaluación de su parcela?

SI ☐

NO ☐

A veces ☐

Disponibilidad técnica ☐

Antes de instalar la parcela ☐

Recursos económicos ☐

Para hacer seguimientos ☐

Desconocimiento de que indicadores ☐

Cuando surge un problema ☐

Otro _____

Otro _____

La producción de su parcela es:

Baja ☐

Media ☐

Alta ☐

¿En su parcela cómo era el suelo antes?

¿Ha notado algún cambio en el suelo después de implementar su práctica?

¿Coloca su parcela en descanso?

SI ☐

NO ☐

¿Por qué?

Menos fertilidad ☐

No necesita ☐

Menos dinero ☐

¿Qué indicadores utiliza?

Malezas ☐

Estructura del suelo ☐

Color ☐

Otro _____

- Riego de la parcela

¿Cómo realiza el riego en su parcela?

¿Hay periodos del año durante los cuales la falta de agua afecta a los cultivos?

¿Cuándo?

¿Hace algo para reducir los efectos de la falta de agua?

¿Cómo es la resistencia de su parcela a la sequía, a las enfermedades, a las plagas y cómo son los rendimientos?

¿Cuánto dinero invirtió aproximadamente para producir el cultivo actual?

- Historia de manejo en el pasado

Uso anterior y actual de la parcela:

Rotaciones:

Frecuencia:

¿El sistema de manejo del suelo que usted empleaba es el mismo que el actual?

ANEXO 3. Historial de Manejo de parcelas agrobiológicas

A Historial de manejo de Munaypata 18 A/4

Actividades	GESTIÓN											
	2001			2002			2003			2004		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco	*		*	*	**	**		**				
Rastra de discos	*				****	***		***				
Riego	*	****	**		*	*		*		**	*****	
Aplicación de productos orgánicos												
Compost tn/año				27		13,75						
Nº de aplicaciones												
Purin de vacas compostado (L)		(900)										
Nº de aplicaciones		*										
Jugo de compost (L)		(400)										
Nº de aplicaciones		*										
Jugo lactodinámico (L)					****	*				(400)	(250)	
Nº de aplicaciones										***	**	
Preparación MariaThun (L)							*			**	(190)	(110)
Nº de aplicaciones											**	*
P500 (L)							*				(120)	
Nº de aplicaciones											**	
Caldo bordelés					**							
Nº de aplicaciones												
Cultivo	Trigo	Trigo	Trigo	Barbecho	Papa	Maíz comp. 10	Maíz comp. 10	Avena+ Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa
Labores Culturales												
Deshierbe					*	*				*	*	
Aporque					*		*					

Actividades	GESTIÓN											
	2005			2006			2007			2008		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco					*	**		**				
Rastra de discos					*			***				
Actisol						*		**				
Riego	***	***	***** **	*	**	***** *****	**	*				
Aplicación de productos orgánicos												
Compost tn/año Nº de aplicaciones	8,5				*							
Purin de vacas compostado Nº de aplicaciones												
Jugo de compost Nº de aplicaciones												
Jugo lactodinámico (L) Nº de aplicaciones		(500) **										
Preparación MariaThun Nº de aplicaciones					(400) **							
P500 (L) Nº de aplicaciones	(100) **	(300) *										
Caldo bordelés (L) Nº de aplicaciones					(800) ***	(800) ***						
Cultivo	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Papa	Maíz	Maíz	Haba	Haba			Maíz
Labores Culturales												
Deshierbe						**	**					
Aporque					**	*						

Actividades	GESTIÓN											
	2009			2010			2011			2012		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco							**	*	*			
Rastra de discos												
Actisol							*	*	*			
Riego				**	*****	****		*****	*****			
Aplicación de productos orgánicos												
Compost tn/año								42				
Nº de aplicaciones												
Purin de vacas compostado												
Nº de aplicaciones												
Fladem (L)								(100)				
Nº de aplicaciones								*				
Gallinaza								*				
Nº de aplicaciones												
Preparación MariaThun												
Nº de aplicaciones												
P500 (L)					*			(620)				
Nº de aplicaciones								*				
P501 (L)									(80)			
Nº de aplicaciones									**			
Caldo bordelés (L)								(430)	(600)			
Nº de aplicaciones								***	***			
Cultivo		Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Papa	Maíz	Maíz		
Labores Culturales												
Deshierbe								*	*			
Aporque								**	*			

B Historial de manejo de Balderrama 12 F Norte

Actividades	GESTIÓN											
	2001			2002			2003			2004		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco						*						*
Rastra de discos						*						
Actisol						**						*
Riego						***	***	**	***		*	
Aplicación de productos orgánicos												
Compost tn/año											*	
Nº de aplicaciones												
Purin de vacas compostado							*					
Nº de aplicaciones												
Jugo de compost												
Nº de aplicaciones												
Jugo lactodinámico												
Nº de aplicaciones												
Preparación MariaThun (L)							*				(550)	
Nº de aplicaciones											**	
P500							*					
Nº de aplicaciones												
Caldo bordelés												
Nº de aplicaciones												
Cultivo					Vicia + Avena	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	Barbecho	Barbecho
Labores Culturales												
Deshierbe						*		*		**		
Aporque												

Actividades	GESTIÓN											
	2005			2006			2007			2008		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco		*	***		*	*		*				
Rastra de discos		*	*			**		*				
Actisol		****			****	**		*				
Riego	***	***	*****	*	*****	*	*	**				
Aplicación de productos orgánicos												
Compost tn/año						*						
Nº de aplicaciones												
Purin de vacas compostado												
Nº de aplicaciones												
Jugo de compost												
Nº de aplicaciones												
Jugo lactodinámico												
Nº de aplicaciones												
Preparación MariaThun (L)		(300)										
Nº de aplicaciones		*										
P500												
Nº de aplicaciones												
Caldo bordelés												
Nº de aplicaciones												
Cultivo	Maíz	Avena + Vicia	Maíz	Maíz	Barbecho	Maíz	Maíz	Avena + Alfalfa	Avena + Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa
Labores Culturales												
Deshierbe			*	**			*					
Aporque												

Actividades	GESTIÓN											
	2009			2010			2011			2012		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco							**		***			
Rastra de discos												
Actisol								*	**			
Riego				**	***	****	*	*****	*****			

Aplicación de productos orgánicos												
Compost (m ³)								(52)				
Nº de aplicaciones								*				
Solución de CuSO ₄ (L)								(200)				
Nº de aplicaciones								*				
Fladem (L)								(200)				
Nº de aplicaciones								*				
Gallinaza (m ³)								(62)				
Nº de aplicaciones								*				
Preparación MariaThun												
Nº de aplicaciones												
P500 (L)								(50)				
Nº de aplicaciones								*				
P501 (L)								(50)	(40)			
Nº de aplicaciones								*				
Caldo bordelés (L)								(400)	(200)			
Nº de aplicaciones								**	*			
Cultivo	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Papa	Maíz	Maíz		
Labores Culturales												
Deshierbe								*	***			
Aporque								*				

C Historial de manejo de Valenzuela 4 G Sud

Actividades	GESTIÓN											
	2001			2002			2003			2004		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco		**									**	
Rastra de discos		****									*	
Riego		***** *	***** **	**	*****	***** *	**	*****	*****		*	**
Aplicación de productos orgánicos												
Compost tn/año Nº de aplicaciones											92,7	
Purin de vacas compostado (L) Nº de aplicaciones		(14000) ***										
Jugo de compost (L) Nº de aplicaciones		(250) *	(400) **	(500) *	(900) **							
Gallinaza tn/año Nº de aplicaciones											19	
Preparación MariaThun (L) Nº de aplicaciones							(200) *				(520) *	
P500 (L) Nº de aplicaciones							(200) *				(200) *	
P501 (L) Nº de aplicaciones							(180) *					
Caldo bordelés (L) Nº de aplicaciones												(600) **
Cultivo	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Papa	Maíz
Labores Culturales												
Deshierbe												*
Aporque												****

Actividades	GESTIÓN											
	2005			2006			2007			2008		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco		**	*		*	**		*****				
Rastra de discos			*		*	**		***				
Actisol			*			***		**				
Riego	**	*	*			*****	*****	*****				
Aplicación de productos orgánicos												
Compost tn/año Nº de aplicaciones						**		*				
Purin de vacas compostado Nº de aplicaciones												
Jugo de compost Nº de aplicaciones												
Jugo lactodinámico Nº de aplicaciones												
Preparación MariaThun (L) Nº de aplicaciones			(580) *									
P500 (L) Nº de aplicaciones			(420) *									
Caldo bordelés Nº de aplicaciones												
Cultivo	Maíz	Barbecho	Maíz	Maíz	Barbecho	Maíz	Maíz	Avena + Alfalfa	Avena + Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa
Labores Culturales												
Deshierbe			*			***	*		*			
Aporque			*									

Actividades	GESTIÓN											
	2009			2010			2011			2012		
	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic	Ene-Abr	May-Ago	Sep-Dic
Preparación del terreno												
Arado de disco								**				
Rastra de discos												
Actisol								*	*			
Riego				*	*****			****	***** *			
Aplicación de productos orgánicos												
Compost (tn/año) Nº de aplicaciones								(40)				
Purin de vacas compostado Nº de aplicaciones		*										
Gallinaza (m³) Nº de aplicaciones								(36) *				
Fladem Nº de aplicaciones								*				
P500 (L) Nº de aplicaciones								(80) *				
P501 (L) Nº de aplicaciones									(70) **			
Caldo bordelés Nº de aplicaciones									(420) *****			
Cultivo	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Papa	Maíz	Maíz		
Labores Culturales												
Deshierbe								*	*			
Aporque									*			

ANEXO 4. Resultados del análisis de los indicadores físicos del suelo en las diez parcelas de estudio

Interesado: FUSIP - 5

Procedencia: Comunidades Vinto: Combujo, Pairumani y Anocaire-Quillacollo.

Proyecto: "Evaluación del Efecto de diferentes Sistemas de Manejo sobre la Calidad del Suelo"

Profundidad: 0-25 cm

Resp.: Erika Alba G.

Nº Lab.	Identificación tratamientos	Y %	L %	A %	TEXTURA	Densidad Aparente g/cm ³	Densidad Real g/cm ³	Capacidad de Campo %	Pto. March. Permanente %	Agua disponible %
1145	SAF Frutales 1	23	27	50	FYA	1,39	2,62	19,94	9,25	10,7
1146	SAF Frutales 2	24	25	51	FYA	1,39	2,63	18,35	9,81	8,5
1147	SAF Frutales 3	17	30	53	FA	1,35	2,70	18,90	8,18	10,7
1148	SAF Olivo 1	21	32	47	F	1,33	2,63	19,65	9,81	9,8
1149	SAF Olivo 2	19	36	45	F	1,43	2,60	19,97	9,38	10,6
1150	SAF Olivo 3	23	34	42	F	1,39	2,54	15,82	8,88	6,9
1151	Olivo tagasastes 1	15	34	51	F	1,39	2,56	18,57	9,38	9,2
1152	Olivo tagasastes 2	11	30	59	FA	1,35	2,72	19,23	10,34	8,9
1153	Olivo tagasastes 3	17	30	53	FA	1,35	2,75	20,56	10,35	10,2
1154	SAF testigo 1	25	38	37	F	1,32	2,73	22,08	10,46	11,6
1155	SAF testigo 2	24	38	38	F	1,35	2,73	23,11	9,20	13,9
1156	SAF testigo 3	26	38	36	F	1,35	2,75	22,87	10,58	12,3
1157	Munaypata 18-A14-1	26	43	31	F	1,28	2,53	22,24	10,36	11,9
1158	Munaypata 18-A14-2	26	44	30	F	1,28	2,60	21,93	9,37	12,6

Dirección: Av. Petrolera Km 5, Tel. 4237506-Fax: 4762385; Email: lab.suelos@agr.umss.edu.bo.

N° Lab.	Identificación tratamientos	Y %	L %	A %	TEXTURA	Densidad Aparente g/cm ³	Densidad Real g/cm ³	Capacidad de Campo %	Pto. March. Permanente %	Agua disponible %
1159	Munaypata 18-A14-3	26	43	31	F	1,32	2,55	20,66	10,10	10,6
1160	Balderrama 12 F-N-1	30	45	25	FY	1,43	2,55	21,12	11,73	9,4
1161	Balderrama 12 F-N-2	31	42	27	FY	1,43	2,64	21,36	11,22	10,1
1162	Balderrama 12 F-N-3	29	43	27	FY	1,43	2,67	22,62	12,05	10,6
1163	Valenzuela 4 G-S-1	31	51	18	FYL	1,32	2,62	25,10	11,75	13,3
1164	Valenzuela 4 G-S-2	20	57	23	FL	1,30	2,60	25,59	10,07	15,5
1165	Valenzuela 4 G-S-3	30	54	16	FYL	1,32	2,64	26,45	11,35	15,1
1166	Vaina Arveja -1	22	35	42	F	1,37	2,64	18,39	8,47	9,9
1167	Vaina Arveja -2	23	39	38	F	1,35	2,49	18,47	10,08	8,4
1168	Vaina Arveja -3	23	39	38	F	1,35	2,57	18,74	9,74	9,0
1169	Claveles -1	24	42	34	F	1,33	2,59	20,89	8,53	12,4
1170	Claveles -2	25	43	32	F	1,39	2,89	20,05	7,25	12,8
1171	Claveles -3	23	43	34	F	1,39	2,58	18,52	7,32	11,2
1172	Papelina-Clavel 1	20	34	46	F	1,43	2,29	15,92	7,47	8,5
1173	Papelina-Clavel 2	19	32	49	F	1,47	2,67	14,81	7,32	7,5
1174	Papelina-Clavel 3	20	36	44	F	1,45	2,59	17,96	7,47	10,5

Fecha: Cbba. Diciembre de 2011.

Ing. Alfredo Cáreres C.
JEFE TEC. de ANALISIS y CALIDAD
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
F. C. A. y P. UMSS



Dirección: Av. Petrolera Km 5, Tel. 4237506-Fax: 4762385; Email: lab.suelos@agr.umss.edu.bo.

ANEXO 5. Resultados del análisis de los indicadores químicos del suelo en las diez parcelas de estudio

Interesado FUSIP - 5

Procedencia:

Comunidades Vinto: Combuyo, Pairumani y Anocaraire-Quillacollo.

Proyecto: "Evaluación del Efecto de diferentes Sistemas
de Manejo sobre la Calidad del Suelo"

Profundidad:

0-25 cm

Resp.:

Erika Alba G.

N° Lab.	Identificación	pH (1)	Conduct. Eléctrica (1) mmhos/cm	Cationes Intercambiables me/100g				TBI me/100g	CIC me/100g	S.B. %	MO %	Nitrógeno total %	Fósforo (2) disponible ppm
				Ca++	Mg ++	Na +	Potasio						
1145	SAF Frutales 1	5,1	0,039	5,00	2,50	1,35	1,09	9,95	11,6	85,7	4,10	0,168	33,5
1146	SAF Frutales 2	4,9	0,032	4,50	0,50	1,83	1,31	8,14	11,5	70,8	3,95	0,154	23,9
1147	SAF Frutales 3	5,3	0,043	5,50	1,50	1,59	0,80	9,39	11,0	85,4	4,96	0,182	30,7
1148	SAF Olivo 1	5,6	0,054	6,50	1,00	1,35	0,73	9,58	12,0	79,8	4,92	0,224	37,7
1149	SAF Olivo 2	5,1	0,026	5,50	1,50	1,59	1,02	9,61	11,5	83,6	4,32	0,182	31,1
1150	SAF Olivo 3	5,1	0,031	4,00	0,50	1,59	0,36	6,46	11,2	57,6	4,47	0,126	19,4
1151	Olivo tagasastes 1	5,6	0,049	5,50	1,50	1,59	0,44	9,03	9,2	98,1	3,69	0,168	53,5
1152	Olivo tagasastes 2	6,0	0,074	7,00	1,50	1,27	0,66	10,43	10,8	96,6	4,55	0,182	16,9
1153	Olivo tagasastes 3	6,0	0,064	7,00	1,50	1,59	0,36	10,46	11,0	95,1	5,18	0,182	18,2
1154	SAF testigo 1	5,1	0,038	4,00	1,50	1,27	0,55	7,32	9,5	77,0	3,06	0,140	74,8
1155	SAF testigo 2	5,9	0,057	4,50	1,50	1,59	0,58	8,17	8,8	92,9	2,61	0,140	64,1
1156	SAF testigo 3	5,4	0,042	5,00	1,50	1,35	0,55	8,40	9,6	87,5	3,02	0,154	74,8
1157	Munaypata 18-A14-1	6,1	0,152	9,00	2,00	1,11	0,44	12,55	13,3	94,4	4,70	0,238	38,6
1158	Munaypata 18-A14-2	6,1	0,139	7,50	2,50	1,27	0,22	11,49	11,8	97,4	3,95	0,210	40,0

Dirección: Av. Petrolera Km 5, Tel. 4237506-Fax: 4762385; Email: lab.suelos@agr.umss.edu.bo.

N° Lab.	Identificación	pH (1)	Conduct. Eléctrica (1) mmhos/cm	Cationes Intercambiables me/100g				TBI me/100g	CIC me/100g	S.B. %	MO %	Nitrógeno total %	Fósforo (2) disponible ppm
				Ca++	Mg ++	Na +	Potasio						
1159	Munaypata 18-A14-3	6,0	0,165	8,00	1,50	1,19	0,73	11,42	12,0	95,2	3,28	0,196	37,7
1160	Balderrama 12 F-N-1	6,5	0,104	8,50	1,50	1,43	0,51	11,94	11,6	100,0	3,21	0,126	26,4
1161	Balderrama 12 F-N-2	6,4	0,107	7,50	2,00	1,11	0,80	11,42	11,3	100,0	2,57	0,126	31,5
1162	Balderrama 12 F-N-3	6,3	0,114	7,00	2,00	1,19	0,36	10,56	10,4	100,0	2,54	0,154	28,3
1163	Valenzuela 4 G-S-1	6,5	0,099	7,50	1,75	1,59	0,73	11,57	11,8	98,1	2,83	0,168	22,8
1164	Valenzuela 4 G-S-2	6,5	0,094	7,00	1,50	1,59	0,87	10,97	10,0	100,0	2,76	0,154	8,5
1165	Valenzuela 4 G-S-3	6,6	0,092	7,50	2,25	1,43	0,44	11,62	11,1	100,0	2,83	0,168	6,2
1166	Vaina Arveja -1	6,5	0,117	7,00	2,00	1,27	0,73	11,00	10,7	102,8	3,13	0,168	61,9
1167	Vaina Arveja -2	6,3	0,120	6,00	2,00	1,19	1,46	10,65	10,6	100,0	2,91	0,154	58,2
1168	Vaina Arveja -3	6,1	0,163	7,00	1,50	1,43	1,24	11,17	11,1	100,0	3,06	0,165	65,5
1169	Claveles -1	6,5	0,094	7,50	1,00	1,19	1,67	11,37	11,2	101,5	3,88	0,154	61,9
1170	Claveles -2	6,3	0,069	7,50	1,00	1,35	1,09	10,95	10,6	100,0	2,76	0,145	47,8
1171	Claveles -3	6,4	0,091	6,00	2,50	1,11	0,87	10,49	10,0	100,0	2,61	0,154	62,3
1172	Papelina-Clavel 1	6,3	0,074	5,50	2,00	1,03	0,51	9,04	9,0	100,0	2,54	0,130	38,1
1173	Papelina-Clavel 2	6,0	0,057	5,00	1,25	1,43	0,73	8,41	8,6	97,8	2,16	0,112	38,8
1174	Papelina-Clavel 3	6,0	0,070	5,00	1,25	1,19	0,95	8,39	8,8	95,3	2,68	0,145	47,6

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Catiónico

T.B.I. = Total de Bases Intercambiables

Fecha: Cbba. Diciembre de 2011.

Ing. Alfredo Cáreres C.
JEFE T.C. de ANALISIS y CALIDAD
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
F. C. A. y P-UMSS



Dirección: Av. Petrolera Km 5, Tel. 4237506-Fax: 4762385; Email: lab.suelos@agr.umss.edu.bo.

ANEXO 6. Resultados del análisis microbiológico

A Resultados del análisis microbiológico del suelo en las parcelas agrobiológicas

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 2
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: Munaypata 18 A/4
Nombre del propietario: G M P
Lugar de la comunidad: Vinto – Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Pairumani Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 7/ 11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

N°	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	68×10^7
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	4×10^3
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	4×10^4
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	19×10^2
6	Esporulados anaerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	27×10^4
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	34×10^4

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Bacillus spp | 4. Flavobacterium spp |
| 2. Pseudomona spp | 5. Fusarium spp |
| 3. Clostridium spp | 6. Rizophus spp |


Lic. Maria Estrella Zapata Schultze
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA
BIOLOGA
MAT. PROF. Z-01

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

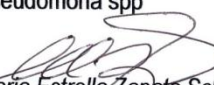
Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 7
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: Balderrama 12 F - Norte
Nombre del propietario: G M P
Lugar de la comunidad: Vinto – Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Pairumani Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 7/ 11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

Nº	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	14×10^5
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	12×10^4
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos-Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	19×10^4
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	6×10^2
6	Esporulados anerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos-Diferenciales	0.0	5×10^8	3×10^4
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	27×10^4

OBSERVACION : Muestra puntual. **UFC** = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

1. Achromobacter spp
2. Bacillus spp
3. Clostridium spp
4. Geotrichum spp
5. Alternaria spp
6. Pseudomona spp


Lic. María Estrella Zapata Schultz
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA

Lic. María E. Zapata Schultz
BIOLOGA
MAT. PROF. Z-01

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 4
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: Valenzuela 4 G - Sud
Nombre del propietario: G M P
Lugar de la comunidad: Vinto – Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Anocaire Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 7/ 11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011 :

N°	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	8×10^7
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	6×10^5
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	6×10^5
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	5×10^2
6	Esporulados anerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	4×10^4
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	16×10^3

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

- | | | |
|--------------------|---------------------|-----------------|
| 1. Bacillus spp | 4. Enterobacter spp | 7. Fusarium spp |
| 2. Clodtridium spp | 5. Citrobacter spp | |
| 3. Micrococcus spp | 6. Rizophus spp | |


Lic. Maria Estrella Zapata Schultz
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA

B Resultados del análisis microbiológico del suelo en las parcelas agroforestales

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 9
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: SAF Frutales
Nombre del propietario: Noemi Stadler
Lugar de la comunidad: Vinto– Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Combuyo Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 8 /11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

N°	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	25×10^5
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	19×10^4
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	21×10^2
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	3×10^1
6	Esporulados anerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	12×10^5
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	2×10^3

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

- | | | |
|----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1. Bacillus spp | 4. Edwardsiella tarda | 7. Aspergillus spp |
| 2. Clostridium spp | 5. Fusarium spp | |
| 3. Agrobacterium spp | 6. Penicillium spp | |


Lic. María Estrella Zapata Schultz
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA

Lic. María E. Zapata Schultz
BIOLOGA
MAT. PROF. Z-01

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 10
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: SAF Olivo
Nombre del propietario: Noemi Stadler
Lugar de la comunidad: Vinto– Provincia Quillacollo. Cochabamba
Lugar de Muestreo: Combuyo Prof: - 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 8 /11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

Nº	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbicas Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	28×10^8
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	15×10^6
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	12×10^2
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	5×10^2
6	Esporulados anaerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	16×10^5
7	Actinomicetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	2×10^2

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

- | | | |
|--------------------|--------------------|-------------------|
| 1. Bacillus spp | 4. Xantomonas spp | 7. Geotrichum spp |
| 2. Clostridium spp | 5. Fusarium spp | 8. Rhizopus spp |
| 3. Micrococcus spp | 6. Penicillium spp | |

Lic. Maria Estrella Zapata Schultze
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA

Lic. Maria E. Zapata Schultze
BIOLOGA
MAT. PROF. 2-01

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

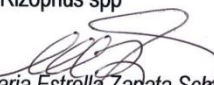
Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 8
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: Olivo Tagasastes
Nombre del propietario: Noemi Stadler
Lugar de la comunidad: Vinto- Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Combujo Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 8 /11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

N°	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbicas Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	15×10^6
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	18×10^5
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	26×10^3
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	15×10^1
6	Esporulados anerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	8×10^6
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	3×10^2

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

1. Bacillus spp
2. Clostridium spp
3. Citrobacter spp
4. Geotrichum spp
5. Fusarium spp
6. Rizophus spp


Lic. Maria Estrella Zapata Schultze
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA
BIOLOGA
MAT. PROF. Z-01

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 5
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: SAF Testigo
Nombre del propietario: Noemi Stadler
Lugar de la comunidad: Vinto – Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Combuyo Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 8/ 11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

Nº	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	15×10^4
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	16×10^2
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensiona l	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	39×10^3
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	18×10^1
6	Esporulados anerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	7×10^5
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	1×10^2

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

1. Bacillus spp
2. Escherichia coli
3. Clostridium spp
4. Erwinia spp
5. Klebsiella spp
6. Fusarium spp
7. Verticillium spp


Lic. Maria Estrella Zapata Schultze
JEFA- LABORATORIO MICROBIOLOGIA
BIOLOGA
M.T. PROF. Z-01

C Resultados del análisis microbiológico del suelo en las parcelas locales

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E1
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: Papelina – Claveles
Nombre del propietario: Carlos Agreda
Lugar de la comunidad: Vinto – Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Combuyo Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 9/ 11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

Nº	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	7×10^8
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	6×10^4
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^6	3×10^5
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	2×10^2
6	Esporulados anerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	9×10^5
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	4×10^4

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

1. Bacillus spp
2. Clostridium spp
3. Micrococcus spp
4. Enterobacter spp
5. Rizophus spp
6. Alternaria spp


Lic. Maria Estrella Zapata-Schultze
JEFA LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
BIOLOGA
MAT. PROF. Z-01

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 3
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: Vaina Arveja
Nombre del propietario: Carlos Agreda
Lugar de la comunidad: Vinto – Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Combuyo Prof: 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 9/ 11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

Nº	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	59×10^6
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	5×10^4
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	7×10^5
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	32×10^2
6	Esporulados anaerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos- Diferenciales	0.0	5×10^8	6×10^3
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	19×10^4

OBSERVACION : Muestra puntual. UFC = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

1. Bacillus spp
2. Aerobacter spp.
3. Clostridium spp
4. Proteus spp
5. Geotrichum spp
6. Fusarium spp
7. Verticillium spp


Lic. María Estrella Zapata Schultz
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA
MAT. PROF. Z-01

INSTITUTO DE ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Edif. Com. Center - Primer piso Av. Santa Cruz esq. Beni -
Teléfonos: 4294141-4400358 - Fax: 4400239

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

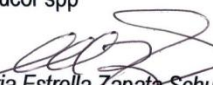
Nombre del Laboratorio: Laboratorio de Microbiología – IERH
Identificación del Informe: PE – E 6
Solicitado por: GRANJA MODELO PAIRUMANI
Parcela o lote N°: Claveles
Nombre del propietario: Carlos Agreda
Lugar de la comunidad: Vinto – Provincia Quillacollo Cochabamba
Lugar de Muestreo: Combuyo Prof. 25 cm.
Muestra tomada por: Erika Alba Gamboa
Fecha de de muestreo: 9/ 11/ 2011
Fecha de analisis: 14/ 11/ 2011

N°	PARAMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	LIMITES DE DETECCION	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES UFC/gr	RESULTADO DE ANALISIS UFC/ gr
1	Recuento de Bacterias Aeróbias Mesófilas (Heterotróficas)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	9×10^{10}	8×10^4
2	Recuento de Mohos y Levaduras (Hongos)	UFC	Siemb. Sup. (9610 – B.C)	1.0	1×10^7	4×10^5
3	Pseudomona aeruginosa	Adimensional	Aisl. Medios Selectivos-Diferenciales	0.0	Ausencia	Negativo
4	Coliformes Totales	UFC	Siemb. Sup.	1.0	1×10^6	15×10^3
5	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	1×10^3	7×10^2
6	Esporulados anerobios	UFC	Aisl. Medios Selectivos-Diferenciales	0.0	5×10^8	5×10^4
7	Actinomycetos spp.	UFC	Siemb. Sup. Recuento	1.0	5×10^5	21×10^4

OBSERVACION : Muestra puntual. **UFC** = Unidad Formadora de Colonia

GERMEN IDENTIFICADO

1. Bacillus spp
2. Escherichia coli
3. Clostridium spp
4. Micrococcus spp
5. Cladosporium spp
6. Mucor spp


Lic. María Estrella Zapata Schultze
JEFA LABORATORIO MICROBIOLOGIA
Lic. María E. Zapata Schultze
BIOLOGA
MAT. PROF. Z-01

ANEXO 7. Valores de interpretación de los indicadores físicos y químicos del suelo

A Valores promedio de los parámetros físicos del suelo

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO
VALORES PROMEDIO



Textura del suelo	Filtración y permeabilidad cm/hora	Total espacio poroso %	Densidad Aparente g/cm ³	Capacidad de Campo	Pto. Marchitez. Permanente %	Hum. Aprov. HA %	Volumen de agua %	Cm/m Agua disponible
			D_a	CC	PMP	$(CC-PMP)$	$V = \frac{D_a * HA}{100}$	$\frac{V * D_a * P}{100}$
Arenoso	5 (2,5-25,5)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,8)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco arenoso	2,5 (1,3-7,6)	43 (40-47)	1,50 (1,4-1,6)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franco	1,3 (0,8-2,0)	47 (43-49)	1,40 (1,3-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-19)	17 (14-19)
Franco arcilloso	0,8 (0,25-1,5)	49 (47-51)	1,35 (1,3-1,4)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (17-22)
Arcillo arenoso	0,25 (0,03-0,5)	51 (49-53)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	23 (18-23)
Arcilloso	0,5 (0,01-0,1)	53 (51-55)	1,25 (1,2-1,3)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

Fuente: Israelsen, 1965.

B Valores de interpretación de los parámetros químicos del suelo

Cuadro 6. Normas de Interpretación de análisis químico

pH	Rangos	C. Eléctrica	Rangos Salinidad	C. Eléctrica	Rangos Sodicidad	PSI (Masoud-Hoffman)
más 9.0	Muy fuertemente alcalino	(susp. 1:2.5)		(extracto)		
8.1-9.0	Fuertemente alcalino	< 0,400 mmhos/cm	no salino	< 2 mmhos/cm	normal	0-7 %
7.6-8.0	Moderadamente alcalino	0,400-0,800 "	ligeramente salino	2.0-4.0 "	lig. sódico	7-15 %
7.1-7.5	Débilmente alcalino	0,800-1,600 "	moderadamente salino	4.0-8.0 "	median. sódico	15-20 %
6.6-7.0	Neutro	1,600-3,000 "	fuertemente salino	8.0-16.0 "	fuertem. sódico	20-30 %
6.0-6.5	Débilmente ácido	>3,000 "	extremadamente salino	> 16.0 "	Extrem. sodico	> 30 %
5.3-5.9	Moderadamente ácido					
4.5-5.2	Fuertemente ácido					
menos 4.5	Muy fuertemente ácido					

fuelle: Laboratorio de Suelos y Aguas

GRADO DE LIXIVIACION según la C.E.

C.E. micromhos/cm	Calificación
0-50	Lixiviado
50-150	Mod. Lixiviado
150-400	Normal
> 400	Salino



Cuadro. Normas de Interpretación de análisis químico para Clasificación y manejo de Fertilidad

DETERMINACIONES	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Ca intercambiable me/100g	< 2.0	2.0 - 5.0	5.0 - 10.0	10.0 - 20.0	> 20.0
Mg intercambiable me/100g	< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 4.0	4.0 - 8.0	> 8.0
Na intercambiable me/100g	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.7	0.7 - 2.0	> 2.0
K intercambiable me/100g	< 0.2	0.2 - 0.4	0.4 - 0.75	0.75 - 1.0	> 1.0
Total Bases Interc.(TBI)	< 3.0	3.0 - 7.0	7.0 - 15.0	15.0 - 25.0	> 25.0
Cap. Intercambio Catiónico(CIC)	< 5.0	5.0 - 12.0	12.0 - 25.0	25.0 - 40.0	> 40.0
% Saturación de bases (%SB)	< 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Materia orgánica %	0 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8
Nitrógeno total %	< 0.050	0.05 - 0.100	0.10 - 0.20	0.20 - 0.40	> 0.40
Fósforo disponible ppm (BRAY-1)	< 3	4 - 7	8 - 19	> 20	
Fósforo disponible ppm (Olsen)		< 6	6 - 15	> 15	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas

Cuadro Criterios tentativos para evaluar los iones solubles en extractos de saturación-Salinidad

Iones	Unidades	Gama satisfactoria mayoría plantas	Gama alta o excesiva
Calcio	me/lt	1.0 - 10.0	--
Magnesio	me/lt	0.2 - 5.0	más 30.0
Sodio	me/lt	0.1 - 3.5	más 15.0
Potasio	me/lt	1.0 - 5.0	más 5.0
Carbonatos	me/lt	0.0	Tr a 1.0
Bicarbonatos	me/lt	0.1 - 2.5	5.0 - 19.9
Cloruros	me/lt	2.0 - 5.0	10.0 - 200.0
Sulfatos	me/lt	1.0 - 20.0	20.0 - 100.0

fuente Chapman-Praff (1973)



RANGOS DE INTERPRETACION DE FOSFORO DISPONIBLE
Métodos de OLSEN y BRAY-Kurtz 1

Met. OLSEN

Fósforo (ppm)	Interpretación
0-6	Muy bajo
6-12	Bajo
12-18	Normal o moderado
18-30	Alto
> 30	Muy alto

Fuente: Fuentes 1994

Met. BRAY-KURTZ-1

Fósforo (ppm)	Interpretación
0-3	Muy bajo
3-7	Bajo
7-20	Normal o moderado
20-30	Alto
> 30	Muy alto

Fuente: Fuentes 1994

ANEXO 8. Repeticiones en la medición de la infiltración

A Medición de la infiltración en las parcelas agrobiológicas

Munaypata 18 A/4				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,0355	0,0208	0,0647
	Infiltración (cm/h)	71,55	122,12	39,26
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,0675	0,0919	0,1825
	Infiltración (cm/h)	37,63	27,64	13,92
3	Tiempo de infiltración (horas)	0,0267	0,1911	0,3894
	Infiltración (cm/h)	95,13	13,29	6,52
4	Tiempo de infiltración (horas)	0,3133	0,2958	0,1205
	Infiltración (cm/h)	8,11	8,59	21,08
Promedio		53,10	42,91	20,19
Promedio general				38,74

Balderrama 12F norte				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,2794	0,2875	7,4361
	Infiltración (cm/h)	9,09	8,83	0,34
2	Tiempo de infiltración (horas)	3,1494	2,38	5,0267
	Infiltración (cm/h)	0,81	1,07	0,51
3	Tiempo de infiltración (horas)	6,2189	1,6658	1,6986
	Infiltración (cm/h)	0,41	1,52	1,50
Promedio		3,44	3,81	0,78
Promedio general				2,67

Valenzuela 4G sud				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,4067	0,3842	3,2414
	Infiltración (cm/h)	6,25	6,61	0,78
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,3786	4,8397	0,4775
	Infiltración (cm/h)	6,71	0,52	5,32
3	Tiempo de infiltración (horas)	8,8603	1,6675	9,7083
	Infiltración (cm/h)	0,29	1,52	0,26
4	Tiempo de infiltración (horas)	0,6897	3,5508	0,0358
	Infiltración (cm/h)	3,68	0,72	70,95
Promedio		4,23	2,34	19,33
Promedio general				8,63

B Medición de la infiltración en las parcelas agroforestales

SAF Frutales				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	1,8706	0,0083	0,0161
	Infiltración (cm/h)	1,36	306,02	157,76
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,043	0,0219	0,0103
	Infiltración (cm/h)	59,07	115,98	246,60
3	Tiempo de infiltración (horas)	0,0272	0,0147	0,0139
	Infiltración (cm/h)	93,38	172,79	182,73
Promedio		51,27	198,26	195,70
Promedio general				148,41

SAF Olivo				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,0258	0,018	0,3255
	Infiltración (cm/h)	98,45	141,11	7,80
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,188	0,0169	0,0228
	Infiltración (cm/h)	13,51	150,30	111,40
3	Tiempo de infiltración (horas)	0,0172	0,0275	0,0205
	Infiltración (cm/h)	147,67	92,36	123,90
Promedio		86,54	127,92	81,04
Promedio general				98,50

Olivo-Tagasastes				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,0392	0,0178	0,0217
	Infiltración (cm/h)	64,80	142,70	117,05
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,028	0,0461	0,0147
	Infiltración (cm/h)	90,71	55,10	172,79
3	Tiempo de infiltración (horas)	0,0133	0,02	0,0303
	Infiltración (cm/h)	190,98	127,00	83,83
Promedio		115,50	108,26	124,56
Promedio general				116,11

C Medición de la infiltración en las parcelas locales

Papelina-Claveles				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,0458	0,1058	0,1483
	Infiltración (cm/h)	55,46	24,01	17,13
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,1861	0,1558	0,0592
	Infiltración (cm/h)	13,65	16,30	42,91
3	Tiempo de infiltración (horas)	0,0142	0,0528	0,0205
	Infiltración (cm/h)	178,87	48,11	123,90
Promedio		82,66	29,47	61,31
Promedio general				57,81

Vaina-Arveja				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,3314	0,3425	0,3067
	Infiltración (cm/h)	7,66	7,42	8,28
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,2864	0,1197	0,0886
	Infiltración (cm/h)	8,87	21,22	28,67
3	Tiempo de infiltración (horas)	0,1358	0,1997	0,0658
	Infiltración (cm/h)	18,70	12,72	38,60
Promedio		11,75	13,78	25,18
Promedio general				16,90

Claveles				
Repetición	Indicador	1ra subparcela	2da subparcela	3ra subparcela
1	Tiempo de infiltración (horas)	0,0708	0,0864	0,1758
	Infiltración (cm/h)	35,88	29,40	14,45
2	Tiempo de infiltración (horas)	0,1372	0,3769	0,0661
	Infiltración (cm/h)	18,51	6,74	38,43
3	Tiempo de infiltración (horas)	0,3367	0,0314	0,0533
	Infiltración (cm/h)	7,54	80,89	47,65
Promedio		20,64	39,01	33,51
Promedio general				31,05

ANEXO 9. Repeticiones en la medición del número de lombrices

A Medición del número de lombrices en las parcelas agrobiológicas

Munaypata 18 A/4				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	7	0	0	4,00
2	7	4	6	7,67
3	1	15	13	9,67
Promedio general				7,11
Nº de lombrices/m ²				89

Balderrama 12F norte				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	0	0	1	0,33
2	5	1	6	4,00
3	1	6	0	2,33
Promedio general				2,22
Nº de lombrices/m ²				33

Valenzuela 4G sud				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	3	4	7	4,67
2	0	1	1	0,67
3	0	0	2	0,67
Promedio general				2,00
Nº de lombrices/m ²				22

B Medición del número de lombrices en las parcelas agroforestales

SAF Frutales				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
Promedio general				0
Nº de lombrices/m ²				0

SAF Olivo				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
Promedio general				0
Nº de lombrices/m ²				0

Olivo-Tagasastes				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
Promedio general				0
Nº de lombrices/m ²				0

SAF Testigo				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
Promedio general	0			
Nº de lombrices/m ²	0			

C Medición del número de lombrices en las parcelas locales

Papalina-Clavel				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	0	2	4	2,00
2	0	0	0	0,00
3	0	1	0	0,33
Promedio general	0,78			
Nº de lombrices/m ²	11			

Claveles				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	0	2	4	2,00
2	0	0	0	0,00
3	0	1	0	0,33
Promedio general	0,78			
Nº de lombrices/m ²	11			

Vaina-Arveja				
Subparcela	Nº de lombrices/repetición			Promedio
1	5	0	1	2,00
2	9	4	24	12,33
3	23	7	7	12,33
Promedio general	8,89			
Nº de lombrices/m ²	100			