

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa

UNAN-FAREM, Matagalpa.



MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y rendimientos productivos en el humedal Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa. Segundo semestre, 2016.

Autores:

Br. Luis Adolfo Lumbi Aguinaga

Br. Carlos Andrés Muñoz

Tutor:

MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Matagalpa, Junio 2017



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa

UNAN-FAREM, Matagalpa.



MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y rendimientos productivos en el humedal Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa. Segundo semestre, 2016.

Autores:

Br. Luis Adolfo Lumbi Aguinaga

Br. Carlos Andrés Muñoz

Tutor:

MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Matagalpa, Junio 2017



DEDICATORIA

Dedico este significativo trabajo, a:

DIOS: Por darnos la vida, sabiduría, salud y perseverancia.
Hasta el cielo le envió el fruto de mi esfuerzo.

A MIS PADRES: SR. Luis Adolfo Lumbi Pineda
SRA. Leopoldina Aguinaga García

Por cuyo sacrificio, abnegaciones, ejemplo de honradez y trabajo. Para ellos mi triunfo y cariño.

A TODOS MIS HERMANOS: Con fraternal cariño.

AL PROFESOR Y TUTOR: MSc. Francisco Javier Chavarría Arauz.
Con singular aprecio.

A MI COMPAÑERO DE INVESTIGACIÓN: Carlos Andrés Muñoz.
Por su ejemplar esfuerzo, empeño y dedicación.

A TODOS MIS PROFESORES, EN ESPECIAL:

MSc. Evelyn Calvo Reyes
MSc. Virginia López Orozco
MSc. Rosa María Vallejos Cabrera
MSc. Julio Cesar Laguna Gámez
PHD. Jairo Emilio Rojas Mesa

Con respeto y admiración.

Br. Luis Adolfo Lumbi Aguinaga

DEDICATORIA

A **DIOS** por brindarme la oportunidad de servir a la sociedad en el campo de la agronomía, por la salud, la fuerza y la vida alumbrándome en el camino de la sabiduría.

Muy especialmente a mi madre **Aura María Muñoz** por ser un ejemplo de trabajo y esfuerzo, por brindarme su apoyo y motivación incondicional en el transcurso de mi preparación académica

Fraternalmente a Mis hermanos **Gerardo Enrique, Arnoldo Joel Muñoz** por motivarme durante el transcurso de mis estudios.

A mis hijos **Carlos Francisco & Aura María Muñoz Lorente**, quienes son parte importante en mi vida, siendo el motor que impulso a culminar mis estudios universitarios.

A mi tutor investigador **MSc. Francisco Chavarría Aráuz**, por los aportes y sugerencias que realizó al trabajo brindándome la oportunidad de trabajar a su lado en la investigación. Quien es ejemplo del esfuerzo y la excelencia.

A mi compañero de tesis **Luis Adolfo Lumbi Aguinaga** quien mostro gran esfuerzo y motivación durante el proceso de la investigación.

Al **CRS** (Catholic Relief Services) por brindarnos su apoyo a través del Programa Agricultura Suelo y Agua (ASA) de realizar nuestro tema de investigación y especialmente a los productores **Narciso Moreno, su esposa doña Emelda & Tomas Moreno** por su disponibilidad y colaboración en el levantamiento de datos.

Br. Carlos Andrés Muñoz

AGRADECIMIENTO

“A ti, oh Dios de mis padres, te doy gracias y te alabo, porque me has dado sabiduría y fuerza”. Daniel 2:23

De manera especial también agradecemos a **nuestros padres**; por sus muestras de apoyo, ejemplos de esfuerzo durante nuestros estudios.

A **CRS** (Catholic Relief Services) por su apoyo técnico y financiero para llevar a cabo esta investigación y mejorar la calidad de vida en productores del país.

Al profesor y amigo **MSc. Francisco Chavarría Aráuz**, por darnos la confianza y privilegio de trabajar a su lado en esta investigación, mostrando su paciencia, disposición como también sus conocimientos.

Con singular estimación a **MSc. Evelyn Calvo**, por sus sugerencias en campo y consejos para formarnos profesionalmente.

A los protagonistas de esta investigación; **Los Productores**, por su disponibilidad, confianza y conscientes en contribuir a preservar los recursos naturales.

A todos los maestros por la disposición de transmitir sus conocimientos, consagración y esmero para formar profesionales.

A cada compañero de clase que constituyo parte en nuestra formación profesional.

Br. Luis Adolfo Lumbí Aguínaga

Br. Carlos Andrés Muñoz

OPINIÓN DEL TUTOR

Por este medio el Suscrito Francisco Javier Chavarría Aráuz, en mi calidad de Tutor de la Investigación monográfica realizada por los bachilleres Luis Adolfo Lumbi Aguinaga, carnet 12065230 y Carlos Andrés Muñoz carnet 03433758, con el título “Efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y rendimientos productivos en el humedal Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa. Segundo semestre 2016”, Avalo la entrega del documento informe por considerar que cumple con las normas establecidas por la UNAN Managua para este tipo de modalidad de graduación.

En el informe se puede observar la coherencia entre sus diferentes capítulos, asimismo el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Los resultados obtenidos por los Bachilleres Luis Adolfo Lumbi Aguinaga y Carlos Andrés Muñoz, constituye un importante aporte en el estudio de suelos y la implementación de prácticas de conservación, con mira a lograr un uso sostenible de capital natural, pero sobre todo de los suelos por su estrecha relación con los demás componentes del capital natural.

Aprovecho para felicitar a los Bachilleres Luis Adolfo Lumbi Aguinaga y Carlos Andrés Muñoz por lograr una meta más de las muchas que seguro tienen en el camino que están iniciando.

El estudio se realizó con el apoyo técnico y financiero de Catholic Relief Services (CRS) en el marco del Programa Agricultura, Suelos y Agua.

MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la microcuenca Moyúa, Ciudad Darío Matagalpa-Nicaragua, durante el segundo semestre 2016, el propósito fue evaluar el efecto de las prácticas agronómicas y culturales que intervienen en la calidad de suelo y los rendimientos productivos. Esta investigación es de carácter descriptivo, de enfoque mixto cuali-cuantitativo. El universo está constituido por diez productores beneficiados con parcelas ASA, integrando estos mismo la muestra en esta investigación. Se realizaron muestreos de suelo para obtener los resultados a nivel de laboratorio, encontrándose buen estado de las propiedades químicas para el suministro de los cultivos, pero mal estado en propiedades físicas y biológicas, aducido a la ausencia de prácticas conservacionistas como; incorporación de residuos de cosechas, cobertura permanente del suelo, siembra de leguminosas como cobertura. De las prácticas culturales adecuadas solo destacan las épocas de siembra, la fase lunar y no realizan buenas prácticas agronómicas como manejo integrado de cultivo fertilización con análisis de laboratorio, no implementan barreras para evitar la erosión del suelo, influyendo estos factores en los rendimientos al cerrar los ciclos de los cultivos. También se demuestra que la agricultura agroconservacionista combinada con buen manejo agronómico y cultural, mejora los rendimientos productivos, logrando cambios de 7 qq/Mz de maíz que comúnmente producían hasta 20.6 qq/Mz con la implementación de prácticas de agricultura conservacionista, además de las mejoras en las propiedades físicas químicas y biológicas. Mediante esta técnica, se contribuye a la restauración del medio ambiente y la calidad de vida de los productores.

Palabras Claves: Prácticas agronómicas, culturales, agroconservacionistas, suelo, rendimientos.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
OPINIÓN DEL TUTOR.....	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	10
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
V. OBJETIVOS	14
VI. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	15
VII. MARCO TEÓRICO	16
7.1. GENERALIDADES DEL SUELO	16
7.2. COMPOSICIÓN DEL SUELO	16
7.3. TIPOS DE SUELO EN NICARAGUA	17
7.3.1. <i>Situación de los suelos en Nicaragua</i>	18
7.3.1. <i>Cultivos establecidos por pequeños productores nicaragüense</i>	19
7.4. AGRICULTURA CONSERVACIONISTA.....	20
7.4. RELEVANCIA QUE TIENEN LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO	21
7.5. FACTORES DETERMINANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELO	22
7.5.1. <i>Prácticas de conservación de suelo</i>	23
7.5.1.1. Prácticas agronómicas	24
7.5.1.1.1. Fertilización con análisis de laboratorio.....	24

7.5.1.1.2. Manejo integrado de cultivo.....	25
7.5.1.1.3. Rotación de cultivo	26
7.5.1.1.4. Siembra de cultivo en asocio.....	27
7.5.1.1.5. Siembra de cultivos de cobertura	27
7.5.1.1.6. Barreras vivas y muertas.....	28
7.5.1.2. Prácticas culturales	29
7.5.1.2.1. Época de siembra	29
7.5.1.2.2. Tipo de labranza.....	30
7.5.1.2.3. Siembra y las fases lunares	31
7.5.1.2.4. Distancia de siembra.....	33
7.5.1.2.5. Tipo de siembra.....	35
7.6. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS SUELOS Y SU DETERMINACIÓN	35
7.6.1. <i>Parámetros físicos</i>	36
7.6.1.1. Deterioro de las propiedades físicas.....	37
7.6.1.2. Capacidad de Infiltración	37
7.6.1.3. Densidad aparente	38
7.6.1.4. Densidad real	40
7.6.1.5. Estructura	41
7.6.1.5.1. Agregados.....	42
7.6.1.6. Textura	44
7.6.1.7. Consistencia	45
7.6.1.8. Porosidad	46
7.6.1.9. Número y color de moteado	47
7.6.1.10. Color del suelo.....	48
7.6.1.11. Compactación.....	48
7.6.1.12. Profundidad efectiva	49
7.6.1.13. Pendiente	50
7.6.2. <i>Parámetros químicos</i>	51
7.6.2.1. Potencial del ion Hidrogeno (pH).....	51
7.6.2.2. Materia orgánica (MO).....	53
7.6.2.3. Nutrientes disponibles macro y micro nutrientes	54

7.6.3. <i>Parámetros biológicos</i>	61
7.6.3.1. Macro fauna de suelo	61
7.7. AGRICULTURA SOSTENIBLE	63
7.7.1. <i>Efecto de las prácticas agroconservacionistas en los rendimientos productivos</i>	63
7.7.2. <i>Sistema agrícola</i>	65
7.7.3. <i>Desarrollo sostenible</i>	65
7.7.3.1. Sostenibilidad	65
VIII. DISEÑO METODOLÓGICO	67
8.1. UBICACIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO	67
8.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	67
8.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	68
8.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	69
8.5. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	69
8.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	71
8.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	72
IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
9.1. PRÁCTICAS CULTURALES Y AGRONÓMICAS	75
9.1.1. <i>Cultivos que se establecen</i>	76
9.1.2. <i>Tipo de labranza</i>	78
9.1.2. <i>Distancia de siembra</i>	79
9.1.3. <i>Épocas y fecha de siembra</i>	81
9.1.4. <i>Siembra y fase lunar en que la realizan</i>	83
9.1.5. <i>Levantado de las cosechas y la fase lunar</i>	84
9.1.6. <i>Fertilización con análisis químicos</i>	85
9.1.7. <i>Control de plagas y enfermedades</i>	86
9.1.8. <i>Arreglo de los cultivos</i>	87
9.1.9. <i>Siembra de cultivos de cobertura (abonos verdes)</i>	89
9.1.10. <i>Barreras vivas/muertas</i>	90
9.2. ESTADO DE LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS Y CULTURALES	90

9.3. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SUELOS.....	92
9.3.1. <i>Textura del suelo</i>	92
9.3.2. <i>Densidad aparente</i>	94
9.3.3. <i>Estructura y Consistencia</i>	96
9.3.4. <i>Porosidad</i>	98
9.3.5. <i>Color de moteado</i>	100
9.3.6. <i>Color del suelo</i>	101
9.3.7. <i>Macro fauna del suelo</i>	102
9.3.8. <i>Cobertura de suelo</i>	104
9.3.9. <i>Compactación (piso de arado)</i>	105
9.3.10. <i>Profundidad del suelo</i>	106
9.3.11. <i>Pendiente</i>	107
9.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DE SUELO.....	109
9.4.1. <i>Materia orgánica</i>	109
9.4.2. <i>Potencial de ion Hidrogeno (pH)</i>	110
9.4.3. <i>Macro nutrientes</i>	112
9.4.4. <i>Macro nutrientes secundarios</i>	118
9.4.5. <i>Micros nutrientes</i>	122
9.4.6. <i>Relaciones de bases intercambiables</i>	129
9.5. EFECTO DE LAS PRÁCTICAS AGROCONSERVACIONISTA EN LOS RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS	131
9.5.1. <i>Egresos y utilidad monetarios de la agricultura de subsistencia en comparación con la diversificación de cultivos.</i>	134
9.6. PLAN DE MANEJO SOSTENIBLE	136
X. CONCLUSIONES	144
XI. RECOMENDACIONES.....	145
XII. BIBLIOGRAFÍA	146

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO 1. Cronograma de actividades.....	
ANEXO 2. Encuesta.....	
ANEXO 3. Tarjeta de evaluación visual de suelo.....	
ANEXO 4. Hoja de campo para la evaluación de las prácticas de conservación de suelos en la unidad de producción.....	
ANEXO 5. Fotografías de fase de campo de la investigación.....	
ANEXO6. Fotografías de guía de evaluación visual de suelo.....	
ANEXO 7. Resultados de análisis de suelo.....	
ANEXO8. Tabla de interpretación de los elementos.....	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Relación entre la densidad aparente, crecimiento radicular y textura de suelo.....	40
Cuadro 2. Rangos del potencial del ion Hidrogeno (pH)	53
Cuadro 3. Rango referencial de nutrientes del suelo para Nitrógeno, Fósforo y Potasio	56
Cuadro 4. Niveles de Fósforo (P)	57
Cuadro 5. Rango referencial para Calcio, Magnesio y Azufre	58
Cuadro 6. Rango referencial para Manganeso, Zinc, Cobre, Boro.....	59
Cuadro 7. Rangos deseables para intercambio catiónico	60
Cuadro 8. Tipos de cultivos comúnmente establecidos.....	76
Cuadro 9. Tipo de labranza del suelo por parte de los productores	78
Cuadro 10. Distancias promedio de siembras para los cultivos que se establecen	80
Cuadro 11. Época y fecha de siembra	82
Cuadro 12. Arreglo de los cultivos en las unidades de producción	88
Cuadro 13. Estado de las Prácticas Agronómicas y Culturales.....	91
Cuadro 14. Estructura y consistencia	97
Cuadro 15. Porosidad.....	99
Cuadro 16. Moteados del suelo.....	100
Cuadro 17. <i>Color del suelo</i>	101
Cuadro 18. <i>Macro fauna del suelo</i>	103
Cuadro 19. Cobertura de suelo	104
Cuadro 20. Compactación de suelo (piso de arado)	105
Cuadro 21. Profundidad de raíces o suelo (cm)	107
Cuadro 22. Porcentaje de pendiente	108
Cuadro 23. Niveles de Boro (B).....	127
Cuadro 24. Relación de bases intercambiables	129
Cuadro 25. Egresos y utilidades monetaria de la agricultura de subsistencia en comparación con la diversificación de cultivos	134
Cuadro 26. Dosis de fertilización en el cultivo de Maíz	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Siembra y fase lunar en que la realizan	83
Gráfico 2. Levantado de las cosechas y la fase lunar	84
Gráfico 3. Método de control de plagas y enfermedades	86
Gráfico 4. Textura de suelo	92
Gráfico 5. Densidad aparente (Dap g/cm ³).....	95
Gráfico 6. Materia orgánica (%).....	109
Gráfico 7. pH del suelo	111
Gráfico 8. Niveles de Nitrógeno (N).....	112
Gráfico 9. Niveles de Fósforo (P)	114
Gráfico 10. Niveles de Potasio (K)	117
Gráfico 11. Niveles de Calcio (Ca)	118
Gráfico 12. Niveles de Magnesio (Mg)	120
Gráfico 13. Niveles de Azufre (S).....	121
Gráfico 14. Niveles de Hierro (Fe).....	123
Gráfico 15. Niveles de Cobre (Cu)	124
Gráfico 16. Niveles de Manganeso (Mn)	126
Gráfico 17. Niveles de Zinc (Zn).....	128
Gráfico 18. Efecto de las prácticas conservacionistas sobre los rendimientos productivos.....	132

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Sistema lagunar Moyúa Playitas, Tecomapa.....	67
--	----

I. INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es una de las principales problemáticas ambientales a nivel mundial, la degradación de los ecosistemas afectados involucra indirectamente un impacto económico y social, mientras que los efectos que presenta en el recurso suelo son variados y muchos de ellos se asocian a la pérdida de productividad (Brunel & Seguel, 2011).

Como resultado del cambio climático, se espera un aumento de la temperatura media del planeta y la frecuencia de eventos climáticos extremos debido a la acción humana. Los sistemas de producción agropecuarios se verán directamente impactados por los efectos del cambio climático, limitando la capacidad del sector para producir alimentos, fibras, combustibles y otros bienes y servicios, así como la contribución al bienestar de los productores, al desarrollo rural y al crecimiento económico (Moreira, 2015).

En razón de su geografía, América Latina y el Caribe (ALC) son altamente vulnerables a los cambios climáticos. Mesoamérica y las islas del Caribe se encuentran situadas en el cinturón de los huracanes, cuya fuerza y volatilidad han ido en aumento en los últimos años (Vergara, Kondo, Pérez & Méndez, 2007).

Otro de los fenómenos de peso que afecta la variabilidad climática de América Latina es El Niño, por ejemplo, durante el episodio de El Niño de 1998, los productores observaron que el ciclo de los cultivos se había reducido; tal fue el caso del algodón y del mango en la zona septentrional de Perú y en Centroamérica maíz, frijol y arroz. Asimismo, la sequía produjo un aumento de plagas y cambios de temperatura, generando ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades (Ortiz, 2012).

Como manera de mitigar los impactos que provocan algunos manejos para los suelos, garantizar la productividad, elevar los rendimientos y presentar alternativas ante los diferentes amenaza que presentan fenómenos que afectan los suelos, los rendimientos y por consecuencia la actividad productiva del país, CRS ha contribuido de gran manera, con apoyo técnico y financiero para elaborar esta investigación “efecto de las prácticas de conservación de suelo en los rendimientos productivos” valorando el estado actual de los suelos, partiendo de un análisis químico en laboratorio.

Se identificaron las prácticas agronómicas y culturales que se emplean en las unidades de producción, así como la valoración del estado que se encuentran, lo cual se relacionará con la condición actual de los suelos y los rendimientos productivos. Este estudio es de carácter descriptivo tomando en cuenta 10 productores organiza y a su vez beneficiados con parcelas ASA que promueve CRS junto con la UNAN-FAREM, en el sitio RAMSAR Moyúa.

II. ANTECEDENTES

Las prácticas de conservación de agua y suelo normalmente toman forma en una combinación que logra una o más de las siguientes metas: reducir la susceptibilidad de la superficie del suelo a desprendimiento/deslaves, la disminución del arrastre de suelos susceptibles a erosión mediante la cobertura de suelo (Cox & Hellin, 2015).

Diversos estudios han surgido partiendo de la temática de la conservación de suelos y agua, de los registrados a nivel internacional está el que se realizó en el departamento de San Pedro, Paraguay en el 2013 por Florentín, Ovelar y Santacruz, los que desarrollaron un ensayo como parte de una investigación de larga duración realizada en el Campo Experimental Agrícola de Choré, con el objetivo de evaluar los efectos sobre las propiedades químicas del suelo y los rendimientos del maíz de diferentes sistemas de manejo de suelo: labranza convencional, labranza mínima sin abono verde, labranza mínima con abono verde, siembra directa sin abono verde y siembra directa con abono verde. Las variables analizadas fueron: los contenidos de materia orgánica, Fósforo, bases intercambiables, Aluminio y el pH, además observaron el rendimiento del maíz sobre cada sistema de manejo.

Florentín, Ovelar y Santacruz (2013) concluyeron que el nivel de la materia orgánica fue mayor en los tratamientos que incluyeron el uso de abonos verdes, además, los valores de pH del suelo fueron inferiores en los sistemas que incluyeron abonos verdes como la siembra directa y labranza mínima, indicando una tendencia de acidificación más acentuada con relación al sistema convencional. Los niveles de Fósforo no fueron afectados por los diferentes sistemas de manejo de suelo. Los niveles de Aluminio intercambiable aumentan cuando existe una cobertura de suelo con restos de abonos verdes. Los mayores rendimientos de granos de maíz se lograron en los sistemas de labranza mínima con abono verde y siembra directa con abono verde.

Cabrera, Hernández y Llanes (2015) realizaron un estudio durante tres años en San Juan y Martínez, Pinar del Río, en Cuba sobre suelos Ferralíticos Amarillentos lixiviados, con el objetivo de introducir la Agricultura de Conservación en suelos afectados por la degradación. Realizaron un esquema de rotación para el establecimiento de los cultivos bajo la agricultura de conservación que incluyó el frijol común o una vigna, maíz asociado con frijol terciopelo o sorghum y el tabaco, los resultados se compararon con el sistema de manejo tradicional por consiguiente evaluaron la influencia de la agricultura de conservación sobre suelos afectados por el uso intensivo y mal manejo.

Cabrera *et al.*, (2015) encontraron como resultado que la Agricultura de Conservación mejoró el pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, CCB, CIC, P₂O₅, K₂O, la materia orgánica aumentó en 0,26%, la porosidad total en 6,94% y la densidad aparente disminuyó en 0,17gcm además con sistema de la Agricultura de Conservación redujo la erosión en un 80,49 % respecto a la labranza tradicional. La nueva tecnología incrementó el rendimiento del maíz en 9,68%, el sorghum en 36,76%, el tabaco bajo tela 12,92% y la calidad en 7,60%, en el tabaco al sol el rendimiento se incrementó en un 30,24% y la calidad en un 9,55%.

En 2015, Ibrahim, Montiel y Rivera en América latina en colaboración del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en el marco del proyecto EUROCLIMA-IICA (Agricultura sostenible, seguridad alimentaria y cambio climático), elaboraron una sistematización de experiencias de buenas prácticas agrícolas de adaptación desarrolladas en países de Latinoamérica y que han tenido resultado favorable para mitigar los efectos y adaptarse al cambio climático.

En América Central el proyecto Red de Innovación Agrícola (RED SICTA), financiado en América Central por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), llevó a cabo proyectos en las cadenas de maíz y frijol, se implementó prácticas de mejoramiento de suelos en cuatro países, Belice, Costa Rica, Honduras y Nicaragua. Donde se difundieron conocimientos, prácticas

sostenibles en el uso de inoculantes de cultivos, manejo de coberturas, Buenas Prácticas Agrícolas y obras para la conservación de suelos, como resultado de las innovaciones tecnológicas para el mejoramiento del suelo que se promovieron con los productores utilizando enfoques participativos resultaron en el incremento de la productividad del maíz y el frijol (Ibrahim, Montiel & Rivera, 2015).

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) realizó una serie de investigaciones en 2015, con tendencia a la adaptación de la agricultura ante el cambio climático, enfocándose en la adopción de las Buenas Prácticas en los sistemas agrícolas, forestales y ganaderos en la región centroamericana como una estrategia de adaptación al cambio climático en la que han utilizado una serie de casos de aplicación de buenas prácticas favoreciendo la conservación de suelos y aguas por parte de pequeños y medianos productores de laderas, todo con el fin de mostrar mayor resiliencia y adaptación ante las condiciones de variabilidad climática (UE/IICA, 2015).

El Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas (ICTA) de Guatemala en el 2014, inició una investigación de Agricultura de Conservación (AC) en colaboración con el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). El proyecto Buena Milpa busca soluciones innovadoras, creativas, eficientes y viables para conservar y mejorar los suelos del altiplano occidental de Guatemala. Para lograr esta meta, se estableció una vinculación con organizaciones locales que están trabajando en el tema (Cox & Hellin, 2015).

Robles (2004) junto con (CATIE) realizaron un estudio en la microcuenca del Río Uruca, Costa Rica. En base a la investigación formularon planes agro conservacionistas de fincas de acuerdo al uso preferencial de la tierra a través de un proceso de caracterización y diagnóstico, como contribución al manejo integrado de la microcuenca.

En el ámbito nacional Lanzas en 1995, realizó un estudio sobre “Evaluación del efecto de prácticas agro conservacionistas sobre la erosión y producción de granos básicos, Ticuantepe, Managua” Desde el año de 1993, con la Facultad de Recursos Naturales del Ambiente (UNA-FARENA) donde evaluaron el efecto de tres tipos de prácticas de conservación de suelos y agua a través de un sistema de parcela, las que fueron objeto de un monitoreo y evaluación, programado para una duración de tres años de producción maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y (*Mucuna pluriens L.*), concluyeron que después de tres años de realizar prácticas conservacionista, existe un beneficio en la incorporación de residuos de cosecha, reduciendo las pérdidas de suelo, mayor retención de humedad, disminución de incidencia de maleza y aumento en el rendimiento productivo.

Por otra parte, Espino y Romero elaboraron un ensayo que se llevó a cabo en el año de 1998, estableciendo un experimento de campo en la finca Frutas Tropicales, carretera Masaya-Tipitapa, Nicaragua, para evaluar el efecto de diferentes frijoles abonos sobre la dinámica de macronutrientes del suelo, aporte de materia orgánica y la incidencia de las diferentes plagas agrícolas sobre el crecimiento y rendimiento de la pitahaya (*Hylocereus undatus, Britton & Rose*). Los tratamientos evaluados fueron: *Mucuna pluriens (L)*, *Cajanus cajan (L)*, *Canavalia ensiformes (L)*, *Vigna unguiculada (L)*, *Dolichos lablab (L)* y el tratamiento sin frijol.

Espino & Romero (1998) determinaron que los frijoles abonos ejercen un efecto positivo en el aporte de nutriente y reciclaje de los mismos, por que mejoran la fertilidad del suelo. También aportan gran cantidad de materia orgánica a partir de los restos vegetales produciendo mayor biomasa. Las malas hierbas fueron controladas eficazmente por los frijoles abonos, principalmente las monocotiledóneas; no así en el tratamiento sin frijol. Los insectos plagas de suelo fueron controlados por los frijoles abonos, al igual que los nematodos. El efecto positivo del asocio de frijoles abonos con la pitahaya mejora su crecimiento

produciendo más brotes bajo la presencia de *Cajanus cajan*, se obtuvieron incremento en los rendimientos tanto en el número de frutos por hectárea en el rendimiento en kg/ha bajo el efecto de *Cajanus cajan*, *Mucuna pruriens* y *Dolichos lablab*.

Espinoza (2014) a partir del 2013 en alianza con CRS e INAFOR han rescatado prácticas agro conservacionistas implementando entre ellas (rodillo); e información de experiencias, con el fin de promover agricultura de conservación, comprobar la factibilidad de su implementación y evidenciar sus ventajas entre los productores y productoras atendidos por los socios ejecutores del proyecto.

Arceda & Salmerón (2014), realizaron un estudio que consistió en la evaluación de la potencialidad de los suelos en sistemas productivos en la parte alta y media, Río Cállico, San Dionisio; este estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto que tienen los sistemas productivos actuales sobre los suelos, se analizaron propiedades físicas, como textura, profundidad efectiva de suelos y químicas como potencial de hidrogeno (pH), contenido de materia orgánica a través de análisis químico de laboratorio así como la identificación de los cultivos que ahí son establecidos. Encontraron que las condiciones agroecológicas son las óptimas para el establecimiento de cultivos existentes, así como las propiedades físicas y químicas están en condiciones adecuadas a excepción del Fósforo (P).

Balmaceda y Fargas (2014) realizaron un estudio sobre la “Caracterización agro socioeconómica de las unidades de producción de la Microcuenca de Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua”, donde una de las variables estudiadas fueron parámetros físicos químicos y manejo agronómico del suelo, donde concluyeron que no realizan buenas prácticas agrícolas como la no incorporación de rastrojos, las quemas, utilización de productos químicos, también la eliminación de árboles, además observaron que las precipitaciones son un factor limitante, ocasionando en muchos casos pérdidas de cosecha por eventos de sequías, aunque las condiciones agroecológicas climatológicas como

temperatura, horas luz y altura sobre el nivel del mar son las óptimas para el desarrollo de los cultivos que son establecidos.

Pérez y Blandón (2015) realizaron un estudio de "Evaluación de sistemas productivos agrícolas bajo prácticas agronómicas y culturales sostenibles de productores de la microcuenca, realizó en Ciudad Darío, Matagalpa. Las variables medidas fueron: capital natural, prácticas agronómicas y culturales, así como el impacto ambiental. Como objetivo principal se pretendieron evaluar el impacto que tiene los sistemas de producción agrícola bajo prácticas agronómicas y culturales implementadas por los productores. La población del estudio estaba constituida por 25 productores donde la muestra fue de 2 productores.

Pérez & Blandón (2015), encontraron que los sistemas productivos agrícolas bajo algunas prácticas agronómicas y culturales implementadas por los productores son beneficiosos para los suelos. El estado del capital natural que poseen las unidades de producción agrícola se encuentran en estado de degradación como es el caso de los suelos que poseen una profundidad desfavorable a causa de procesos erosivos, materia orgánica muy desfavorable, bajos niveles de fertilidad, además la contaminación de las aguas de la laguna, impidiendo su uso para consumo humano, clima con temperaturas más altas, menos meses de precipitaciones, menor humedad relativa, velocidades de vientos fuertes. Concluyendo que, el manejo brindado por los productores ocasiona degradación ambiental en las unidades productivas agrícolas.

A nivel internacional como nacional está ampliamente documentado que las practicas conservacionistas mejoran, restauran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, provocando un efecto positivo en los rendimientos, principalmente granos básicos como cultivo predominante en pequeños y medianos productores.

Por otra parte, a nivel local se han evaluado practicas agronómicas y culturales, por ejemplo, la de Pérez & Blandón (2015) que estableció cobertura con rastrojos y biomembrana pero no con leguminosa, de las que se conoce que aparte de proteger los suelos de la erosión por su alto contenido de biomásas, son fijadoras de nutrientes, poseen un sistema radicular que favorece en una extracción equilibrada de los nutrientes beneficiando el ciclaje de los nutrientes, por su sistema radicular tienen capacidad subsoladora en suelos compactados por mal manejo, por lo que no se conoce en la comunidad Moyúa el efecto de la implementación de prácticas agroconservacionista en dirección a los rendimientos productivos.

III. JUSTIFICACIÓN

La baja productividad de los cultivos se debe a malas prácticas de su manejo, entre las que pueden mencionarse: las malas aplicaciones de fertilizantes al suelo y al follaje, épocas de siembra inadecuadas, aplicaciones incontroladas de riegos, cultivos en laderas, así como la renuencia de los agricultores a no aceptar nuevas técnicas, puesto que continúan utilizando las mismas recomendaciones de fertilización de hace 40 años y no siempre hacen un análisis al suelo para ver sus deficiencias (Olivares, 2009).

Según Tinoco y Aráuz (2013) como resultado de todo el mal manejo, el suelo ha llegado a nuestros días intensamente degradado, en Nicaragua se implican retos de alta calidad de productos agrícolas a menos costos para el productor lo cual conlleva en la búsqueda de técnicas que permitan mejorar la calidad como cantidad de las cosechas sin comprometer los presupuestos de producción.

Este problema se agrava más con el alza de precio de los fertilizantes al suelo, situación que se ha querido enfrentar con proponer el implemento de prácticas tanto agronómicas como culturales adecuadas que mejore la calidad de suelo y por consiguiente los rendimientos productivos, la cual conlleva al bienestar social y económico de los productores del país.

La presente investigación “efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y rendimientos productivos en el humedal Moyúa, Ciudad Darío”, que se realiza con el apoyo de CRS, se desarrolla con la finalidad de promover la implementación de buenas prácticas de conservación que conlleven a la calidad de suelo y el efecto en los rendimientos productivos, ya que los productores no brindan el manejo adecuado a sus áreas de producción adherido a falta de conocimientos, tradicionalismo de sus cosechas que impide la implementación de prácticas que mejoren la calidad del suelo y los rendimientos de la producción.

A partir de este estudio se dispone de un conocimiento, que demuestra el efecto que representa la implementación de prácticas de agricultura conservacionista, el efecto en la calidad de suelo y rendimientos productivos. Será útil para productores, a estudiantes de la Universidad, para realizar otros estudios a partir de este tema, y a nosotros que permitió ampliar los conocimientos como parte de la formación integral en la carrera de Ingeniería Agronómica.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Nicaragua, y particularmente las unidades de producción agropecuaria, sufren un grave deterioro ambiental (fragilidad extrema del ecosistema, disminución de la cubierta vegetal natural que deja los suelos susceptibles a la erosión, el mal uso de los suelos y las prácticas agrícolas inadecuadas), asociadas a otros factores socioeconómicos que están influyendo en la baja productividad de los cultivos y por consiguiente en la pobreza y baja calidad de vida de las familias rurales (Benavides & Rivera, 2014).

Se estima que, para 2050 la población incrementará y junto con ello la demanda de alimentos en 70% sobre la actual. Para suplir esta demanda, se requerirá de mejores sistemas de distribución de alimentos, de una intensificación de los cultivos en los suelos que ya se usan para fines agropecuarios, o bien agudizar las presiones sobre terrenos para el cambio de uso del suelo (FAO, 2009).

Para Benavides y Rivera (2014) a nivel de Centro América, Nicaragua es el país donde se reportan más bajos rendimientos productivos. De continuar cultivando en suelos altamente degradados e implementando prácticas y tecnología no apropiadas, los rendimientos productivos serán decrecientes, en un futuro no muy lejano, las actividades agropecuarias no serán rentables, anteponiendo las proyecciones de la FAO (2009) que plantea que la población va en aumento y para suplir las necesidades alimenticias hay que elevar la producción. Por otra parte, Pavón, Madero y Amézquita (2000) sostiene que la degradación de suelos en este país se debe fundamentalmente a erosión hídrica, procesos físico-químicos que incluyen salinización, acidificación y uso excesivo de agroquímicos, entre otros factores.

Las prácticas inapropiadas en el uso agrícolas del suelo que van desde la preparación de suelo, uso irracional de plaguicidas en el control de arvenses y enfermedades, ocasionan perjuicio al medioambiente como al bienestar humano

del país, ya que contribuye a la degradación de los suelos y bajos rendimientos de los cultivos lo que disminuye la rentabilidad para los productores.

Para la búsqueda de respuestas ante el problema observado, nos hemos planteado las siguientes interrogantes:

Pregunta general

¿Cuál es el efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y rendimientos productivos en el humedal Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa, segundo semestre 2016?

Preguntas específicas

¿Cuál es el estado de las prácticas agronómicas y culturales existentes en las unidades de producción en estudio?

¿Cuál es el estado actual de los suelos en cuanto a las propiedades físico-químicas y biológicas?

¿Cuál es el impacto de las prácticas de agricultura conservacionistas sobre los rendimientos productivos en los principales rubros agrícolas en las unidades de producción estudiadas?

V. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Valorar el efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y rendimientos productivos en el humedal Moyúa Ciudad Darío.

1.2. Objetivos Específicos

Determinar la existencia y estado actual de las prácticas agronómicas y culturales en las unidades de producción en estudio.

Identificar el estado actual de los suelos en cuanto a las propiedades físico-químicas y biológicas.

Valorar impacto de las prácticas de agricultura conservacionistas sobre los rendimientos productivos en los principales rubros agrícolas en las unidades de producción estudiadas.

Formular propuesta de buenas prácticas en los sistemas productivos a fin de aprovechamiento sostenible de los recursos existentes.

VI. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

6.1. Hipótesis general:

H1: Las prácticas de agricultura conservacionista tienen efectos positivos en la calidad de suelo y los rendimientos productivos.

6.2. H2: Hipótesis específicas

Ha1: Las prácticas agronómicas y culturales implementadas en los sistemas de producción como; distancias de siembras, épocas de siembras adecuadas, manejo integrado de cultivos, rotación de cultivo y obras físicas de conservación de suelo y agua, se encuentran en buen estado.

Ha2: Las propiedades físicas como estructura, compactación, color, profundidad efectiva de raíces al igual que propiedades químicas tales como pH, Materia Orgánica, contenido de nutrientes y las propiedades biológicas (presencia de anélidos) de los suelos de la micro cuenca Moyúa se encuentran en buen estado.

Ha3: La implementación de prácticas de agricultura conservacionista como: labranza mínima, cobertura permanente del suelo asociado y rotación de cultivos, contribuye a la mejora de los rendimientos productivos en los principales rubros agrícolas de las unidades de producción y a la conservación de la calidad de los suelos y agua.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades del suelo

El suelo es el soporte de donde crece y se desarrollan los cultivos, en este se dan una serie de reacciones químicas, que hacen posible la nutrición de las plantas y su productividad en beneficio de nosotros los seres humanos y de la fauna silvestre y domesticada por ende “es primordial en la producción de alimentos los que dependen de su buena condición en sus propiedades, así como de su conservación para asegurar alimentaria” (Chavarría, 2014).

Brunel y Seguel (2011) afirman que “el suelo es un medio dinámico donde ocurren una serie de procesos ecosistémicos que permiten el adecuado desarrollo de los cultivos que en ellos se sustentan”. En los suelos se dan una serie de interacciones de componentes bióticos como microorganismos y macroorganismos, la cobertura vegetal y factores abióticos como el clima, relieve, aire los minerales entre otros que interactúan, permitiendo el desarrollo de los cultivos.

De lo anterior se puede señalar que la producción de alimentos depende en un alto porcentaje del uso que se les dé a los suelos, por tanto, se pueden ver afectados por el factor antrópico como el manejo, la clase de uso y las condiciones climáticas que intervienen en los procesos erosivos cuyas consecuencias afectan su potencial en la producción de alimentos.

7.2. Composición del suelo

Para Ansorena (1994) el suelo se compone de tres fases: sólida, líquida y gaseosa, cuya composición y proporción dependen de la naturaleza de suelo, de las condiciones ambientales a su vez, las propiedades agronómicas varían con la proporción de cada una de estas fases.

Según Raudes y Sagastume (2011) la porción sólida está constituida por materiales orgánicos como resultado de las plantas, animales muertos, así como hongos bacterias que pasan a formar parte del suelo y materiales inorgánicos como los minerales. La porción líquida contiene agua, minerales de anhídrido carbónico y oxígeno. La porción gaseosa corresponde al aire que es ocupado por el espacio poroso.

De lo antes mencionado por Raudes y Sagastume (2009) podemos decir que la proporción que constituyen las tres fases es muy diversa, en la que actúan diferentes factores como los climáticos, características de su material de origen como el material parental, vegetación por consiguiente confiando características y propiedades que determina su capacidad de uso lo cual afirma Ansorena (1994).

7.3. Tipos de suelo en Nicaragua

Según INTA (2013) el territorio nacional está dividido en tres macro regiones presentando diferentes órdenes de suelo, en la región del pacífico posee suelos de uso amplio considerado como los mejores del país, se encuentran ordenes como Entisoles, Vertisoles e Inceptisoles. En la región central se encuentra predominancia de suelos Alfisoles; en la región del atlántico predominan los órdenes de suelo Ultisol y en menor presencia los Alfisoles. Esto indica diversidad de suelos que existen en el país permitiendo establecer diferentes tipos de cultivos.

En el IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO, 2013) la región del Pacífico, se caracteriza por tener suelos medianamente profundos y profundos, bien drenados, de texturas moderadamente gruesas, medias, finas y muy finas; con una alta fertilidad aparente desarrollados a partir de cenizas volcánicas básicas. Se encuentran suelos Eutrandopts (textura media), Vitrandepts (texturas moderadamente gruesas con baja fertilidad), Argiustolls, Haplustolls y Argiustalfs (texturas finas), y Vertisoles (texturas muy finas y alta fertilidad).

Los suelos de la región central se desarrollan a partir de rocas volcánicas básica como basalto y andesitas entre otras, son suelos menos profundos que los del pacífico, las texturas varían entre medias (Haplustolls), finas (Argiudolls y Argiudalfs), y muy finas (Vertisoles) no obstante estos suelos tienden a erosionarse por las condiciones de topografía. Mientras que los suelos del Caribe norte y sur los suelos se desarrollan a partir de rocas volcánicas en las planicies, así como roca sedimentaria. En las zonas montañosas los suelos se forman a partir de rocas básicas como basalto la fertilidad es baja por la lixiviaciones y alta concentración de hierro, aluminio, manganeso y conteniendo pH ácidos (IV CENAGRO, 2013).

7.3.1. Situación de los suelos en Nicaragua

El Instituto de Tecnología Agropecuario INTA (2013) menciona que los suelos del país experimentan cambios apuntando al uso de prácticas inapropiadas, como el uso intensivo de maquinaria agrícola provocando problemas de piso de arado y pérdidas de suelo por la erosión eólica en los mejores suelos del país, además el uso de la ganadería intensiva ha provocado pérdidas de suelo, a esto se le suma un aumento en la deforestación dándole cambios de uso lo que marca un impacto negativo en el desequilibrio de los ecosistemas, viéndose fuentes hídricas, humedales, manglares desprotegidos y aumentando el nivel de sedimentación por consiguiente afectando la calidad de agua.

Según, el IV CENAGRO (2013) afirma que “La sobreutilización de los suelos, significa que el uso que se le está dando actualmente, sobrepasa las capacidades de uso de la misma. Esto trae consigo la degradación de los recursos naturales, la insostenibilidad de la producción agropecuaria y forestal a mediano y a largo plazo” según el INTA (2013) menciona que “de un 1, 925,000 hectáreas de tierra arable que tiene Nicaragua, el 4.8% de suelo arable se deforesta cada año” esto indica que el avance acelerado de la frontera agrícola realiza cambios en el uso de la tierra por consiguiente cambios en los ecosistemas.

7.3.1. Cultivos establecidos por pequeños productores nicaragüense

Balmaceda y Fargas (2014) encontraron que, en las unidades de producción, el caso del maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y sorgo (*Sorghum bicolor L.*), se cultivan en todas las unidades productivas. En un 50 % de las parcelas se encontró establecido pipián y ayote (*Cucúrbita argyrosperma*), un 25 % chiltoma (*Capsicum annum L*), tomate (*Lycopersicum sculentum M*). Otro 13 % establece pepino (*Cucumis sativus L*).

Álvaro Fiallos, presidente de la Unión de Agricultores y Ganaderos de Nicaragua (UNAG), señala que el problema en el caso de los granos básicos, específicamente el cultivo de frijol y maíz es que están en manos de pequeños productores, “Son tierras no rendidoras y han sido sembradas o cultivadas a como se puede y no a como se debe, con espeques o sea antes del arado egipcio y eso significa que la asistencia técnica es muy difícil de otorgarse en esas circunstancias y las siembras están expuestas a las lluvias y los productores siembran semillas del montón, es decir no mejorada” (Hidalgo, 2016, pag.8).

MIFIC (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio) (2007) considera que a nivel internacional, las hortalizas junto con las frutas ocupan en nuestros días el segundo lugar de los productos agropecuarios y tan solo dos hortalizas contribuyen con el 50% de la producción en el mundo: la papa y el tomate, pocas son las hortalizas que a nivel mundial presentan una demanda tan alta como el tomate. La Producción de Tomate en Nicaragua se encuentra actualmente de acorde la demanda nacional, el comercio ha venido a aportar mejores precios a los productores. Muchos Pequeños Productores han incursionado de lleno a la venta a través de los Supermercados, Con ello se han asegurado además de la estabilidad de precios el contrato de suministro.

Lo antes mencionado es una verdadera aseveración al contexto de la realidad de nuestro país donde los pequeños productores son los principales aportadores de granos básicos para el país, en lo que coincide el estudio realizado por Balmaceda y Fargas (2014) con lo planteado por Hidalgo (2016), radicando el problema desde el manejo, que va desde el tipo de semilla que están utilizando, como en los suelos, el establecimiento de monocultivos y la asistencia técnica. Pero otro estudio de MIFIC en 2007 revela que los pequeños productores pueden optar a cultivos que permitan mayor aporte por los compradores, permitiendo mejorar sus ingresos fijando una estabilidad en los precios, como es el caso de las hortalizas que tienen una demanda mayor tanto nacional como internacional.

7.4. Agricultura conservacionista

La agricultura de conservación, es un sistema efectivo para mejorar la productividad y sostenibilidad de las unidades de producción familiar, la cual va más allá de realizar obras físicas de conservación de suelos. Promueve la combinación de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas que contribuyen a mejorar la calidad del suelo a través de tres principios; cobertura permanente del suelo, especialmente por residuos y cobertura de cultivos, rotación de cultivos, diversidad de cultivo y mínima alteración mecánica del suelo con siembra directa (Espinoza, 2014).

Para Pérez & Blandón (2015) aplicar técnicas o prácticas contribuye a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva.

La agricultura de conservación son las prácticas agronómicas y culturales que mejoran la productividad, la sostenibilidad, corrigen las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, en lo que concuerdan Pérez y Blandón (2015) con Espinoza (2014) que más que practicas físicas, se debe de integrar tres

principios como, la cobertura permanente, rotación de cultivo y la mínima alteración mecánica del suelo.

7.4. Relevancia que tienen las buenas prácticas agrícolas de conservación de suelo

Según COAG-FAO (2003) las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) se definen como medidas o conjunto de acciones orientadas a la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de la explotación agrícola.

Las prácticas de la agricultura de conservación han mejorado significativamente las condiciones del suelo, debido a que en los rendimientos de cultivo de papa sin manejo integral de cultivo es de 5 toneladas por ha; mediante la aplicación de las prácticas del manejo integral de cultivos y haciendo uso de conservación de suelo siguiendo tres principios: mínima alteración del suelo, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos, el rendimiento puede aumentar hasta 8 o 10 TM por ha. Se conserva la biodiversidad utilizando alternativas que no dañan el medio ambiente, reducido su degradación y potencializa los rendimientos en muchas partes del mundo (FAO, 2015).

No obstante, Izaurrealde, Malhi y Niborg (2006) no solo evaluaron el efecto de las prácticas de conservación en base al impacto en la producción del cultivo, sino que al igual que otros autores se han aventuraron en establecer relaciones entre productividad y los efectos directos del suelo. Demostrando que la reducción de los rendimientos es debido a la erosión; la que simulada se asocia a la cantidad de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) total disponible para los cultivos, junto con la reducción de la materia orgánica (M.O).

Brunel y Seguel (2011) sostienen que la productividad está ampliamente relacionada con el efecto de la erosión en la productividad de los suelos agrícolas debido a la alteración de ciertas propiedades del pedón.

Por lo consiguiente las buenas prácticas agronómicas y culturales influyen no solo en los rendimientos, sino en la reducción de la erosión según lo afirma la FAO (2015), coincidiendo con Brunel y Seguel (2011) y al implementar un conjunto de acciones orientadas a la conservación de suelo, conlleva a mejorar significativamente las condiciones y la recuperación de los suelos, evitando la pérdida de propiedades químicas como: macro nutrientes y materia orgánica según lo experimentó Izaurrealde (2006).

Es evidente que al perder propiedades que influyen en la calidad del suelo como es el caso de macro nutrientes primarios y materia orgánica principalmente, no solo afecta las propiedades mismas del suelo, sino que el suministro necesario para las plantas, lo que conlleva a un déficit en los rendimientos de la producción.

7.5. Factores determinantes para la conservación de suelo

Para Arceda y Salmerón (2014) existen principios generales que se deben considerar como lineamientos básicos para desarrollar obras de conservación de suelos: aumentar la cubierta vegetal de los suelos que reduce la erosión hídrica y eólica, aumenta la infiltración de la lluvia, reduce la pérdida de humedad por evaporación, mantiene la temperatura, mejora las condiciones de germinación, mejora la estabilidad estructural de los suelos, estimula la actividad biológica del suelo, aumenta la porosidad, favorece el control biológico de plagas y reduce el enmalezamiento.

PASOLAC (2000) señala que las laderas de Centroamérica están compuestas de ambientes muy diversos, que difieren por sus condiciones agroecológicas, socioeconómicas, necesidades y prioridades de las familias productoras que varían a nivel de región, comarca o incluso en parcelas.

Tomando en consideración lo planteado anteriormente se pueden señalar como principales practicas: trazado de curvas a nivel, establecimiento de barreras vivas,

acequias o zanjas a nivel para captar agua, acequias o zanjas a desnivel para drenar el exceso de agua de lluvia, barreras muertas de piedra para controlar la erosión, diques de piedra y postes para eliminar cárcavas, formación de mini terrazas para reducir la erosión, agroforestería con regeneración natural, cultivos de maíz y frijol intercalados con leguminosas, rotación de maíz y frijol con abono verde, obras físicas para cosechar agua de lluvia.

7.5.1. Prácticas de conservación de suelo

Según PASOLAC (2000) las prácticas de conservación de suelos se pueden definir como “actividades a escala local que mantienen o aumentan la capacidad productiva de los suelos en áreas susceptibles por medio de la prevención o disminución de la erosión”.

Las prácticas de conservación son las que favorecen a sostener los suelos sanos y por ende mantener la calidad del agua. Esto se consigue al reducir la erosión del suelo por efecto de la precipitación, así como retener la humedad del suelo en la parcela para optimizar el aprovechamiento del agua disponible, mejorar la fertilidad por la adición de materia orgánica, incrementar la diversidad macro y micro biológica, y en algunos casos, disminuir los problemas de plagas (Moreira, 2015).

La práctica de conservación encierra las actividades que protejan los suelos como el principal potencial para la sostenibilidad de la agricultura como lo señala PASOLAC (2000) concordando con lo que planteo Moreira en 2015 que las prácticas de conservación de suelo disponen de mejor fertilidad química incrementando la biodiversidad en el suelo y se reduce la influencia de plagas, aumentando la capacidad productiva.

7.5.1.1. Prácticas agronómicas

MARENA (1998) define como prácticas agronómicas a las labores empleadas dentro del proceso de cultivos, iniciándose desde la preparación del terreno hasta la cosecha del rubro establecido. De allí que las labores agronómicas sean concebidas como un conjunto de actividades o tareas ejecutadas por el productor en el manejo de cultivos. La identificación de tales actividades o tareas es de gran importancia, desde un punto de vista agronómico, ya que permiten determinar las técnicas y la tecnología empleada para lograr la producción vegetal en una finca particular.

Es el grado de tecnología agrícola que se aplica en los terrenos donde se utilizan sistemas de conservación. Generalmente involucra el uso de semillas mejoradas, uso de fertilizantes, fungicidas e insecticidas, para mantener una adecuada producción (Pérez & Blandón, 2015).

Las prácticas agronómicas son las que reúnen labores dentro del cultivo de manera que ayuden a mantener o aumentar los rendimientos tomando en cuenta el buen uso de los recursos de suelo y agua.

7.5.1.1.1. Fertilización con análisis de laboratorio

Al momento de realizar la aplicación de cualquier fertilizante es importante tener conocimiento de las necesidades del cultivo, así como los análisis de suelos, de esta manera se aprovecha mejor cada nutriente aplicado, ya que se utiliza una dosis basada en los requerimientos del suelo. Una fertilización adecuada permite el buen desarrollo de los cultivos, así también se garantiza plantas fuertes y vigorosas, más resistentes a enfermedades y a plagas, asegurando una producción exitosa (Balmaceda & Fargas, 2014).

Si el suministro de nutrientes es amplio los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y el rendimiento de los cultivos son reducidos, los análisis químicos de suelo son una valiosa herramienta para diagnosticar la capacidad de nutrientes a los cultivos (Tinoco & Aráuz, 2013).

El conocimiento con exactitud tanto de los requerimientos de los cultivos como los nutrientes que se encuentran en disposición del suelo permite garantizar cultivos con buen desarrollo y también economizan los costos de fertilizante, ya que se aplica los elementos que se necesitan, además conocer algunas propiedades como textura, materia orgánica y el pH que son de importancia para los suelos agrícolas.

7.5.1.1.2. Manejo integrado de cultivo

El enfoque manejo integrado de cultivos (MIC), debe entenderse como una forma superior del manejo integrado de plagas (MIP) en donde el objetivo principal no es solamente el manejo de plagas que afectan a los cultivos, sino que es un proceso amplio y dinámico que toma en consideración todos los componentes biológicos, ecológicos, culturales y socioeconómicos de los sistemas de cultivos en ambientes específicos. Una correcta aplicación del MIC debe dar como resultado una diversidad de prácticas tecnológicas que contribuyan a contrarrestar el acelerado proceso de degradación de los suelos y del medio ambiente en su conjunto. Estas herramientas en manos de los productores permitirán disminuir los efectos de una agricultura de alto riesgo de pérdidas por efectos ambientales (Vega, Gutiérrez, Pavón, Cornejo, 2009).

Para Vega (sf) el manejo integrado de cultivos permite a los pequeños productores que vienen adoptando tecnologías y sistemas de producción sostenibles a través de este proceso, se tiene presente en todo momento la influencia de un adecuado uso del manejo de cultivos vinculado con la conservación del medio ambiente,

planificando la producción anual, valorando la disponibilidad y limitaciones de los recursos humanos, técnicos y naturales.

A diferencia de los programas de extensión que proveen capacitación dirigida a un componente de la finca o un cultivo en particular, el enfoque integrado provee a los agricultores la flexibilidad necesaria para producir una cartera de cultivos, bajo un enfoque de sistema productivo, para responder a sus necesidades y a las demandas del mercado.

El manejo integrado de cultivo es la correcta planificación de los procesos a establecer anualmente en pequeñas, grandes fincas o parcelas, tomando en cuenta las limitantes, los componentes de sistemas agrícolas dirigidos a una mayor sustentabilidad de los productores y a la conservación del medio ambiente.

7.5.1.1.3. Rotación de cultivo

La rotación de cultivos es necesaria en la Agricultura Conservacionista (AC) con el fin de evitar el aumento de plagas, malezas o enfermedades y para asegurar un sistema de raíces que penetren en el suelo a diferentes profundidades. Esto también conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo (FAO, 2015).

Es la sucesión de cultivos diferentes, en ciclos continuos, sobre un área de terreno determinado (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2008).

MPPA (2008) destaca que la rotación de cultivo consiste en la sucesión de un cultivo diferente, esto por lo que plantea la FAO (2015) que se realiza con el propósito de disminuir la incidencia de plagas y enfermedades provocando una ruptura del ciclo, también ayuda a hacer una extracción de nutriente más equilibrada.

Al tener por una buena planificación de la rotación de los cultivos producido en un área determinado contribuye a garantizar los rendimientos productivos evitando gastos por plaguicidas lo que conlleva a un equilibrio ecológico, contribuyendo a mantener buen estado en suelos y aguas lo cual se caracteriza como el principal objetivo de prácticas conservacionista.

7.5.1.1.4. Siembra de cultivo en asocio

Los sistemas de cultivos son aquellos donde se siembran dos o más especies de plantas en una misma área con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una complementación entre especies o una competencia Inter-específica. En estos sistemas los cultivos no necesariamente tienen que ser sembrados al mismo tiempo y la cosecha puede no coincidir entre los cultivos, sin embargo, ocupan el mismo espacio durante una parte significativa de su ciclo de crecimiento. Los policultivos crean condiciones intrínsecas que favorecen a los enemigos naturales, sirviendo de refugio, y al florecer suministra alimento a los insectos benéficos (Jiménez, Sandino, García, Angulo, 2010).

Según Hernández, Cintra y Alfonso (2013) con la asociación de cultivos de cobertura o abonos verdes con cultivos comerciales el agricultor tendrá aún una utilización intensiva de las tierras, un mejor aprovechamiento de los nutrientes, el eficiente control de erosión hídrica y eólica, además de la oportunidad de sacar dos cosechas en una sola área.

7.5.1.1.5. Siembra de cultivos de cobertura

La siembra de cultivo de relevo o de cobertura se define como el establecimiento de cultivos de rápido crecimiento y de follaje denso cuya función no es el consumo humano o pecuario sino la incorporación en el suelo para mejorar sus propiedades con fines agrícolas. Los beneficios son por su abundante follaje y sistema radical, los abonos verdes mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

con fines agrícolas mediante la incorporación de materia orgánica, la aportación de nutrientes (fundamentalmente nitrógeno) y la reducción de la erosión hídrica (Fernández, Martínez & Ramírez, 2009).

Los abonos verdes son plantas que preferentemente en estado de floración, se entierran en el suelo para mejorar la fertilidad, el contenido de carbono orgánico, las propiedades físico-químicas de los suelos, aumentar los contenidos de materia orgánica, la capacidad de retención de humedad. El abono verde se siembra cuando el maíz ya está establecido (dos meses después) y a una densidad de 50-55 kg/ha de semilla y se incorpora cuando se realice la cosecha del maíz. La modalidad de intercalar el abono verde (trébol, veza, alfalfa, o chícharo) con árboles frutales de clima templado (durazno, manzana, pera, membrillo, etc.). En zonas tropicales, se utilizan como abonos verdes, el kudzu, soya, frijol terciopelo, cacahuatillo, o canavalia, con especies maderables, café y palma de coco entre otros. Otra variante de los abonos verdes es la práctica vegetativa de asociar cultivos como maíz, sorgo, y ajonjolí con leguminosas como frijol o haba (Fernández *et al*, 2009).

7.5.1.1.6. Barreras vivas y muertas

Barreras vivas: Las barreras vivas se definen como arreglos lineales para el establecimiento de especies vegetales utilizados, en área destinada a la producción agropecuaria, como barreras al libre paso de animales y sedimentos. Finalidad Reducir la longitud de la pendiente, minimizar la velocidad del viento que causa la erosión eólica, retardar el escurrimiento para aumentar la infiltración, conservar la humedad y prevenir la formación de cárcavas. Las barreras vivas además de proteger el suelo, delimitar potreros o terrenos agrícolas, proporcionar sombra para el hombre, los animales y mejorar el paisaje. Adicionalmente apoyan a la economía del medio rural a través de la obtención de frutos y verduras para consumo humano, pastura, madera, leña, forraje (estación seca), miel y abono verde (Fernández *et al*, 2009).

El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2008) define que son hileras de plantas perennes o de larga vida, densas, sembradas en dirección perpendicular, transversal a la pendiente (inclinación del terreno), a la dirección del viento, o en contorno. Esta práctica tiene como finalidad disminuir el poder erosivo del escurrimiento o contener partículas desprendidas por erosión eólica.

Es importante el establecimiento de barreras vivas en las parcelas de producción sobre todo, donde se encuentran pendientes considerables, puesto que minimizan el impacto de erosión por cárcavas ayudando a conservar la humedad, contribuyendo al mejoramiento físico y químico de los suelos.

Barreras Muertas: Son cercos de piedras o de rastrojos, colocados conformes las curvas a nivel. Para Rodríguez & Hernández, 1994 citado por Arceda y Salmerón (2013) las ventajas de las barreras muertas es que controlan la erosión del suelo y mejoran la productividad de los cultivos.

7.5.1.2. Prácticas culturales

Prácticas culturales se refiere al amplio grupo de técnicas u opciones de manejo que pueden ser manipuladas por productores agrícolas para lograr sus objetivos de producción de cultivos, son manipulaciones del medio ambiente para mejorar la producción de cultivos. Por otra parte, control cultural, es la alteración deliberada del sistema de producción, bien sea el sistema de producción en sí mismo o prácticas específicas de producción de cultivos, para reducir la población de plagas o evitar el daño de las plagas a los cultivos (Peralta, sf).

7.5.1.2.1. Época de siembra

En Nicaragua hay tres épocas de siembra bien definidas primera (mayo-julio) postrera (septiembre-octubre) y apante (noviembre-diciembre) este último solo en la zona norte del departamento (Matagalpa), todas condicionadas por los periodos

lluviosos que el país posee de acuerdo a su posición geográfica. También está determinada por las fuentes acuíferas que pueden ser utilizadas para sistema de riego (Pérez & Blandón, 2015).

Para Cháves (2011) la fecha que seleccionemos para sembrar debe tener un por qué. La fecha de siembra es una decisión muy importante que tiene que ser bien pensada y analizada.

1. Si el terreno es bajo, la fecha de siembra debe ser más tarde, porque al ser más bajo hay mayor humedad.
2. Si el terreno es alto, la fecha de siembra debe ser más temprano. Un mismo terreno también puede tener más de un momento de siembra en el caso que tenga diferentes alturas.

Las fechas de siembra para Chaves (2011) no deberían ser definidas a partir de la tradición, no debe ser un mismo día todos los años. El criterio para escoger la fecha de siembra de la semilla debe ser en función del clima y las características del terreno, no de fechas religiosas o tradiciones.

Aparte de la época de siembra para un cultivo se debe de tomar en cuenta la topografía del terreno o parcela donde se establece el cultivo, tomando en cuenta las manifestaciones de las lluvias con las diferentes alturas de las parcelas a establecer tomando las consideraciones edafológicas-climáticos de los cultivos.

7.5.1.2.2. Tipo de labranza

La labranza puede servir de eje transformador del funcionamiento del agroecosistema, al influir en la formación y estabilidad de los agregados del suelo y en el mantenimiento de la materia orgánica (Hernández & López, 2002).

Labranza cero: La siembra se hace directamente en el suelo sin labranza previa por lo que también se conoce como siembra directa (PASOLAC, 2000).

PASOLAC (2000) indica que esta siembra se puede hacer con maquinaria especializada o con el método tradicional de siembra, al espeque. Se debe combinar en laderas con otras técnicas: siembra al contorno, no quema y manejo de rastrojos como mulch.

Labranza mínima: Es un sistema que busca alterar al mínimo las condiciones del suelo, solo con lo suficiente para que el cultivo desarrolle, con el objetivo de reducir los requisitos de energía y trabajo de los cultivos, conservar la humedad de lo suelo, reducir erosión, evitar el paso de maquinaria que provocan la compactación (Peña, 2005).

La labranza mínima es la menor cantidad de labranza requerida para crear las condiciones desuelo adecuadas para la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta (PASOLAC, 2000).

7.5.1.2.3. Siembra y las fases lunares

La definición de cada fase lunar planteadas por Restrepo (2005, p.15) son:

Luna nueva: es cuando la luna se interpone entre la tierra y el sol cayendo la luz solar por completo sobre la cara oculta de la tierra. La luna queda totalmente oscura y no se ve desde la tierra. **Cuarto creciente:** es cuando la luna ha recorrido un cuarto de su órbita y desde la tierra se ve la mitad iluminada.

Para Pérez y Rizo (2014) establecen que en fases lunares hay mayor incidencia de plagas y enfermedades, plagas como (*Cerotoma spp*), en luna nueva en cuarto creciente la (*Sirasimula plebeia*).

Según Restrepo (2005) la luminosidad lunar funciona como un regulador de la actividad de muchos insectos. La luminosidad lunar puede favorecer o desfavorecer en muchas etapas de desarrollo por las que atraviesan los insectos, pues existen los que se desarrollan en la oscuridad y otros en la claridad, como la broca del café (*Hypothenemus hampei Ferr*), que se produce mejor en el novilunio. Sin embargo, la ausencia total de la luminosidad lunar puede ser una limitante para el gusano de las crucíferas (*Ascia momiste*) que se produce mejor con influencia de la luna llena.

Luna llena: Esta fase es cuando la luna está detrás de la tierra; pero no es su sombra y el sol ilumina la cara de la luna más próxima a la tierra, cuando esto ocurre se denomina que la luna está en posición, la tierra se encuentra entre la luna y el sol iluminando con sus rayos totalmente la cara de la luna la cual está dirigida hacia la tierra. **Cuarto menguante:** Es cuando la luna está retrayéndose en línea con el sol. Ha recorrido tres cuartos de su órbita y solo se ve por las mañanas. Forma un Angulo de 90° por el lado opuesto del anterior y toma forma de “C” (Restrepo, 2005, p.15).

En estas dos fases esta la mayor productividad de los componentes es donde se registran mayor cantidad de vainas y el mayor peso de las semillas. En estas etapas se debe de sembrar cultivos que den frutos por encima de la tierra puesto que en esta fase se encuentran los rendimientos más altos (Pérez & Rizo, 2014).

El estudio realizado por Pérez y Rizo (2014) demostró que las fases lunares ejercen ciertas influencias en el comportamiento productivo, agronómico y la incidencia de plagas y enfermedades influida por las fases lunares, con relación a lo expuesto por Restrepo (2005) que recomienda que para la agricultura existen dos reglas básicas a tomar en cuenta; que todo lo que va a crecer debajo del suelo como tubérculos, ajos, cebollas, entre otros, debe de ser plantado en la fase de luna menguante y todo lo que fructifique sobre la superficie del suelo, deberá ser sembrado en la fase creciente.

Por lo menos un 50% de la luz lunar tiene influencia sobre la maduración de muchos granos y una gran parte del fruto. Al mismo tiempo se relaciona la influencia de la luna con la actividad de la formación y calidad de los azúcares en los vegetales. Finalmente, la luna en creciente es tenida como la luna que conduce, proyecta, admite, construye, absorbe, inhala, almacena energía, acumula fuerza, invita al cuidado y al restablecimiento; y la luna menguante es conocida como la que aclara, seca, suda o transpira, exhala, invita a la actividad y al gasto de energía (Restrepo, 2005).

7.5.1.2.4. Distancia de siembra

La densidad de siembra influye significativamente en la altura de planta, en el número de frutos por planta, en el rendimiento por hectárea y en la calidad de la producción (Zárate & Casas, 2012).

Maíz: Según Bonilla (2009) en términos generales la distancia recomienda para la siembra mecanizada para cultivar maíz, es de 75 cm entre surco para cultivares de portes bajos y hasta 90 cm para los de portes altos y entre 20-25 cm entre planta. Para la siembra a espeque se aconseja 75 cm entre hilera, 50 cm entre golpe de siembra y dos semillas por sitio de siembra.

Frijol: de 16-20 pulgadas la distancia necesaria entre surco, de 8-10 pulgadas entre golpe depositando tres granos por golpe, en caso de ser para semilla se deberá establecer las siguientes distancias; 20 pulgadas entre surco 10 pulgadas entre golpe (IICA, 2009).

Tomate: La población de plantas por unidad de área tiene mucha importancia en el rendimiento final del cultivo, debido a que cada planta produce aproximadamente unas 8 a 10 libras en el tomate de cocina de crecimiento determinado y de 12 a 15 libras en el tomate de ensalada tipo indeterminado, esto considerando que le damos a la plantación un manejo adecuado en cuanto a

nutrición, control de plagas y enfermedades. La población recomendada por manzana es de 15,500 para variedades determinadas durante la época seca y 12,000 en la época de lluvias. La población recomendada para variedades indeterminadas es de 10,000 plantas por manzana. El distanciamiento y el arreglo debe tener un distanciamiento entre camas 1.5 m entre plantas es de 30 a 45 cm., dependiendo de la población que deseamos, la época de siembra y la variedad (Chemonics International, 2008).

Cucurbitáceas: Generalmente para las variedades de guía las distancias entre surcos de 2.50 metros para época seca, hasta 4.0 metros en época lluviosa y la distancia de siembra entre plantas desde 0.50 en época seca hasta 2 metros para la época lluviosa y durante la época seca es de 1.40 entre surcos y de 0.75 entre planta (Terezón, 2006).

Por otra parte, otro estudio realizado por Serna, Cort, Durn, (2004) demostró que distancias de (30 y 90 cm entre matas) incrementan significativamente la cantidad de frutos; realizando poda (cortando el tallo en el séptimo entrenudo), tanto de las guías principales como de las secundarias, a los 30 y 36 días respectivamente después de haberse estableciendo. Este resultado lo atribuyen al tener más plantas por unidad de superficie cosechando más frutos que utilizar distanciamientos de 2.1 m de distancia entre matas y 6.0 m entre surcos.

De lo anterior se puede señalar que las distancias de siembras varían acorde a la época del año, también como lo plantea Serna *et al.*, (2004) que una menor densidad de siembra en invierno aplicando técnicas como podas que suprime la dominancia apical y se promueve la formación de brotes laterales que forman tallos terciarios y de cuarto orden, los que son más precoces e inciden en diferenciación floral en una etapa más temprana por ende mayores números de frutos.

7.5.1.2.5. Tipo de siembra

Siembra directa: Según Basso, Pascale, Obschatko, Patiño (2013) para algunos autores, la siembra directa es la tecnología más importante adoptada en la producción de granos del MERCOSUR en la segunda mitad del Siglo XX. Esta tecnología, no solo permite revertir el proceso de degradación de los suelos, mejorando la sustentabilidad de la producción granarí, y la rentabilidad de los productores.

En las siembras al voleo: Las semillas son distribuidas y colocadas en forma no alineada y sí en forma dispersa. Este sistema se utiliza en los cultivos de: pápalo, cilantro, alfalfa, y la mayoría de los pastos, entre otros (Escalante, Lizaga, Escalante, 2007).

En la siembra en surco a chorrillo: La semilla es distribuida en hileras, las plántulas están a una distancia de dos o tres centímetros de separación. Este sistema se utiliza en los cultivos de: sorgo, cártamo, mijo, cebada, soya, frijol, entre otros (Escalante *et al.*, 2007).

7.6. Parámetros de calidad de los suelos y su determinación

SQI (1996) citado por Bautista, del Castillo, Etchevers y Gutiérrez (2004) menciona que “los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él”. Esto nos indica que para poder evaluar un suelo no depende de una sola propiedad, en cambio para poder inferenciar sobre los procesos de cambio que ocurren debemos evaluar todas las propiedades.

Según, Astier (2002) citado por Ramírez, Sánchez y García, (2012, p.4) menciona que “los indicadores de la calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las

características” por consiguiente estos indicadores son los instrumentos que nos permiten realizar un diagnóstico del estado de la calidad de suelo para poder sostener los sistemas por ejemplo desde el punto de vista productivo se puede evaluar la capacidad que tiene para sostener sistemas biológicos como los sistemas de cultivos, los sistemas, sistemas de pastizales y la propia micro fauna del suelo por ende infiriendo en la valoración de sus tres propiedades.

7.6.1. Parámetros físicos

Bautista del Castillo, Etchevers y Gutiérrez (2004) afirman que los indicadores físicos del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso 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.

Según Carter (2002); Sánchez, Maranon *et al.*, (2002); Dexter (2004) citado por Ramires, Sánchez y García (2012, p.6) mencionan que “los indicadores físicos de suelo son “la estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad del suelo superficial, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hidráulica saturada” además la textura es fundamental determinando la porosidad a su vez esta influye sobre la densidad.

De lo antes mencionado se puede decir que es la propiedad que contiene los indicadores que representan la arquitectura del medio físico del suelo donde se encuentran diseñados los espacios que condicionan los movimientos de aire y agua desde el momento que entra en contacto con la superficie del suelo dándose una estrecha relación de suelo, agua y aire que determinan el hábitat para el desarrollo de las raíces, emergencia de plántulas desde el punto de vista del físico.

7.6.1.1. Deterioro de las propiedades físicas

Kiersch (2015) menciona que la degradación es la pérdida de la capacidad productiva del suelo a corto o a largo plazo, y puede ocurrir de forma natural o por acción del hombre que produce pérdidas físicas o modificación de sus características productivas, o bien, acentúan los factores naturales de degradación, a través de una transformación acelerada de sus propiedades originales.

FAO/INAFOR/INTA (2000, p.8) explica que “el deterioro de las propiedades físicas del suelo ocurre tras años de uso, de inapropiadas prácticas de cultivo, sin embargo, tratar de corregir ese daño toma mucho más tiempo y costo”. Como resultado de la implementación de prácticas no adecuadas, se tienen aumento en los valores de la densidad aparente, pérdida de suelo fértil, encostramiento por falta de cobertura, entre otros.

No obstante, los suelos con cierto grado de deterioro en sus propiedades físicas, químicas y biológicas pueden ser recuperados y conservados a través del establecimiento de prácticas conservacionista, aunque conlleva a una recuperación lenta con altos costos en términos de tiempo de restauración.

7.6.1.2. Capacidad de Infiltración

Según Raudes y Sagastume (2009) determinan que la capacidad de infiltración “es la capacidad que tiene el suelo de permitir la entrada y la percolación del agua de lluvia”. En cambio, el agua que no se puede infiltrarse forma escorrentía superficial en el suelo. Por otra parte, USDA (1999) la infiltración lenta en un terreno plano puede provocar anegamiento.

Jaramillo (2002) menciona que las capacidades de infiltración influyen varios factores como; la textura que determina el tamaño de los poros, encostramiento

superficial relacionado con la condición de la estructura y densidad aparente, así como la formación de los agregados.

Por consiguiente, infiltración indica las condiciones en que se encuentran algunas propiedades físicas como; la estructura, determinada por el estado de los agregados lo que a su vez determina la presencia de macro poros permitiendo la permeabilidad de agua dentro del perfil, favoreciendo el almacenamiento de agua y por ende mayor concentración de humedad.

La humedad del suelo está constituida por la cantidad de agua que ocupa los espacios porosos. Esta propiedad íntimamente relacionada con la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, el arreglo estructural y algunas condiciones de la zona como el régimen de lluvias, el riego y la evapotranspiración potencial.

7.6.1.3. Densidad aparente

FAO (2009) define la densidad aparente del suelo como “la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo” (p.51). Por su parte Chavarría (2011) menciona que la densidad aparente “Refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que tanto incluya a la fase sólida como a la gaseosa englobada en ella” (p.48).

De lo antes mencionado se puede decir que en este tipo de densidad se refiere el volumen de una muestra de suelo, sin alterar la porosidad total, por tal razón, se incluyen los macroporos y microporos, determinándose el peso de su masa al excluir su humedad, permitiendo estimar el volumen del sistema poroso, así mismo peso y volumen de la capa arable; razón de ser muy útil su valor en los cálculos para planes de riego y fertilización, por ejemplo estimación de nutrientes en un volumen de suelo y cálculos de láminas de riego.

El Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos USDA (1999) plantea que la densidad aparente es dependiente de las densidades de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) y de su tipo de empaquetamiento, además menciona que, las densidades de las partículas minerales se encuentran en el rango entre 2.5 g/cm^3 y 2.8 g/cm^3 , mientras que las partículas orgánicas presentan usualmente menos que 1.0 g/cm^3 .

Según Cortés y Malagón (1984), citado por Jaramillo (2002) consideran como valores altos para la densidad aparente, aquellos que sean superiores a 1.3 mg/m^3 , en suelos con texturas finas; los mayores a 1.4 mg/m^3 , en suelos con texturas medias y los mayores a 1.6 mg/m^3 , en suelos con texturas gruesas. Es decir que su valor depende de la clase textural, así como del contenido y arreglo de los demás componentes de la fase sólida tales como la materia orgánica, agregados que definen la estructura, puesto que inciden la porosidad total y por tal razón la densidad aparente, puede ser modificada por las alteraciones o perturbaciones que sufran los macroporos, por ejemplo, el uso de implementos en la agricultura intensiva o pérdida de suelo en áreas de laderas, suelos descubiertos, sobre pastoreo.

Según Jaramillo (2002) menciona que “un alto contenido de materia orgánica, reduce la densidad del suelo, así como un alto contenido de óxidos de hierro la aumentan”. Por su parte la FAO, (2009, p.52) señala que “los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua”.

La densidad aparente es un parámetro importante para la valoración de la calidad del suelo, puesto que determina su grado de degradación, condiciona el ambiente en la zona de la rizofora, influyendo en la infiltración, permeabilidad, desarrollo y crecimiento de las raíces, actividad biológica de micro y macro organismos que

determinan los procesos de mineralización de la materia orgánica, reacciones de óxi-reducción de los minerales.

Cuadro 1. Relación entre la densidad aparente, crecimiento radicular y textura de suelo

Textura del suelo	Dap. (I) ^{*1} (g/cm ³)	Dap. (FR) ^{*2} (g/cm ³)	Dap. (p) ^{*3} (g/cm ³)
Arena, areno-franco	< 1,60	1,69	> 1,80
Franco-arenosa, franco	< 1,40	1,63	> 1,80
Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillosa	< 1,40	1,6	> 1,75
Limosa, franco-limosa	< 1,3	1,6	> 1,75
Franco-limosa, franco-arcillo-limosa	< 1,40	1,55	> 1,65
Arcillo-arenosa-arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35-45% de arcillas)	< 1,10	1,39	>1,58
Arcillosa (> 45 % de arcilla)	< 1,10	1,39	> 1,47

Fuente: USDA (1999).

(I)^{*1}: Densidad aparente ideal, (FR)^{*2}: Densidad aparente fuera de rango, pero no perjudicial, (p)^{*3}: Densidad aparente perjudicial.

7.6.1.4. Densidad real

Según Jaramillo (2002) define que la densidad real “es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros” por consiguiente que en este tipo de densidad no toma en cuenta los macro poros y los micro poros ni la humedad, estando su valor determinado por sus componentes sólidos del suelo como los compuestos minerales, contenido de materia orgánica sin tomar en cuenta el arreglo de sus partículas de la fase sólida.

Según Chavarría (2011) menciona que este valor es muy permanente pues la mayor parte de los minerales arcillosos presentan una densidad que está alrededor de 2.65 gramos por centímetro cúbico por ende indica que es un valor que casi no puede ser modificada debido a que solo toma en cuenta el peso de sus sólidos y no el espacio poroso.

7.6.1.5. Estructura

Según el Centro Internacional para la Agricultura Tropical CIAT (2010) señala que la estructura es la manera en cómo se organizan los terrones o agregados del suelo los cuales están constituidos por minerales, materia orgánica y poros. Por su parte López (2006) señala que la estructura del suelo, es el resultado de la composición granulométrica, la actividad biológica y una serie de condiciones físicos-químicos que permiten la aglomeración de las partículas y que el predominio de unos u otros procesos origina los distintos tipos de estructura.

Por otra parte, Chavarría (2011), menciona que este parámetro físico permite conocer cómo están formados los agregados del suelo, es decir cómo se organizan las arcillas, el limo y las arenas para formar las estructuras del suelo. Jaramillo (2002) sostiene que la estructura de suelos es una de los principales parámetros, puesto que presenta el arreglo de la fase sólida, la cual determina los espacios de la fase acuosa y gaseosa. Al respecto López (2006) señala que los espacios formados son poros, que permite el movimiento de gases y líquidos en el suelo, ofreciendo un entorno favorable a la actividad de los microorganismos facilitando el crecimiento radicular de las plantas.

De lo anterior se puede decir que existen diversas clases de estructuras, las que pueden ser mejoradas o disturbadas por las prácticas que se implementan en los sistemas de producción. La razón se debe a que su organización o arreglo dependen de las actividades biológicas, contenidos de materia orgánica, las que

se encuentran sujetas a posibles cambios, además de la textura (granulometría) la cual no se encuentra sujetas a cambios.

Por consiguiente, una buena estructura del suelo es vital para el buen crecimiento de las plantas, regula la aireación del suelo y el intercambio gaseoso, el movimiento y almacenamiento de agua, la temperatura del suelo, penetración y desarrollo de las raíces, movilización de nutrientes, resistencia a la degradación estructural y corrosión entre los principales efectos (FAO/INAFOR/INTA, 2000).

Por su parte el CIAT (2010) menciona que “una mala estructura puede significar efectos dañinos para algunas plantas, como: exceso o deficiencia de agua, falta de aireación, poca actividad microbial, impedimento en el crecimiento de las raíces, incidencia de enfermedades y mal drenaje, entre otros” (p.27). En consecuencia, la estructura hace referencia al estado de la calidad en que se encuentran los suelos, puesto que condiciona el estado de los demás parámetros, como la aireación, grado de compactación, reacciones de oxi-reducción y actividades biológicas (sobre todo de anélidos).

7.6.1.5.1. Agregados

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1999), refiere que un agregado consiste en diversas partículas de suelo ligadas entre sí, siendo producto de la actividad macrobial del suelo, de los componentes orgánicos y minerales, de la comunidad de las plantas en la superficie y de la historia del ecosistema, siendo útil su evaluación como un indicador cualitativo de la actividad biológica, flujo de energía y desarrollo del ciclo de los nutrientes.

Sánchez (2007) menciona que un agregado “es la manera como se agrupan las partículas arena, limo y arcillas, para formar agregados, aclarando que no debe confundirse “agregado” con “terrón”. El mismo autor explica que un terrón es el resultado de las operaciones de labranza y no guarda la estabilidad que

corresponde a un agregado. Por su parte Violic (2001) sostiene que “los suelos con terrones grandes no permiten un buen contacto entre el suelo y la semilla y son los responsables de una germinación pobre y desuniforme” (p.256).

De lo anterior se puede señalar que para una buena aglomeración de los agregados como lo señala USDA (1999) deben influir una serie de factores intrínsecos en las propiedades biológicas, física, químicas y el manejo. Eso permitirá una correcta agrupación de limo, arena y arcilla como lo plantea Sánchez (2009).

Sullivan (2007) señala que lo opuesto a la agregación es la dispersión de las partículas de suelo, las que pueden ser arrastradas por el viento, y escorrentías, originando suelos encostrado, el que resulta principalmente por dispersión de las partículas de arcillas, cerrando los poros, bajo la superficie, como resultado del impacto de las gotas de lluvias.

En efecto los suelos descubiertos son expuestos al deterioro de sus agregados, por efectos ambientales como las lluvias y viento, como resultados prácticas agrícolas no adecuadas, por ejemplo, eliminación de residuos de cosechas, sobrepastoreo, laboreo de suelos con alto grado de consistencia en su estructura, fertilización no controlada, aguas para uso de irrigación no analizadas entre otros.

En consecuencia, los agregados, tienen efectos en el desarrollo de los cultivos, reflejándose posteriormente en los rendimientos productivos. Visto que se encuentran implicado de manera intrínseca con los demás parámetros, químicos y biológicos. Además del efecto de las prácticas agropecuarias, determinan la calidad en la agregación o degradación del suelo dado que pueden dispersarse y re-agregarse.

7.6.1.6. Textura

Según FAO (2009) manifiesta que “la textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula (o separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado”. Raudes y Sagastume (2011) mencionan que “en términos generales, la textura se refiere a la cantidad relativa de arcilla, limo y arena presentes en el suelo”. Es decir que la textura depende de la proporción (cantidad) y tamaño de las partículas que la conforman dando como resultado una determina la clase textural, por ende nos permite inferir en el contenido de porosidad que contiene un suelo, acentuando su importancia en el comportamiento de las demás propiedades físicas.

Por su parte INTA (2012) añade que varias características que dependen de la distintas fracciones texturales que constituyen un determinado suelo algunas de ellas son la permeabilidad, la consistencia, distribución de poros, estructura, intercambio de poros, por es ende de la textura depende el tamaño de los poros, los que de acuerdo a su porción determinan los movimientos de agua y aire, además influye en la estabilidad de los agregados. Según USDA (1999) afirma que a mayor contenido de arcilla en una fracción hay mayor estabilidad en sus agregados.

Por ejemplo, suelos franco arenosos tiene en mayor proporción partículas de arena siendo de mayor tamaño que las partículas de limo y arcillas es decir que, tienen espacios porosos más grandes lo que conlleva a movimientos de agua con mayor velocidad; conllevando a poca retención de humedad, alta velocidad de infiltración y a su vez tiene menor estabilidad al contener bajas cantidades en la porción de arcilla teniendo efectos en la estructura siendo más susceptible a la erosión. No obstante, estas condiciones pueden ser mejoradas a través de la estructura aumentando el contenido de sus partes que la conforma como la materia orgánica, confiriendo mayor estabilidad al retener por más tiempo la humedad.

Por otro lado, un suelo con características de arcilloso tiene mayor contenido de arcilla en su fracción que integran la textura, estas partículas son más finas que la arena y el limo por ende sus espacios porosos son más reducidos confiriéndole a un suelo características de mayor retención de agua, menor velocidad de infiltración, menor permeabilidad, mayor capacidad de campo, además presentando mayor estabilidad, no obstante pueden presentar características no muy favorable para ciertos cultivos.

7.6.1.7. Consistencia

FAO (2005) define la consistencia como “al grado de cohesión o adhesión de la masa del suelo. Incluye las propiedades del suelo como la friabilidad, plasticidad, adhesividad, y resistencia a la compresión” (p.49); la fuerza de adhesión que permite la unión entre una partícula y una superficie (molécula de agua y una molécula de suelo); y la fuerza de cohesión es la que genera la unión entre partículas iguales (una molécula de agua con otra igual). Así mismo la unión de una molécula de suelo con otra molécula de suelo (Álvarez, Barahona y Briceño, 2012).

López (2006) menciona que “la consistencia es una propiedad muy útil, para determinar el momento oportuno de realizar labranza y para estimar el contenido de humedad en el suelo mediante el tacto, siendo la consistencia friable la óptima desde el punto de vista agronómico” (p.78). La consistencia en estado friable, se presenta, cuando el contenido de humedad en el suelo sobrepasa los límites del estado coherente, Es decir, es el estado blando del suelo, el cual se disgrega sin pulverizarse (Jaramillo, 2002).

De lo anterior se puede destacar la importancia que le da la FAO (2005) a la consistencia; que es la que permite la unión de una partícula de agua con una de suelo, en lo cual concuerda con López (2006) y añade la importancia desde el

punto de vista agronómico al momento de realizar la labranza la cual debe de estar en un estado friable.

De lo anterior se puede destacar la importancia que define la FAO (2005) al parámetro físico consistencia que es la que determina los estados en que se encuentra el suelo de acuerdo a su contenido de humedad, puesto que influyen la fuerza de adhesión así, mismo influye los contenidos de materia orgánica, arcillas, los que presentan fuerzas de cementantes de cohesión.

En efecto conocer el estado de la consistencia de los suelos de uso agrícola permite, tomar decisiones oportunas de preparación de suelo, puesto que las labores no oportunas, pueden provocar mayor degradación de la estructura, por ejemplo, mecanización en suelos en estado demasiado coherente o seca, conlleva a compactaciones encostramiento, puesto que se pulverizan sus agregados.

7.6.1.8. Porosidad

Según Jaramillo (2002) define que la porosidad total del suelo como el volumen que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases, además hace mención que el espacio poroso depende de la fracción sólida, siendo estas la textura (poros pequeños) y estructura y materia orgánica (Poros grandes).

Por su parte Sánchez (2007) plantea que la porosidad, no es otra cosa que el porcentaje de espacios vacíos (o poros) con respecto del volumen total del suelo (volumen de sólidos + volumen de poros). A su vez, la porosidad incluye macro porosidad (poros grandes donde se ubica el aire) y la micro porosidad (poros pequeños, que definen los poros capilares donde se retiene el agua).

Jaramillo (2002) plantea que la microporosidad o porosidad textural, está compuesta por el volumen de poros más finos que tiene el suelo y que en su mayor cantidad se encuentra en el interior de los peds. En cambio, la

macroporosidad o porosidad estructural, es el volumen de poros del suelo, los cuales se encuentran, ubicados en mayor proporción entre los pedos.

Por medio de los macroporos se mueve el agua gravitacional, que es la fracción de agua que se mueve por fuerza de la gravedad, la que tiende a desplazarse hacia abajo, también llamada agua de drenaje, puesto que se percola rápidamente y va alimentar acuíferos más profundos. En cambio, los microporos son los encargados de movimiento y almacenar la fracción de agua capilar, derivadas de las fuerzas de tensión superficial conocidas como adhesión y cohesión (Álvarez, Barahona & Briceño, 2012).

Por consiguiente, la cantidad de aire y agua que contenga un suelo depende de la cantidad de espacios vacíos disponibles, influyendo en la disponibilidad de nutrientes, condiciones de vida de los micro y macro organismos del suelo, por tal razón evaluar este parámetro físico es de relevancia, por su participación directa en el comportamiento agronómico de los cultivos y su incidencia en el manejo; por ejemplo, aplicación de fertilizantes inorgánicos, manejo de lámina de riego, entre otros.

7.6.1.9. Número y color de moteado

FAO/INAFOR/INTA (2000) define el moteado como manchas de colores diferentes esparcida con el color del suelo dominante. El número, tamaño y color del moteado del suelo, es un buen indicador del grado de aireación del suelo.

Según FAO (2009) la presencia de los moteados “indican que el suelo fue sujeto a condiciones de alternancia entre mojado (reducción) y secado (oxidación)”. Es decir los moteados nos indican los procesos de cambios que pasa los suelos, así como de la homogeneidad en la coloración que presenten permitiendo inferir en su calidad.

7.6.1.10. Color del suelo

Según, el Centro Agronómico Tropical (2010, p.5) el color es:

“un indicador de fertilidad, contenido de humedad, material parental y condiciones de drenaje del suelo. Así, por ejemplo, colores negros u oscuros significan buen contenido de materia orgánica; colores rojos, presencia de hierro; colores blanquecinos, presencia de carbonatos de calcio; colores olivos, verdes o grises, mal drenaje”.

A través del color podemos inferir en el estado de calidad de las condiciones de aireación, reacciones químicas que pueden ser identificados por su coloración, además se pueden observar los procesos de transformación, por ejemplo; inicios de procesos erosivos o inferir en el potencial productivo de un suelo por medio del matiz de sus colores.

Según Casanova *et al.*, (2004) sostiene que el color es una característica física que se utiliza para evaluar e identificar un suelo, pues dentro de un marco regional o local es posible inferir de él un conjunto de características que, a veces no pueden ser visualizadas con facilidad y precisión. Por consiguiente, este indicador permite evaluar e inferir de los cambios físicos que suceden, como la identificación del color y espesor de los horizontes permitiendo calcular su volumen total de un área dada, infiriendo sobre el contenido total de nutrientes que es difícil de precisar con exactitud además se puede caracterizar un perfil de suelo a través de la observación de la coloración de los diferentes horizontes que contenga a través de una calicata, así como su profundidad efectiva.

7.6.1.11. Compactación

Según Hillel (1998) citado por Jaramillo (2002, p. 239) menciona que "un suelo se considera compactado cuando su macro porosidad es tan baja que restringe la aireación. El suelo se encuentra tan finamente empaquetado y el tamaño de sus

poros es tan fino que se impiden la penetración de las raíces, la infiltración y el drenaje.

La compactación también reduce el volumen y la continuidad de los macro poros con lo cual se reduce la conductividad de aire y de agua estando determinado por el número de poros por consiguiente una buena estructura aporta gran valor al formar agregados evitando su empaquetamiento por la disminución de sus poros.

7.6.1.12. Profundidad efectiva

Según el CIAT (2010) “la profundidad a la cual pueden llegar las raíces de las plantas en un suelo, sin ningún tipo de obstáculos (físico o químico)” por otra parte Raudes y Sagastume (2011) afirma que “los suelos con una profundidad inferior a los 30 cm se califican como superficiales, los suelos que tienen una profundidad de 30-60 cm son moderadamente profundos y los suelos de más de 60 cm son profundos”.

Según Casanova *et al.*, (2004) menciona que cuanto más superficial es un suelo, más limitados son los tipos de uso que puede tener, también pueden ser susceptibles a la erosión porque la infiltración del agua está restringida por el substrato rocoso, por ende estos suelos son más susceptibles a seguir perdiendo valor en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, restringiendo un medio físico apto para el uso de prácticas agrícolas.

De lo antes mencionado, los suelos más profundos brindan mejores condiciones para el desarrollo del sistema radicular, permitiendo que las plantas exploren más agua y nutrientes, en cambio en suelos poco profundo el volumen de suelo es más delgado, viéndose las raíces limitadas en la disponibilidad de agua y nutrientes además de ser un obstáculo en el desarrollo del sistema radicular por su poca proximidad cercana de la roca madre.

Chaves, Peña, Peña & Rubiano (2009) sostienen que los cambios de posición en la forma del terreno de una misma unidad de paisaje se reflejan en cambios de espesor de los horizontes superficiales. Por su parte la FAO (2009) menciona que la mayoría de los horizontes no tienen una profundidad constante en el cual cuya variación o irregularidad de la superficie se debe en términos de la superficie de suave, ondulado, irregular y fracturado. Por ende, la irregularidad de la superficie de un suelo condiciona la uniformidad de la profundidad efectiva, como resultado no todas las raíces de los cultivos no tienen las mismas condiciones en cuanto a las propiedades del suelo.

7.6.1.13. Pendiente

La pendiente caracteriza la desviación de la inclinación de la ladera horizontal en porcentaje (%) o en grados ($^{\circ}$), se consideran suaves hasta el 15 %, moderadas entre el 15 – 30 % y pendiente fuerte entre el 30 y 50 % (Raudes & Sagastume, 2009).

El ángulo de la pendiente es uno de los factores topográficos que influyen en la erosión hídrica, mientras más pronunciado, mayor severidad de la erosión, lo que a su vez se relaciona con otros factores topográficos como lo largo y forma de la ladera (Gayosa & Alarcón, 1999).

La pendiente es uno de los factores que influye en la erosión de los suelos en lo que convergen Raudes y Sagastume (2009) con Gayosa y Alarcón (1999), que entre mayor sea el grado de inclinación, mayor también será el grado de erosión, considerándose pendientes fuertes las que se encuentran entre 30 y 50 %.

Cabe señalar que el suelo al tener mayor erosión se ve afectado tanto en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, por lo tanto, su determinación es útil en el establecimiento de cultivos perennes, obras de conservaciones suelo y agua, así mismo el montaje de sistemas de riego, entre otras utilidades.

7.6.2. Parámetros químicos

Según, SQI (1996) citado por Ramires, Sánchez y García (2012) menciona que “estos indicadores afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas como los microorganismos”. Por consiguiente, las propiedades químicas tienen efectos bien definidos en la vida de las plantas, la que influye en la disponibilidad de nutrientes, así como la propia vida que contiene el suelo, representada por los microorganismos. Razón de ser importante en la evaluación del estado de salud de los suelos a través de sus parámetros química y biológica.

Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, Nitrógeno total y Nitrógeno mineralizable (Etchevers & Gutiérrez, 2004).

INTA (2012) define el intercambio catiónico como los procesos reversibles, por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa, liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambas fases, visto que es un proceso que indica el dinamismo, donde las arcillas y los coloides del suelo, liberan y absorben nutrientes junto con las soluciones acuosas.

7.6.2.1. Potencial del ion Hidrogeno (pH)

El pH es una de las propiedades químicas más relevantes, ya que controla la movilidad de los iones, la precipitación y disolución de los minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. La remoción de las bases (Calcio Magnesio y Potasio) sin reposición de las mismas conlleva a una disminución en la saturación del complejo

de intercambio y acidificación del suelo (Vásquez, 2005), citado por (Hernán, Hernán, Hernán, 2011).

Espinosa & Molina (1999) menciona que la escala del pH cubre un rango que va de cero a 14. Un valor de 7.0 es neutro (igual número de iones de H^+ y OH^- en la solución), mientras que valores menores de 7.0 son ácidos y valores mayores que 7.0 son básicos. El significado práctico de la expresión del pH radica en el hecho de que cada unidad de cambio del pH corresponde a un incremento de 10 veces en la cantidad de acidez o basicidad del suelo, en otras palabras, un suelo con pH de 5.0 tiene 10 veces más H^+ activo que un suelo de pH 6.0.

Por tal razón es un parámetro que tiene relevancia significativa en la determinación de la fertilidad química de los suelos, visto que, el pH determina las concentraciones y disponibilidad de nutrientes en el complejo arcillo-húmico, así su disponibilidad para las plantas; influyendo en gran medida en el comportamiento fisiológico. Este parámetro determina pautas en el manejo agronómico de los suelos y los cultivos, estando sujeto a cambios en su valor, siendo algunas causas como la absorción de cationes bases (K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , y Na^+) por parte de las raíces o bien por lixiviación en suelos livianos.

Según Núñez (1985) Johnson (2002), citado por Acevedo, García & Valera (2010) señala que la acidez por sí misma no constituye un factor limitante para el desarrollo de las plantas, éstas sufren el efecto de la toxicidad del aluminio (Al) cuando la concentración de este catión, en la solución del suelo es mayor de 1 a 2 ppm.

Zapata (2004) citado por Acevedo *et al.*, (2010) señala que la acidez del suelo se presenta por la hidrólisis del CO_2 proveniente de la respiración de los microorganismos, la hidrólisis de cationes metálicos, los grupos ácidos y alcohólicos de la materia orgánica, los grupos OH^- de la lámina de los aluminosilicatos y los fertilizantes. Por su parte Espinosa & Molina (1999)

mencionan que existen varios procesos que promueven la reducción del pH; todos estos procesos ocurren naturalmente dependiendo del tipo de suelo, tipo de cultivo y condiciones de manejo. Por tal razón un conocimiento adecuado de esos procesos permite un mejor control de los parámetros que conducen a condiciones de acides.

Cuadro 2. Rangos del potencial del ion Hidrogeno (pH)

pH del suelo	Categoría
Menor de 4	suelo extremadamente ácido
4,5-5,0	suelos muy fuertemente ácidos
5,1-5,5	suelos fuertemente ácidos
5,6-6,0	suelos medianamente ácidos
6,1-6,5	suelos ligeramente ácidos
6,6-7,3	suelos neutros
7,4-7,8	suelos medianamente básicos
7,9-8,4	suelos moderadamente básicos
8,5-9,0	suelos fuertemente básicos
Mayor de 9,1	suelos muy fuertemente básicos

Fuente: USDA (Soil Survey Staff, 1965), citado por Chavarría, (2011).

El conocimiento del rango del pH es importante, puesto que determina los criterios de manejo de suelos, elevar o reducir su valor a través de enmiendas; teniendo en cuenta que las plantas tienen pH específicos para su desarrollo.

7.6.2.2. Materia orgánica (MO)

Hernán y Hernán (2011) “la materia orgánica (MO) es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su efecto positivo sobre la sostenibilidad del sistema productivo”.

Weil y Magdoff (2004) citado por Studdert, Domínguez, y Zagame (2015) afirman que la MO está íntimamente relacionada con la capacidad del suelo de cumplir con sus funciones en el agroecosistema, tales como almacenar y proveer nutrientes, almacenar agua y permitir circulación del aire, mantener una estructura

estable y determina la capacidad del suelo de reorganizarse ante las alteraciones provocadas por el uso.

La materia orgánica por encima del 2 % está ligado a la estabilidad de los suelos, al tener un poder aglomerante, sobre todo las sustancias húmicas, al unirse a la fracción mineral de permeabilidad al suelo a la vez que le permite estabilidad (Chavarría, 2011).

En consecuencia, la materia orgánica ejerce una serie de efectos beneficiosos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, en lo cual convergen Hernan y Hernán (2011) con Studdert *et al.*, (2015) y no sólo a través de la suplencia de nutrimentos, sino por sus efectos favorables sobre las propiedades físicas lo que tiende a mejorar la estructura del suelo por su efecto aglomerante, como lo plantea Chavarría (2011) pero además influye de manera positiva en las parámetros químicos, como la capacidad de intercambio catiónico, capacidad amortiguadora de pH y propiedades biológicas del suelo, por ser fuente de nutrimentos y energía para los microorganismos.

Un rango mayor del 2% contribuye a resistir el efecto de pérdida del suelo por erodabilidad, es decir que la presencia de la materia orgánica contribuye a resistir el impacto de la pérdida de la calidad de los suelos por de gradación, causada por prácticas de manejos agrícolas no apropiadas, así mismo es indispensable en la restauración de propiedades físicas químicas y biológicas con estado desfavorable.

7.6.2.3. Nutrientes disponibles macro y micro nutrientes

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Si el suministro de nutrientes es amplio los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes

es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y el rendimiento de los cultivos son reducidos (Tinoco & Aráuz, 2013).

Chavarría (2011, p.24) menciona que “los nutrientes son todos los minerales que la planta necesita para madurar y fructificar normalmente” por consiguiente son indispensables en los procesos de formación de tejidos y funcionamiento fisiológico para que puedan producir alimentos de manera normal, en cambio una deficiencia de ellos afectaría la maduración y fructificación, así como los demás procesos. Generalmente no se percibe la necesidad de un elemento se desconoce su función. Es por ello que debemos conocer primeramente la función de los nutrientes y en base a ello realizar los manejos apropiados para garantizar el suministro.

Sánchez (2007, p.35) sostiene que “la fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas”. Un suelo fértil, no contiene de limitaciones en sus tres propiedades, indicando un alto potencial productivo para el desarrollo de las plantas maximizando los rendimientos productivos desde el punto de vista edáfico.

Los nutrientes se clasifican por macro y micro elementos, entre los tres principales para la nutrición de las plantas se encuentra el Nitrógeno (N) que es el elemento que las plantas absorben en mayor cantidad, es indispensable para el vigor del follaje lo que se manifiesta en el color verde oscuro de las hojas y tallos, debido a la alta formación de clorofila, por tal razón este nutriente es el indispensable en la nutrición vegetal, visto que es demandado en grandes cantidades por los cultivos.

Sánchez (2007) afirma que los nutrientes se clasifican en macronutrientes primarios y macronutrientes secundarios dentro de los primarios están los que la planta demandad en mayores cantidades, siendo estos el Nitrógeno (N), el

Fósforo (P); los que son esencial para los procesos de crecimiento, así como para el desarrollo de semillas y raíces; el potasio (K) controla el proceso bioquímico de las plantas protegiéndolas de las enfermedades.

Los macronutrientes secundarios son, el Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) requeridos en cantidades considerables, en cambio dentro de los micronutrientes se encuentra el Boro (Br): Esencial para estimular la formación en los cultivos, Cobre (Cu): Es necesario para formar la clorofila y la intervención como fungicida que incrementa la resistencia natural en las plantas. Magnesio (Mg): Es indispensable en el proceso fotosintético, un índice menor que el Nitrógeno (N) (Sánchez, 2007).

De lo anterior podemos señalar que los nutrientes en el suelo son los que tiene el propósito de brindar las condiciones necesarias tanto para el desarrollo, como para la producción de alimentos en las plantas, como lo plantea Chavarría (2011) que un déficit afecta la fructificación, la maduración entre otros procesos, que converge con Tinoco y Aráuz (2013), que si aún uno solo de los nutrientes es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y el rendimiento de los cultivos son reducidos, debido a que cada nutriente tiene su función fisiológica en la planta como lo señala Sánchez (2007).

Cuadro 3. Rango referencial de nutrientes del suelo para Nitrógeno, Fósforo y Potasio

Elemento	Nitrógeno (N-NO3)	Fósforo (P)		Potasio (K)		
		Bray	Olsen	Acetato Amónico		Bicarbonato de Amonio - DTPA
Método de Análisis	2N KCl	Bray	Olsen	Acetato Amónico		Bicarbonato de Amonio - DTPA
Unidades	Ppm	Ppm	ppm	meq/100g	ppm	ppm
Bajo	<20	<20	<10	<0.45	<175	<60
Adecuado	20-41	20-40	Oct-15	0.45-0.7	175-280	61-120
Alto	41-75	40-100	15-40	0.7-2.0	280-800	121-180
Exceso	>0.222	>100	>40	>2.0	>800	>180

Fuente: Sela (2014).

Al igual que Sánchez (2007), Sela (2014) identificó los nutrientes del suelo en macronutrientes primarios y secundarios; micronutrientes primarios y micronutrientes secundarios. Por lo tanto, los macro nutrientes primarios (N-P-K), son los que se deben de encontrar en mayores concentraciones en el suelo, debido que son los que la planta realiza una mayor demanda.

Los niveles adecuados tanto para Nitrógeno como para Fósforo según Sela (2014) deben de estar en 20-41 partes por millón (ppm); tomando en cuenta el método de Bray para cuantificar Fósforo y el reactivo Cloruro de Potasio para el Nitrógeno. Mientras que para el Potasio (K) los niveles adecuados son los comprendidos en 0.45 a 0.7 meq/100g; bajos menores a 0.45 dados en meq/100g con el reactivo acetato de amonio, en bicarbonato de amonio los niveles adecuados son de 61-120 ppm y los bajos menores a 60 ppm.

Según Pilar, García, Serrano y Jiménez (2009) la deficiencia en Nitrógeno afecta de manera notable al desarrollo de la planta. Se manifiesta en primer lugar, en las hojas viejas, que se vuelven cloróticas desde la punta hasta extenderse a la totalidad a través del nervio central. En casos más graves la planta se marchita y muere. El Fósforo (P) es considerado factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial de los cultivos y favorece la maduración. El Potasio (K) favorece la rigidez y estructura de las plantas; favorece la formación de glúcidos en las hojas a la vez que participa en la formación de proteínas; aumenta el tamaño y peso en los granos de cereales y en los tubérculos.

Cuadro 4. Niveles de Fósforo (P)

Contenidos de Fósforos (P) ppm							
Nivel	Muy bajo	Bajo	Mod. bajo	Medio	Mod. alto	Alto	Muy alto
Concentración	0-4	5-9	10-12	13-18	19-25	26-35	>36

Fuente: Castellanos *et al.*, (2005).

Por otra parte, Castellanos *et al.*, (2005) refleja los contenidos de Fósforo (P) con el método de extracción Olsen para suelos tropicales determinando niveles bajos valores menores a 4 ppm, muy altos los comprendidos mayores a 36 ppm, difiriendo con Sela (2014), según se aprecian los parámetros en el cuadro 3 y cuadro 4.

Cuadro 5. Rango referencial para Calcio, Magnesio y Azufre

Elemento	Calcio (Ca)		Magnesio (Mg)		Azufre (S-SO ₄)
Método de Análisis	Acetato Amónico		Acetato Amónico		KCL 40
Unidades	meq/100g	ppm	meq/100g	Ppm	ppm
Bajo	<5	<1000	<0.5	<60	<5
Adecuado	5-Oct	1000-2000	0.5-1.5	60-180	5-Oct
Alto	>10	>2000	>1.5	>180	Oct-20
Exceso					>20

Fuente: Sela (2014).

Mientras que los rangos esperados en un análisis de suelo para Calcio (Ca) son de 1000 a 2000 partes por millón, ya que si se encuentran datos menores a estos valores se consideraría baja concentración de este elemento, mientras que para Magnesio los niveles óptimos son los comprendidos en 60 a 180 meq/100g. Para Azufre los niveles adecuados están en 5 partes por millón, como lo establece Sela (2014).

Conocer el estado en que se encuentran los nutrientes en el suelo permite brindar una fertilización adecuada y corregir el déficit nutricional en los cultivos lo que conlleva a mejorar los rendimientos de la producción, con una agricultura más sustentable.

Al igual que los demás nutrientes primarios los micronutrientes, como se observa en el cuadro 6 tienen niveles que demuestran el estado de concentración en los suelos, en el caso de (Fe), bajo se considerarían valores menores a 2.5 ppm y el óptimo de 2.5 a 5 ppm, al sobre pasar este rango se considera alto. En caso del

Magnesio el rango adecuado son los valores mayores a 2.0 ppm, para Zinc es adecuado cuando está en concentraciones mayores a 1.5 ppm. De ser lo contrario habría un déficit de este nutriente.

Los valores adecuados de Cobre se comprenden mayores a 2.0 ppm y para Boro los valores que reflejan 0.5 a 2.0 se estiman bajos cuando el valor está por debajo o es menor a 0.5 partes por millón. Por lo que se debería de realizar una fertilización incorporando los micros como macros nutrientes que sean necesarios.

Cuadro 6. Rango referencial para Manganeso, Zinc, Cobre, Boro

Elemento	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Zinc (Zn)	Cobre (Cu)	Boro (B)
Método de Análisis	DTPA	DTPA	DTPA	DTPA	Agua Caliente
Unidades	Ppm	Ppm	ppm	Ppm	ppm
Bajo	<2.5	<0.6	<1.0	<0.6	<0.5
Adecuado	2.5-5.0	>2.0	>1.5	>2.0	0.5-2.0
Alto	>5.0				>2.0

Fuente: Sela (2014).

El crecimiento de una planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente, y el rendimiento está limitado por los nutrientes que son restringidos (factor mínimo limitativo del rendimiento) FAO (2002).

Según la FAO (2002) para lograr los rendimientos más alto posible ningún nutriente debe ser limitado. Los factores interactúan y un cultivo puede hacer mejor uso del factor que limita el crecimiento cuando los otros factores se acercan a su óptimo. El rendimiento del cultivo no puede ser mayor que lo que permita los nutrientes más limitantes del suelo.

Cuadro 7. Rangos deseables para intercambio catiónico

Rangos Deseables de cationes intercambiables	
Catión	Rango
Calcio	65%-80%
Magnesio	10%-20%
Potasio	3%-8%
Sodio	<6%
Aluminio	<1%

Fuente: Sela (2014).

Sela (2014) refiere que CIC, Capacidad de Intercambio Catiónico, la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas en el suelo. Es un indicador del potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes, mediante la estimación de su capacidad para retener cationes (iones de carga positiva). Por lo tanto, la CIC del suelo afecta directamente a la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

“Las partículas de arcilla del suelo y la materia orgánica tienen una carga negativa sobre su superficie. Los cationes se atraen a estas partículas por fuerzas electrostáticas. La carga neta del suelo es por tanto, cero” (Sela, 2014).

De lo anterior se puede inferir que a partir de un análisis de suelo no solo se debe de tomar en consideración la cantidad de macro y micro nutrientes, sino también las capacidades que poseen algunas bases de intercambiarlos entre el suelo y las plantas. Donde se deben encontrar rangos de 65 a 80% en el caso del calcio, el Magnesio rangos del 10-20%.

Mientras que para Potasio del 3 al 8%, para el Sodio menor al 6%, el Aluminio no deberá sobrepasarse más del 1%. Al presentarse caso que estos cationes estén por encima de estos rangos, es un indicador que CIC del suelo está afectado

directamente; por lo que la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes se tendrá que ser más rigurosa.

7.6.3. Parámetros biológicos

La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos que proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo. Pero hay exigencia de los microorganismos edáficos para estar presentes en los suelos, como: energía, elementos nutritivos, agua, temperaturas adecuadas y ausencia de condiciones nocivas, lo que es similar a la de las plantas cultivadas (Bello *et al.* 2006).

Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nematodos, hormigas y por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores. La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (Bello *et al.*, 2006).

Entre los parámetros biológicos se encuentran amplias variedades de macro y micro organismos, algunos benéficos y otros que proporcionan afectaciones a los cultivos, el habita de los microorganismos está condicionada en dependencia de las propiedades físicas-químicas de los suelos.

7.6.3.1. Macro fauna de suelo

La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo. Pero la exigencia de los microorganismos edáficos en energía, elementos nutritivos, agua, temperaturas adecuadas y ausencia de condiciones nocivas es similar a la de las plantas cultivadas (Bello *et al.*, 2006).

Las lombrices influyen de forma muy significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que otorga un papel crucial en la modificación de la estructura del suelo, en la aceleración de la materia orgánica y del reciclado de los nutrientes, que tienen a su vez efectos muy importantes sobre las comunidades vegetales que viven por encima de la superficie del suelo (Aíra, Domínguez & Gómez, 2009).

Por otra parte, Decaëns, Jiménez, Lavell, Thomas (2003) afirma que las prácticas agrícolas en cultivos anuales como el laboreo, fertilización y la aplicación de herbicidas, así como la reducción de la biomasa radical y la modificación de las condiciones agroclimáticas tras la desaparición de la cubierta vegetal, son los factores que reducen las poblaciones de lombrices. Estos mismos autores también sostienen que las lombrices de tierra que mediante su actividad, influyen directamente en las propiedades físicas de los suelos, como el aumento de la porosidad, conductibilidad hidráulica, estabilidad estructural que incluye la formación de microagregados y macroagregados.

Los resultados de Aíra *et al.*, (2009) coinciden con los hallazgos encontrados por Decaëns *et al.*, (2003) en que las lombrices influyen significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual es un indicador crucial para determinar el estado del suelo, además estas se pueden ver afectadas por prácticas agrícolas inapropiadas tanto agronómicas y culturales, causando con ello inestabilidad estructural.

Al presentarse situaciones de ausencia de lombrices en un suelo conlleva a problemas pedogénicos importantes, como la formación de bioestructuras, eyecciones, horadabilidad de estructuras biogénicas y por tal razón se tendrían estados desfavorable en las condiciones de la macro fauna del suelo y las raíces de los cultivos.

7.7. Agricultura sostenible

FAO (2015, p.2) considera que “una agricultura será sostenible si satisface las necesidades de sus productos y servicios experimentadas por la actual generación y por las futuras generaciones, al mismo tiempo, garantiza la rentabilidad, la salud ambiental y la equidad social y económica” por consiguiente se debe hacer uso responsable de los recursos con el fin de preservar, conservar y mejorar el medio ambiente a través de prácticas apropiadas, reduciendo al mínimo los impactos ambientales negativos, garantizando en el transcurso del tiempo alimentos, junto con ello salud, estabilidad económica y social.

7.7.1. Efecto de las prácticas agroconservacionistas en los rendimientos productivos

El estudio de Florentín, Ovelar y Santacruz (2013) demuestra que sembrado manual sobre una cobertura vegetal muerta preparada a partir de abonos verdes y restos de cultivos, sin la preparación tradicional del suelo con arado, es donde se registran los mayores rendimientos de granos de maíz, obteniendo en este sistema determinado como labranza mínima con abono verde, rendimientos de 3,702 kg/ha, por lo contrario a la siembra directa sin abono verde el cual es de 2,349 kg/ha, según estos mismos autores este tratamiento arroja diferencias estadísticamente superiores con respecto a los sistemas de labranza convencional y labranza mínima sin abonos verdes.

Cabrera, Hernández y Llanes (2015), realizaron un estudio durante tres años ejecutando un esquema de rotación para el establecimiento de los cultivos bajo la Agricultura de Conservación que incluyó el frijol común o una vigna, maíz asociado con frijol terciopelo o *sorghum* y el tabaco, comparándose con el sistema de manejo tradicional.

Cabrera *et al.*, (2015) encontraron como resultado que la Agricultura de Conservación mejoró el pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, CCB, CIC, P₂O₅, K₂O, la materia orgánica aumentó en 0,26%, la porosidad total en 6,94% y la densidad aparente disminuyó en 0,17g.cm. Además, con sistema de la Agricultura de Conservación se redujo la erosión en un 80,49 % respecto a la labranza tradicional. La nueva tecnología incrementó el rendimiento del maíz en 9,68%, el *sorghum* en 36,76%, el tabaco bajo tela 12,92% y la calidad en 7,60%, en el tabaco al sol el rendimiento se incrementó en un 30,24% y la calidad en un 9,55%.

Por otra parte, Ibrahim, Montiel y Rivera (2015) plantea que prácticas sostenibles como el uso de inoculantes de cultivos, manejo de coberturas, Buenas Prácticas Agrícolas y obras para la conservación de suelos, da como resultado un incremento en la producción de los cultivos como maíz y frijol y al mismo tiempo, reducir los procesos de degradación del suelo, mejorando el nivel de vida de los productores y contribuir a la restauración del medio ambiente.

El sistema de (AC) constituye un conjunto de técnicas de producción agrícola sostenible, donde la conservación de los recursos y el bienestar de la familia campesina, son prioritarios, en lo que concuerdan Florentin *et al.*, (2013) con Ibrahim *et al.*, (2015). Aparte de ellos Cabrera *et al.*, (2015) agrega que se reduce la erosión en un 80.49%, mejoran las propiedades físicas y químicas de suelos que han sido mal manejados.

Es evidente que las prácticas agroconservacionistas (AC) mejoran los rendimientos productivos, principalmente en los granos básicos los que son principales cultivos en los pequeños productores del país y los rendimientos no son muy satisfactorios. Pero aparte de mejorar los rendimientos reduciendo los procesos erosivos; mediante esta técnica, se contribuye a la restauración del medio ambiente y la calidad de vida de los productores.

7.7.2. Sistema agrícola

FAO (2013) menciona que los sistemas agrícolas incluyen los procesos naturales o gestionados de obtención de productos alimentarios y no alimentarios (como combustible o fibra) a partir de la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura. Los sistemas agrícolas constituyen la fuente de todos los alimentos del mundo y la principal fuente de ingresos de la mayor parte de la población pobre que padece inseguridad alimentaria. Por consiguiente, la sostenibilidad de estos sistemas es de suma importancia para la producción de alimentos a si también la conservación de la biodiversidad dentro de los ecosistemas, asegurando su utilidad para las generaciones futuras.

7.7.3. Desarrollo sostenible

Según la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, CMMAD (1987), citado por Jiménez (2002) define que el “desarrollo sostenible es aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Se puede decir que el bienestar de las generaciones presentes está en dependencia del buen funcionamiento de los recursos a su vez del uso que estos mismos reciban dependerá el bienestar de las generaciones futuras en satisfacción de sus necesidades básicas como los alimentos, que en conjunto el suelo y agua propician su obtención.

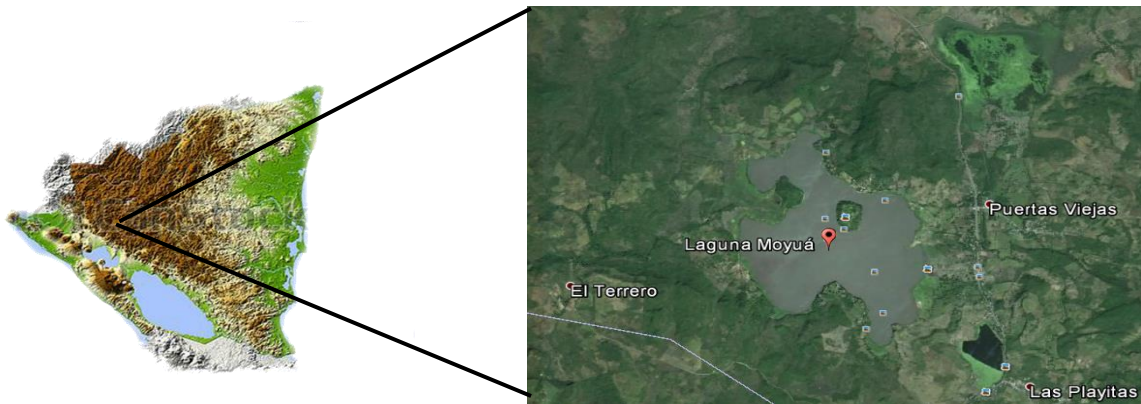
7.7.3.1. Sostenibilidad

Jiménez (2002) señala que con la sostenibilidad se pretende evitar efectos adversos irreversibles de las actividades humanas sobre los ecosistemas, los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos y con el tiempo mantener los procesos naturales capaces de garantizar o restaurar la integridad de los ecosistemas y sus diferentes niveles de resiliencia y capacidad de carga.

De lo anterior se puede inferir que los sistemas son sostenibles solo si no se excede su capacidad de resistencia a los cambios, no obstante los usos inapropiados llevan a degradación provocados en su mayor parte por el uso que recibe del factor antrópico en los sistemas agrícolas, los que están excediendo su capacidad de carga sobre pasando los límites de recuperación, resultando en un desequilibrio que pone en riesgo la satisfacción de las generaciones futuras.

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

Mapa 1. Sistema lagunar Moyúa Playitas, Tecomapa



Fuente: Google Earth, 2016.

8.1. Ubicación y área de estudio

La zona de estudio comprende parte del sistema lagunar Tecomapa-Moyúa-Playitas, declarado como sitio RAMSAR a partir del año 2011, reconocido por la Convención RAMSAR, que lo incluyó en el noveno lugar dentro la lista de Humedales de Importancia Internacional, designado con el número 1980 a nivel mundial. A nivel nacional es reconocido como uno de los diez humedales de importancia biológica, económica y turística para el país (MARENA, 2012).

Según Salvatierra (2012) se localiza entre las coordenadas: 12°35'78" N y 86°02'80" W en el departamento de Matagalpa, Municipio de Ciudad Darío, a 70 km al norte de la capital.

8.2. Caracterización de la zona de estudio

Las unidades de producción caracterizadas por Balmaceda y Fargas en (2014), están ubicadas entre 432 y 448 msnm, las precipitaciones anuales promedio de

los últimos 10 años en la zona son de 787 milímetros, distribuida en diferentes meses del año. La temperatura promedio están en 26.2 °C.

Los meses más lluviosos resultan ser septiembre con cerca del 19% de las precipitaciones totales anuales, octubre con cerca del 18% y los meses de mayo y junio con un poco más del 15% (Chavarría, Balmaceda & Fargas, 2013).

8.3. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva ya que se determinó la existencia y estado actual de las prácticas agro conservacionista, también se valoró el impacto de las prácticas de agricultura conservacionistas sobre los rendimientos productivos en los principales rubros agrícolas en las unidades de producción que se estudiaron. Según Canales, Alvarado y Pineda (2008) la investigación descriptiva es la “Etapa preparatoria del trabajo científico que permite ordenar el resultado de las observaciones de las conductas, las características, los factores, los procedimientos y otras variables de fenómenos y hechos.

El enfoque es de carácter mixto, porque se describieron las prácticas de conservación que se implementan en las unidades de producción y su relación con la cantidad de nutrientes en el suelo, con el impacto en los rendimientos productivos cuantificando la cantidad de nutrientes en las parcelas de estudio describiendo la interpretación de los resultados y cómo influye en los cultivos que allí son establecidos. Lo que respalda Ruiz, Borboa y Rodríguez, (2013) quienes definen el enfoque mixto en un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento.

Según la aplicabilidad se denomina aplicada. Canales *et al.*, (2008) señalan que una investigación aplicada es cuando se hace uso del conocimiento genérico para

el abordaje de los principales problemas y se retroalimenta la teoría y tiene como objetivo contribuir a la solución de problemas concretos.

La cobertura es de corte transversal ya que se realizó en un periodo de tiempo determinado el cual está comprendido en el segundo semestre, año 2016 como lo explica Piura (2008) que una investigación es de corte transversal cuando el abordaje del fenómeno en un momento o periodo determinado, puede ser de tiempo presente o pasado.

8.4. Población y muestra

A causa de que el universo o las personas de interés en el estudio son pocas se tomaron en cuenta todas las personas las cuales se encuentran organizadas y a su vez beneficiadas por el proyecto Agricultura Suelos y Agua (ASA) ejecutado por la UNAN FAREM, Matagalpa con apoyo técnico y financiero de CRS. Otro criterio es que los productores manifestaron su disposición de colaborar con la investigación, para lo cual disponen de una parcela ASA que significa producir y conservar los recursos a través de una agricultura conservacionista. Por lo que el universo está constituido por diez productores, integrando estos mismo la muestra en esta investigación.

8.5. Técnica de recolección de la información

En pro de llevar a cabo esta investigación, se difundieron conocimientos y prácticas sostenibles en las unidades de producción, orientando a los productores en el manejo de coberturas, Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y obras para la conservación de suelos. Utilizando metodologías participativas tales como el establecimiento de escuelas de campo, prácticas, intercambio de experiencias de productor a productor.

También se aplicó encuesta a los 10 productores organizados en este proyecto de los tres sectores del humedal Moyúa, Municipio de Ciudad Darío. Por medio de la observación se recopiló información de relevancia utilizando una guía de evaluación visual de suelo (EVS); evaluando el estado de las propiedades físicas, otra guía se utilizó para determinar la existencia como el estado de las prácticas agronómicas y culturales. Según Piura (2008) menciona que “El método observación utilizado se puede definir como método de recopilación de información primaria acerca del objeto estudiado mediante la directa percepción y registro de todos los factores concernientes al objeto estudiado significativo, desde el punto de vista de los objetivos de la investigación”.

Se entrevistó como herramienta en la obtención de datos, a los productores y productoras con parcelas ASA de las unidades de producción, como afirma, Canales *et al*, (2008) la entrevista “Es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto”.

Se realizó muestreos de suelos en cada parcela en estudio, realizando dos transeptos en diagonal a la parcela extrayendo con un barreno 8 sub muestras por transepto para un total de 16 sub-muestras por parcela a una profundidad de 15 cm las que se depositaron ya mezcladas en un balde de plástico donde se obtuvo una sola muestra compuesta aproximadamente de 1 kg por cada productor de la zona de estudio, luego cada muestra fue introducida en bolsas plásticas previamente identificada con datos de la parcela y el productor, para ser enviadas al laboratorio LAQUISA ubicado en el departamento de León donde se obtuvieron los resultados de análisis químico de macro y micro elementos , pH, M.O.

Para valorar el impacto de las prácticas en los rendimientos productivos, se muestrearon cinco puntos por cada parcela, en las partes alta, media y baja; en cada punto se tomó la media de distancia entre surco y la media de distancia entre planta, las plantas comprendidas en cinco metros de los dos surcos, se procedió a

cosecharlas posteriormente se realizó el pesaje, se contabilizó el número de granos, número de hileras por mazorcas y se pesaron 100 semillas en cada lugar muestreado en unidad de producción.

8.6. Procesamiento de la información

Los datos recopilados para las variables de interés se registraron en una base de datos del programa Excel 2016; los que posteriormente se analizaron en una hoja de cálculo, filtrando la información de interés. Para la variable estado actual de los suelos se determinó mediante un análisis químico proporcionado por LAQUISA con el fin de cuantificar los nutrientes químicos existentes en las 10 parcelas, los datos fueron interpretados con tabla de escala de referencia de elementos químicos que indica los rangos: bajo, medio, alto, de las propiedades químicas que se encontraron durante el análisis. El programa permitió representar gráficos y cuadros en porcentaje y promedio de los resultados de la investigación.

8.7. Operacionalización de variables

Objetivo	Variable	Sub-Variable	Indicador	Método de verificación
<p>Determinar la existencia y estado actual de las prácticas agronómicas y culturales en las UAP en estudio.</p>	<p>Prácticas agronómicas y culturales</p>	<p>Existencia de las prácticas agronómicas y culturales</p>	Cultivos establecidos	<p>Hoja de campo, encuesta, fotografía</p>
			Tipo de siembra y épocas de siembra	
			Distancia de siembra	
			Siembra y las fases lunares	
			Fertilización con análisis químicos	
			Control químico de plagas y enfermedades	
			Control biológico	
			Rotación de cultivo	
			Cosechas y las fases lunares	
			Siembra de cultivo en asocio	
			Siembra de cultivos de cobertura (abonos verdes)	
			Tipo de labranza	
			Barreras vivas/muertas	
		<p>Estado actual de las prácticas agronómicas y culturales</p>	<p>0=Malo 1=Regular 2=Bueno 3=Muy bueno</p>	<p>Guía evaluación visual, fotografía</p>

Objetivo	Variable	Sub-Variable	Indicador	Método de verificación
Evaluar el estado actual de los suelos en cuanto a las propiedades físicas-químicas y biológicas.	Estado actual de los suelos	Propiedades físicas	Textura	Análisis de laboratorio
			Densidad aparente	
			Estructura y consistencia	Análisis de laboratorio Calicata, Guía evaluación visual, Cinta métrica, muestreo, barreno, fotografía
			Porosidad del suelo	Calicata, Guía evaluación visual, Cinta métrica, muestreo, barreno, fotografía
			Número y color de moteado	
			Compactación	
		Profundidad efectiva de raíces		
		pendiente	Clinómetro	
		Propiedades químicas	pH	Análisis químicos de laboratorio Análisis químicos de laboratorio
			M.O%	
			CIC	
			Fertilidad química	
		Propiedades biológicas	Macro fauna del suelo	Hoja de campo, observación directa, fotografía

Objetivo	Variable	Sub-Variable	Indicador	Método de verificación
<p>Valorar impacto de las prácticas de agricultura conservacionistas sobre los rendimientos productivos en los principales rubros agrícolas en las UAP estudiadas.</p>	<p>Rendimientos productivos</p>	<p>Rendimientos por unidad de área</p>	<p>Peso de mazorca (kg)</p>	<p>Hoja de campo, encuesta, pesa, observación</p>
			<p>Nº. de granos por mazorca</p>	
			<p>Nº. de hileras por mazorca</p>	
			<p>Peso de 100 granos (kg)</p>	
			<p>Nº. de vainas por planta</p>	
			<p>Nº. de granos por vaina</p>	
			<p>Peso de 100 granos (kg)</p>	
		<p>Costos de producción</p>	<p>Egresos monetarios C\$</p>	<p>Registros productivos, hoja de campo</p>
			<p>Utilidad neta C\$</p>	

IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La información sobre el efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y los rendimientos productivos en el sitio RAMSAR Moyúa, se presentan en el orden de las variables de estudio; es decir la identificación de las prácticas agronómicas como culturales que emplean los productores, la calidad del suelo tanto físicas químicas y biológicas en su actualidad y la productividad de los componentes de rendimientos.

Los productores que conforman la muestra en la presente investigación son: Narciso Moreno (NM1), Transito Moreno (TM1), Flora Orozco (FO), Tomas Moreno (TM2), Noel Moreno (NM2), Harry Armas (HA), José Moreno (JM1), Gabriel Urbina (GU), René Arellano (RA) y Jorge Moreno (JM2).

A continuación, se presentan los resultados y los respectivos análisis para la variable “Prácticas agronómicas y culturales”.

9.1. Prácticas culturales y Agronómicas

El tipo de prácticas agronómicas y culturales que se encuentran en los sistemas de producción en los sectores estudiados, varían según los cultivos que los productores establecen en sus parcelas. Por lo que se encontró una gran diversidad de prácticas tanto agronómicas como culturales.

La mayoría de productores se dedican sobre todo a la producción de granos básicos, lo que a criterio de ellos no son compatibles con la implementación de las prácticas de agricultura de conservación. Esto explica el porqué de la poca presencia de prácticas agronómicas y culturales.

9.1.1. Cultivos que se establecen

Cuadro 8. Tipos de cultivos comúnmente establecidos

Productor	Maíz	Frijol	Sorgo	Tomate	Chiltoma	Pipián
NM	X	X	X			
TMO	X	X	X			
FO	X	X	X		X	
TM2	X	X	X			X
NM2	X	X	X			
HA						
JM1	X	X	X			
GU	X	X	X			X
RA	X		X	X		
JM2	X	X	X	X		X
%	90%	80%	90%	20%	10%	30%

Fuente: Resultado de la investigación.

El cuadro 8 refleja los resultados de los tipos de cultivos que son establecidos por productores de la micro cuenca, donde un 90-80 % son productores de granos básicos como maíz (*Zea mays*), frijoles (*Phaseolus vulgaris*) y sorgo (*Sorghum bicolor L.*). Esto es un buen indicador de que la agricultura es sobre todo de subsistencia, por ser el maíz y el frijol la base fundamental de la alimentación de las familias habitantes de los sectores en estudio. Solo en casos esporádicos cuando se obtienen excedentes, estos se destinan para la comercialización. Los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos de Balmaceda y Fargas (2014).

Como es observable en el cuadro, se dan casos de productores que han diversificado sus sistemas de producción, con lo cual sus niveles de ingresos se ven ampliamente mejorados. Tal es el caso del productor Jorge Moreno Vásquez y René Arellano, quienes entre sus estrategias productivas implementan socios y rotación de cultivos.

Lo cual nos indica el mayor ingreso para estos productores como lo señala el Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC (2007) que el cultivo del tomate ha venido a aportar mejores ingresos a los productores. Muchos Pequeños Productores han incursionado de lleno a la venta a través de los Supermercados, con ello se han asegurado además de la estabilidad de precios el contrato de suministro, además este cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial.

Hidalgo (2016) plantea que la producción de granos básicos se encuentra mayoritariamente en manos de pequeños productores, y que estos no realizan un manejo agronómico adecuado.

En otro aspecto, uno de los factores que también obstaculizan el desarrollo de la actividad productiva de acuerdo con el (INEC) Instituto Nacional de Estadística y Censos (2004) son los precios, que se manejan a lo largo de la cadena productiva de estos granos, pues las diferencias entre los precios pagados a los productores y los destinados a la población consumidora, continúan a lo largo de los años con el mismo comportamiento. Donde los márgenes de ganancia se quedan en los comerciantes, que al final, son los únicos que se capitalizan con las ganancias que estos rubros producen.

El INEC (2004) menciona que el frijol se ha convertido en el principal rubro de los grupos en pobreza y paradójicamente inseguros alimentarios, pues en su afán de obtener fondos para complementar los gastos del hogar, almacenan menos cantidad para el autoconsumo, teniendo que comprar nuevamente el grano en la época de mayor precio al consumidor, que ha llegado a pagar hasta un 53% más sobre el precio pagado al productor.

Las principales prácticas agronómicas desarrolladas para la mayor parte de los cultivos identificados en la zona de estudio son:

1.2.2. Labranza de suelo

De acuerdo a los resultados que se refleja en cuadro 9, la preparación de suelo para la siembra de cultivos, puede ser clasificada en tres tipos: Manual o tradicional como es el caso de las parcelas de Narciso Moreno (NM1), Transito Moreno (TM1), Flora Orozco (FO) y Gabriel Urbina (GU).

En cambio, los productores Jorge Moreno (JM2), Tomas Moreno (TM2), Harry Armas (HA) y Noel Moreno (NM2), utilizan la combinación de tracción animal y manual.

La preparación de suelo mediante el uso de maquinaria, es realizada únicamente por productores como José Moreno (JM1) y René Arellano (RA), incrementando los riesgos de pérdidas de suelo debido a procesos erosivos, la compactación de suelo a causa del peso de la maquinaria, deteriorando propiedades físicas como la estructura, entre otros efectos adversos.

Cuadro 9. Tipo de labranza del suelo por parte de los productores

Productor	Manual	Tracción animal	Maquinaria
NM	X		
TMO	X		
FO	X		
TM2	X	X	
NM2	X	X	
HA		X	
JM1			X
GU	X		
RA			X
JM2	X	X	

Fuente: Resultado de la investigación.

La labranza puede servir de eje transformador del funcionamiento del agroecosistema al influir en la formación y estabilidad de los agregados del suelo y en el mantenimiento de la materia orgánica (Hernández & López, 2002).

Para realizar el tipo de labranza de suelo que están practicando la mayoría de los productores, PASOLAC (2000) basándose en resultados de diversas investigaciones plantea que, se puede hacer con maquinaria especializada o con el método tradicional de siembra; al espeque, combinando en laderas con otras técnicas: siembra al contorno, no quema y manejo de rastrojos como mulch.

También se considera lo planteado por Peña (2005); que la labranza mínima es la más adecuada a implementar debido a que es un sistema que busca alterar al mínimo las condiciones del suelo, solo con lo suficiente para que el cultivo desarrolle, con el objetivo de reducir los requisitos de energía y trabajo de los cultivos, conservar la humedad de lo suelo, reducir erosión, evitar el paso de maquinaria que provocan la compactación.

Brunel y Seguel (2011) sostienen que la productividad está ampliamente relacionada con el efecto de la erosión en la productividad de los suelos agrícolas debido a la alteración de ciertas propiedades del pedón.

Para mejorar la productividad es necesario implementar buenas prácticas culturales partiendo de la preparación del suelo, realizando labranza cero; es decir incorporar rastrojos, evitar incorporar maquinarias ya que provocan compactación en los suelos y mayor erosión.

9.1.2. Distancia de siembra

La densidad de siembra influye significativamente en la altura de planta, en el número de frutos por planta, en el rendimiento por hectárea y en la calidad de la producción (Zárate & Casas, 2012).

La distancia de siembra en promedio para los cultivos que emplean son las siguientes:

Cuadro 10. Distancias promedio de siembras para los cultivos que se establecen

Cultivo	Distancia promedio		Número de semillas
	Entre Planta	Entre Surco	
Maíz	0.8 m	0.8 m	2
Frijol	0.36 m	0.36 m	2
Sorgo	0.83 m	0.83m	3
Tomate	0.41 m	1.58 m	1
Chiltoma	0.40 m	1.50 m	1
Pipián	2.28 m	2.28 m	2

Fuente: Resultado de la investigación.

Las distancia en promedio para el cultivo del maíz realizadas por los productores en estudio, es de 0.8 metros tanto entre planta y planta como entre surco, al respecto Bonilla (2009) recomienda para la siembra a espeque utilizar distancias de 0.75 m entre hilera, 0.50 m entre golpe de siembra y dos semillas por sitio de siembra, la siembra entre surco es aceptable, mientras tanto en el espacio entre planta está por encima de lo recomendado por Bonilla (2009), lo que reduce la densidad poblacional de plantas, incrementa incidencia de malezas, dando lugar a una mayor competencia por agua, nutrientes y luz pero sobre todo la afectación a los rendimientos productivos.

Mientras tanto para el cultivo del frijol la densidad de siembra adecuada según el IICA (2009) es de 0.25 m entre planta y un espaciamiento de 0.50 m entre surco o calle, acorde a los resultados encontrados mostrados en el cuadro 10 reflejan que los productores no hacen la correcta distribución de las densidades de siembras, dejando más espaciamiento entre planta y reducen los espaciamientos entre surco, dificultando las labores agronómicas y culturales necesarias para llevar a cabo la producción adecuada del cultivo.

En lo que respecta al distanciamiento y el arreglo del cultivo del tomate y chiltoma es el adecuado, según lo planteado por Chemonics International (2008) se debe

tener un distanciamiento entre camas de 1.5 m y entre plantas es de 30 a 45 cm., dependiendo de la población que deseamos, la época de siembra y la variedad.

En el caso del cultivo del pipián las distancias de siembras son considerables, pero estas deben de variar acorde a la época del año, por lo que no debe de ser una constante ya que se toman en consideración lo planteado por Serna y Mena (2004) que una menor densidad de siembra comprendida entre 30 y 90 cm entre matas en invierno, aplicando técnicas como podas las que suprime la dominancia apical promoviendo la formación de brotes laterales que forman tallos terciario y de cuarto orden, los que son más precoces e inciden en diferenciación floral en una etapa más temprana, se obtienen mayores números de frutos por área.

Los productores adoptan técnicas culturales u opciones de manejo que quizás no sean las más adecuadas. Al respecto Peralta (sf), señala que existe una alteración deliberada del sistema de producción para reducir plagas y enfermedades, esto encierra el uso irracional de plaguicidas. Zárate y Casas (2012), manifiestan que la densidad de siembra influye, en el número de frutos por planta, en el rendimiento por hectárea y en la calidad de la producción.

9.1.3. Épocas y fecha de siembra

En Nicaragua hay tres épocas de siembra bien definidas primera (mayo-julio) postrera (septiembre-octubre) y apante (noviembre-diciembre). En el caso de Apante solo en la zona norte del departamento (Matagalpa). Las épocas de siembra están condicionadas por los periodos lluviosos que el país posee de acuerdo a su posición geográfica. Otro factor importante es la existencia de fuentes acuíferas que pueden ser utilizadas para el establecimiento de sistemas de riego (Pérez & Blandón, 2015).

Cuadro 11. Época y fecha de siembra

Cultivo	Época y fecha de siembra		
	Primera	Postrera	Riego
Maíz	12 Mayo-04 Junio	28 Ago-10 Sept	
Frijol	20 Mayo-04 Junio	10 Sep-15 Sept	
Sorgo	20 Mayo-04 Junio	30 Ago-15 Sept	
Hortalizas (Tomate, Chiltoma)			Todo el año y en dependencia de la plaza de mercado

Fuente: Resultado de la investigación.

El cuadro 11 muestra los resultados de las épocas de siembra que realizan productores de la microcuenca Moyúa; rigiéndose a las características climatológicas; tanto regional como del lugar específico, sembrando con las primeras lluvias, otras veces se rigen si hay movimiento de invierno y siembran en seco, pero en la época que tienen mejores resultados es en primera coincidiendo con Pérez y Blandón (2015), que señalan que la época de siembra está definida por las características climáticas y la posición geográfica que ocupe el área de producción. En la zona de estudio es común que los productores que tienen acceso a fuentes de agua, utilicen sistemas de riego en ciertos cultivos, este caso para hortalizas (chiltoma y tomate).

Por su parte Cháves (2011) señala que la siembra de un cultivo en el momento correcto y la obtención de una población óptima de plantas son dos insumos que no tienen un costo financiero. La época de siembra observada en el cuadro anterior es determinada como en muchos lugares por la llegada de las lluvias. Como lo plantea este mismo autor, la explotación de las mejores condiciones climáticas, la temperatura y la lluvia, requiere antecedentes muy precisos, para los agricultores en estudio, las fechas tradicionales que estos usan se derivan de muchos años de ensayos y de errores.

9.1.4. Siembra y fase lunar en que la realizan

El estudio realizado por Pérez y Rizo (2014) demostró que las fases lunares también ejercen ciertas influencias en el comportamiento productivo, agronómico y la incidencia de plagas y enfermedades de los cultivos, otro estudio por Restrepo (2005) lo sustenta diciendo que; por lo menos un 50% de la luz lunar tiene influencia sobre la maduración de muchos granos y una gran parte del fruto.

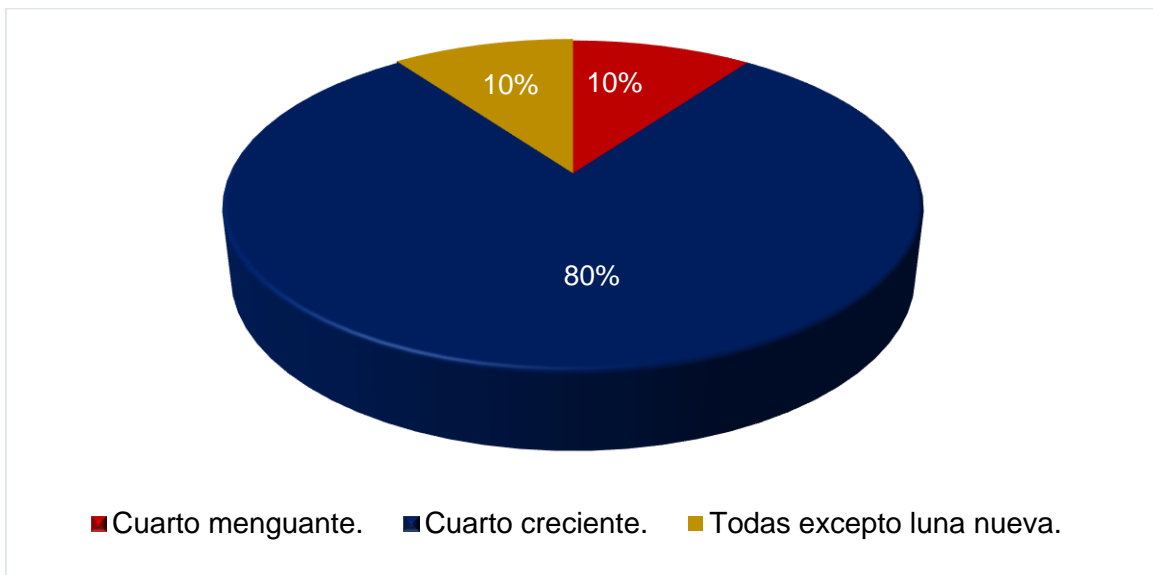


Gráfico 1. Siembra y fase lunar en que la realizan

Fuente: Resultado de la investigación.

El gráfico 1 se muestra según los resultados obtenidos de las actividades que realizan los productores de Moyúa acorde a la fase lunar, donde se encontró que el 80% realizan la siembra en la fase lunar de cuarto creciente, es cuando la luna ha recorrido un cuarto de su órbita y desde la tierra se ve la mitad iluminada. Según el criterio de los productores, en esta fase lunar es donde hay una mejor proporción de follaje, altura y rendimientos; es decir el cultivo no solo desarrolla follaje y altura sino buena producción.

El estudio realizado por Pérez y Rizo (2014) encontraron que en fases como luna llena y cuarto creciente, se obtiene la mayor productividad. Estos resultados son congruentes con lo señalado por Restrepo (2005), quien recomienda considerar dos reglas básicas: que todo lo que va a crecer debajo del suelo como tubérculos, ajos, cebollas, entre otros. Debe de ser plantado en la fase de luna menguante y todo lo que fructifique sobre la superficie del suelo, deberá ser sembrado en la fase creciente.

Según Barreiro (2003) se logra un mejor aprovechamiento de la luminosidad lunar, en luna creciente se tiende a germinar o brotar más rápido y desarrollar más la parte aérea como hojas, flores y frutos, realizando la fotosíntesis con mayor eficiencia, mientras que las semillas sembradas en luna menguante hay poca o nula luminosidad lunar, atravesando un periodo vegetativo más largo, fortaleciendo las raíces antes de emerger.

De acuerdo a esta práctica cultural los productores en un 80 % como se aprecia en el gráfico 1 la siembra la realizan en la fase lunar indicada (cuarto creciente), lo que contribuye a optimizar los rendimientos de sus cultivos.

9.1.5. Levantado de las cosechas y la fase lunar

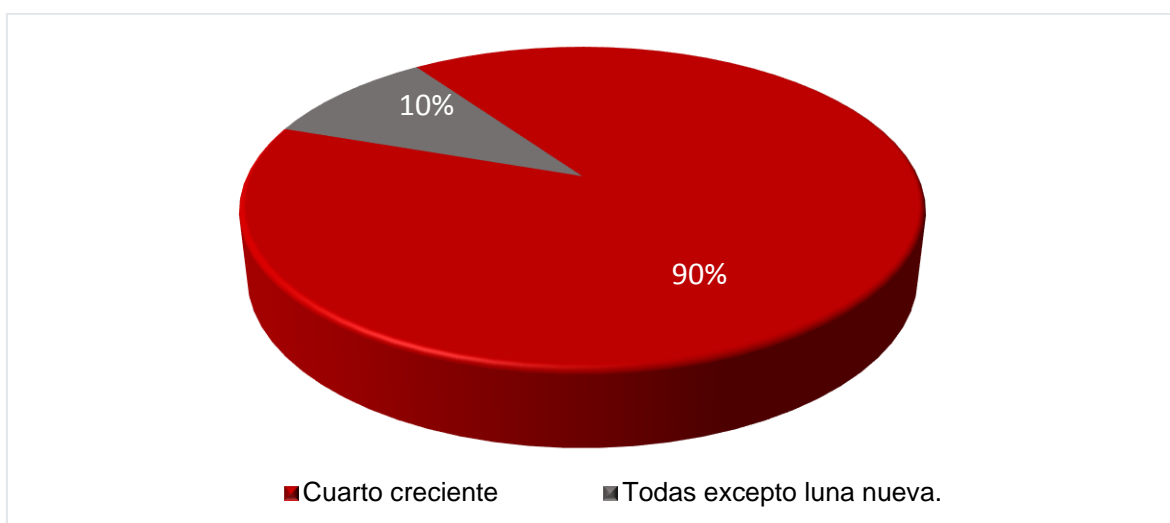


Gráfico 2. Levantado de las cosechas y la fase lunar

Fuente: Resultado de la investigación.

De acuerdo al gráfico 2 la actividad después de la siembra en la que toman en cuenta la fase lunar es para el levantado de la cosecha, donde el 90% los productores cosechan en la fase lunar cuarto creciente, esto debido a que si lo realizan en otro tipo de luna afirman que la semilla pierde su calidad (picado de gorgojo) y no dura mucho tiempo almacenada.

Finalmente, la luna en creciente es luz lunar que tiene influencia sobre la maduración de muchos granos y una gran parte del fruto, al mismo tiempo se relaciona la influencia de la luna con la actividad de la formación y calidad, tenida como la luna que conduce, proyecta, admite, construye, absorbe, inhala, almacena energía, acumula fuerza (Restrepo, 2005).

9.1.6. Fertilización con análisis químicos

Al momento de realizar la aplicación de cualquier fertilizante es importante tener conocimiento de las necesidades del cultivo, así como los análisis de suelos, de esta manera se aprovecha mejor cada nutriente aplicado, ya que se utiliza una dosis basada en los requerimientos del suelo. Una fertilización adecuada permite el buen desarrollo de los cultivos, así también se garantiza plantas fuertes y vigorosas, más resistentes a enfermedades y a plagas, asegurando una producción exitosa (Balmaceda & Fargas, 2014).

Ninguno de los productores toma en cuenta esta práctica, como bien lo señala Balmaceda y Fargas (2014) que el conocer la necesidad de los cultivos como los nutrientes disponibles en el suelo no solo permite un mejor aprovechamiento por parte de las plantas, sino también garantizar la resistencia a enfermedades asegurando una buena producción, coincidiendo con Tinoco y Aráuz (2013) que sostienen que, si aún uno solo de los nutrientes es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y el rendimiento de los cultivos son reducidos.

La única manera de conocer los nutrientes en disposición en los suelos, es realizando un análisis de laboratorio ya que es una buena herramienta para determinar el tipo de fertilizante y las cantidades del mismo, lo cual asegura una buena producción de los componentes de rendimientos, pero no es tomada en cuenta por muchos productores lo que conlleva a malas aplicaciones de fertilizantes al suelo y al follaje, debido a que continúan utilizando las mismas recomendaciones de fertilización de muchos años atrás sin conocer la deficiencias en los suelos en las unidades de producción.

9.1.7. Control de plagas y enfermedades

El enfoque manejo integrado de cultivos (MIC), debe entenderse como una forma superior del manejo integrado de plagas (MIP) en donde el objetivo principal no es solamente el manejo de plagas que afectan a los cultivos, sino que es un proceso amplio y dinámico que toma en consideración todos los componentes biológicos, ecológicos, culturales y socioeconómicos de los sistemas de cultivos en ambientes específicos (Vega, Gutiérrez, Pavón, Cornejo, 2009).

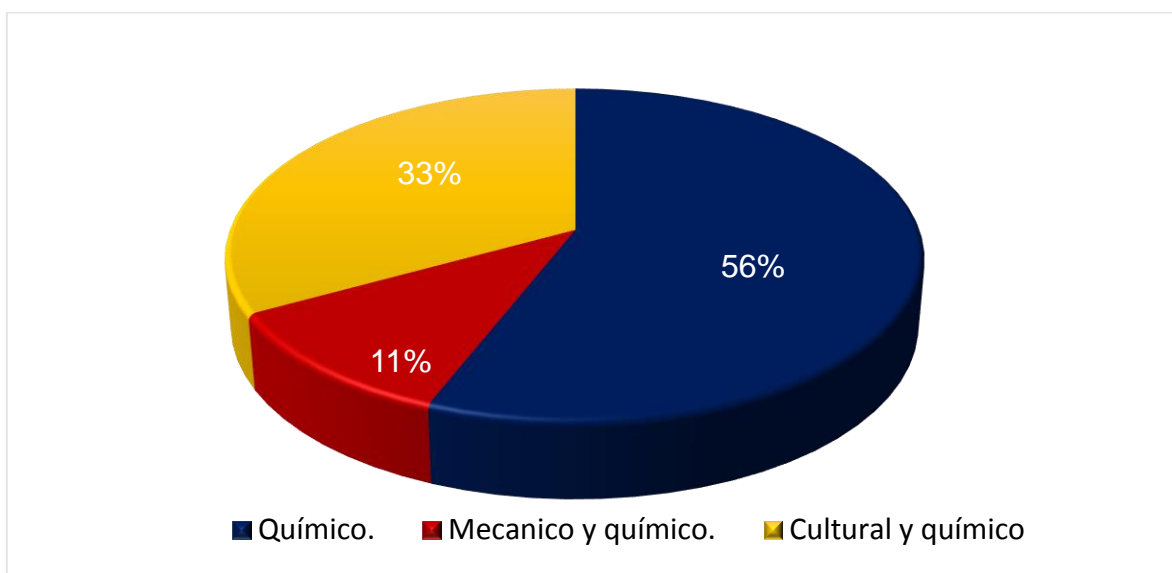


Gráfico 3. Método de control de plagas y enfermedades

Fuente: Resultado de la investigación.

El gráfico 3 muestra que el factor común para combatir plagas y enfermedades es el control químico, y son pocos los que integran más de un solo control.

El control lo realizan comúnmente en plagas como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gallina ciega (*Phyllophaga spp*) en el maíz, para lo que aplican Max al dresch dosis de 30 cc por bomba de 20 Lts, aplicación directa de cipermetrina a dosis de 50 cc por bomba para controlar gallina ciega. Para el frijol las plagas que controlan a base de químicos son mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y malla (*Diabrotica sp*).

Para Vega *et al.*, (2009) una correcta aplicación del MIC debe dar como resultado una diversidad de prácticas tecnológicas que contribuyan a contrarrestar el acelerado proceso de degradación de los suelos y del medio ambiente en su conjunto. Estas herramientas en manos de los productores permitirán disminuir los efectos de una agricultura de alto riesgo de pérdidas por efectos ambientales.

9.1.8. Arreglo de los cultivos

La rotación de cultivos es necesaria en la Agricultura Conservacionista (AC) con el fin de evitar el aumento de plagas, malezas o enfermedades y para asegurar un sistema de raíces que penetren en el suelo a diferentes profundidades. Esto también conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo (FAO, 2015).

El cultivo en asocio da como resultado una complementación entre especies o una competencia Inter-específica. En estos sistemas los cultivos no necesariamente tienen que ser sembrados al mismo tiempo y la cosecha puede no coincidir entre los cultivos, sin embargo, ocupan el mismo espacio durante una parte significativa de su ciclo de crecimiento (Jiménez, Sandino, García, Angulo, 2010).

Cuadro 12. Arreglo de los cultivos en las unidades de producción

Arreglo	Cultivos		
Relevo	Maíz	Frijol	Cucurbitáceas
Asocio	Maíz	Frijol	

Fuente: Resultado de la investigación.

Acorde al cuadro número 12 los productores acostumbran realizar prácticas agronómicas como el asocio de cultivos de maíz y frijol, los relevos comúnmente los realizan con maíz, frijol y cucurbitáceas, MARENA (1998) señala que la identificación de tales actividades o tareas es de gran importancia, desde un punto de vista agronómico, esto permite saber que nutrientes están siendo más extraído en función del tipo de cultivo, permite romper con el ciclo de algunas plagas y enfermedades que tienen influencia en los rendimientos de las cosechas. Por otra parte, la FAO (2015) afirma que la rotación de cultivos es necesaria en la Agricultura Conservacionista (AC) con el fin de evitar el aumento de plagas, malezas o enfermedades y para asegurar un sistema de raíces que penetren en el suelo a diferentes profundidades. Esto también conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo.

Como es notorio a pesar de que son pocos los cultivos que establecen, tiene conciencia de no establecer un mismo cultivo en un mismo sitio todos los años, lo que les beneficia en romper con ciclos de plagas y enfermedades, asegurando junto con ello mejor rendimiento y menos costos de plaguicidas, también aseguran penetraciones de raíces a distintas profundidades. Esto también conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo por el asocio y rotación de cultivo, lo que garantiza aparte de un beneficio mutuo, menos incidencia de malezas.

9.1.9. Siembra de cultivos de cobertura (abonos verdes)

Los productores no acostumbran la realización de esta práctica (siembra de leguminosas) dejan los suelos descubiertos, barriendo incluso los residuos de cosecha, en algunos de ellos es utilizado para el pastoreo de ganado después de haber terminado el ciclo productivo.

El beneficio de la práctica de mantener cubierto el suelo con leguminosas como Terciopelo, Canavalia, entre otros es por los beneficios que le atribuyen Fernández, Martínez y Ramírez (2009) por su abundante follaje y sistema radical, los que mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo con fines agrícolas mediante la incorporación de materia orgánica, la aportación de nutrientes (fundamentalmente nitrógeno) y la reducción de la erosión hídrica.

Esta práctica es una de las fundamentales en la Agricultura Conservacionista debido a que el implemento de las mismas trae consigo muchos beneficios, como lo demuestran diversos estudios, por ejemplo, el que realizó Cabrera, Hernández y Llanes (2015), encontrando que la Agricultura de Conservación, estableciendo coberturas con leguminosas, mejoró el pH, Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , CCB, CIC, P_2O_5 , K_2O , también aumentó la materia orgánica en 0,26%, la porosidad total en 6,94% y la densidad aparente disminuyó en 0,17g.cm., redujo la erosión en un 80,49 % respecto a la labranza tradicional. Lo que incrementó el rendimiento del maíz en 9,68%, el *sorghum* en 36,76%, el tabaco bajo tela 12,92%.

Los resultados señalados anteriormente coinciden con Espino & Romero (1998), pero este autor también agrega que hay un control eficaz en malezas por los frijoles abonos, principalmente las monocotiledóneas, también controlan plagas del suelo como los nematodos.

El implementar esta técnica no solo contribuye a los rendimientos sino también a mejorar y preservar propiedades físicas químicas y biológicas lo cual es una

buena opción a considerar para restauración de los suelos en las unidades de producción.

9.1.10. Barreras vivas/muertas

Esta práctica tiene como finalidad disminuir el poder erosivo del escurrimiento o contener partículas desprendidas por erosión eólica (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2008).

Arceda y Salmerón (2013) las ventajas de las barreras muertas es que controlan la erosión del suelo y mejoran la productividad de los cultivos.

Ambas prácticas tienen la finalidad de protección del suelo a la erosión eólica o hídrica que conlleva a muchos beneficios, uno de ellos es mantener los rendimientos productivos preservando la calidad del suelo, donde tan solo el 20% los productores de la microcuenca Moyúa posee obras de conservación de suelo y agua clasificándose como prácticas agronómicas, las que se encuentran en mal estado, puesto que ya cumplieron con su utilidad necesaria.

9.2. Estado de las prácticas Agronómicas y Culturales

Según COAG-FAO (2003) las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) se definen como medidas o conjunto de acciones orientadas a la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de la explotación agrícola.

Con relación a los resultados encontrados, en su mayoría se halló en mal estado las prácticas agronómicas, lo cual había afirmado el INTA (2013) mencionado que los suelos del país experimentan cambios apuntando al uso de prácticas inapropiadas, tal como se muestra en el cuadro 13, donde solo dos de los diez productores los que son Narciso Moreno (NM1), Jorge Moreno (JM2) son los que han implementado ciertas obras físicas en las unidades de producción como las

barreras vivas, barreras muertas categorizándose en regular debido a que ya cumplieron su funcionalidad, pero mantienen, la rotación de cultivos, un manejo integrado de los cultivos y disposición por evitar la erosión en sus áreas agrícolas.

Cuadro 13. Estado de las Prácticas Agronómicas y Culturales

Productor	Estado de Practicas							
	Agronómicas				Culturales			
	Malo	Regular	Bueno	Muy BN	Malo	Regular	Bueno	Muy BN
NM1		X					X	
TM1	X					X		
FO	X					X		
TM2	X					X		
NM2	X					X		
HA	X					X		
JM1	X					X		
GU	X					X		
RA	X					X		
JM2		X					X	

Fuente: Resultado de la investigación.

No obstante las prácticas culturales están categorizadas en niveles regulares puesto que están condicionada a las característica climatológicas, tanto regional como del lugar específico para las siembras, siembran y levantan las cosechas en las fases lunares adecuadas, en ciertos cultivos como hortaliza manejan las distancias de siembras adecuadas, sin embargo los dos productores que se categorizan en niveles buenos, no realizan quemas, barrido de residuos de cosecha, lo que les garantiza mantener las propiedades físicas y químicas de sus unidades de producción.

Por lo consiguiente las buenas prácticas agronómicas y culturales influyen no solo en los rendimientos, sino en la reducción de la erosión según lo afirma la FAO (2015), coincidiendo con Brunel y Seguel (2011) y al implementar un conjunto de acciones orientadas a la conservación de suelo, conlleva a mejorar significativamente las condiciones y la recuperación de los suelos, evitando la

perdida de propiedades físicas-químicas como macro nutrientes y materia orgánica según lo experimentó Izaurrealde (2006).

9.3. Parámetros físico-químicos de suelos

9.3.1. Textura del suelo

La textura es un parámetro de gran importancia en la predicción del comportamiento del suelo, la razón de este hecho radica en la influencia de la granulometría (arena, limo y arcilla) en la distribución de agua y aire así como de su permeabilidad (Ansorena, 1994); además de la textura depende una serie de otros parámetros físicos, químicos y biológicos, que a la vez influyen en la facilidad a la mecanización, susceptibilidad a la erosión contenido y retención de nutrientes y movimiento de agua y aire (Raucdes & Sagastume, 2011).

Para determinar la textura de los suelos se colectaron muestras de los lotes o parcelas, los que se enviaron al laboratorio LAQUISA, quienes mediante el método de Bouyoucos, encontraron los resultados que se muestran en el gráfico siguiente:

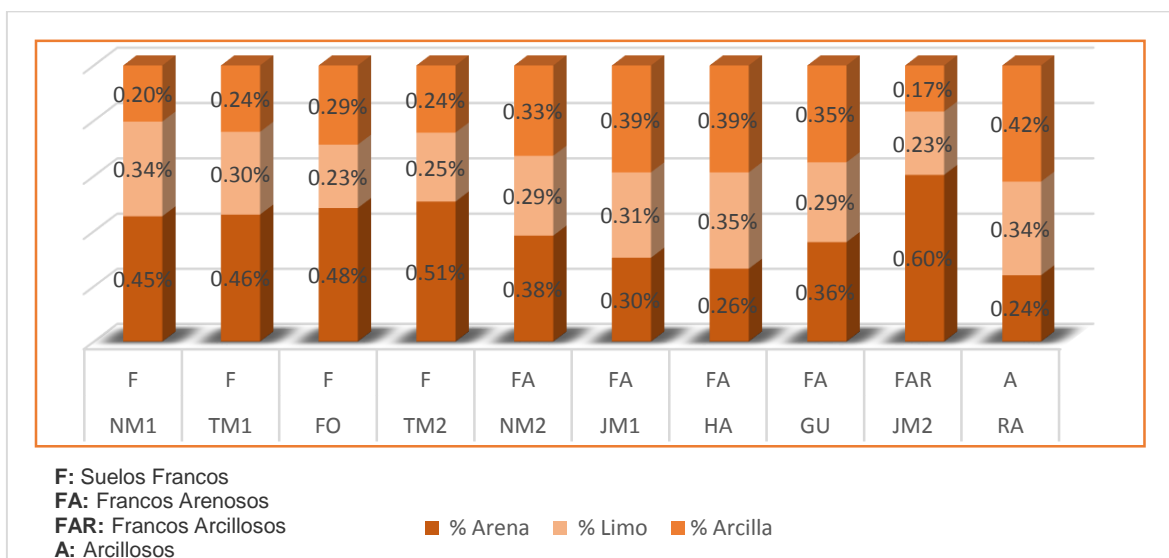


Gráfico 4. Textura de suelo

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

La textura franca (F) contiene los tres tipos de partículas (arena, arcilla y limo) en partes iguales aproximadamente. La textura franco arenosa (FAR) es una mezcla que contiene una gran cantidad de arena y menos cantidad de arcilla, en cambio las texturas franco arcillosa por lo contrario (FA), contiene grandes cantidades de arcilla y menos cantidad de arena (Sullivan, 2007).

Las texturas francas (F) encontradas, corresponden a los suelos de las parcelas de los productores Narciso Moreno (NM1), Transito Moreno (TM1), Flora Orozco (FO) y Tomas Moreno (TM2) categorizándose esta clase textural como las más idóneas para el establecimiento de algunos cultivos como maíz, frijoles, tomate, pepinos y otros como lo plantea Ansorena (1994), debido a que poseen suficiente capacidad de retención de agua, derivada de su contenido de arcilla y están convenientemente aireados por su proporción de arena.

La parcela del productor Jorge Moreno (JM2), contiene textura franca arenosa (FAR), la que presenta una elevada aireación, muy útil tanto para la respiración de las plantas como para los microorganismos, razón por la que estos suelos presentan altas tasas de mineralización de la materia orgánica como lo planteo Ansorena (1994).

En la textura Franca arenosa al ser la fracción arena la que se encuentra en mayor proporción, y por contener cuarzo el cual no contiene nutrientes para las plantas y no sostener nutrientes estos se lavan fácilmente con la lluvia (Sullivan, 2007).

Las parcelas (NM2) del productor Noel Moreno (NM2), José Moreno (JM1), Harry Armas (HA) y Gabriel Urbina (GU), se encontraron con textura franca arcillosa (FA) y con una textura pesada se encontró la parcela (RA) del productor René Arellano corresponde a textura arcillosa. Según Sullivan (2007), estos tipos de suelos contienen cantidades apreciables de nutrientes a diferencia de los arenosos y los limosos, siendo más productivos y favorecen una mayor eficiencia de los fertilizantes.

La textura arcillosa al contener más arcillas retendrá mayor cantidad de agua, trayendo como consecuencia lo que plantea Chavarría (2011) que estos suelos presentan dificultades en el movimiento de agua entre los espacios intersticiales creándose un ambiente anóxico para las plantas, dificultando el intercambio gaseoso y la respiración radicular, facilitando la aparición de enfermedades fungosas y bacterianas.

9.3.2. Densidad aparente

Se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, incluyendo tanto la fase solida como la gaseosa que se albergan en los espacios porosos, además con los valores obtenidos se puede hacer relación masa/masa y masa/superficie (Chavarría, 2011).

Para determinar la densidad aparente se realizó de acuerdo a lo planteado por la UEX (2005), citado por Chavarría (2011) colectándose muestras de suelo sin perturbar de todas las parcelas, introduciendo un cilindro con dimensiones (10 cm altura x 5 cm de diámetro) en los primeros centímetros de la superficie del horizonte A, posteriormente se extrajeron y enviaron las muestras al laboratorio, encontrándose los resultados que se muestran en el siguiente gráfico:

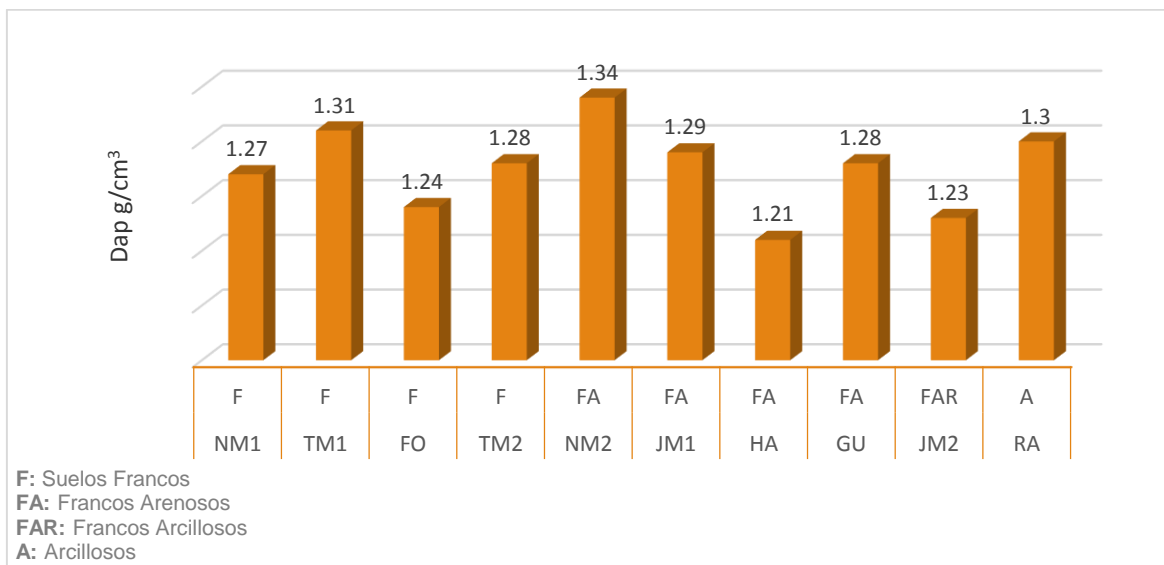


Gráfico 5. Densidad aparente ($Dap\ g/cm^3$)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

El gráfico anterior refleja los resultados de la densidad aparente (Dap), determinados por laboratorio LAQUISA, encontrándose valores entre 1.21 y 1.34 g/ml. Las texturas de los suelos fueron clasificadas en grupos texturales de acuerdo a lo planteado por López (2006) clasificándose las parcelas NM1, TM1, FO, TM2 NM2, JM1, HA, GU y JM2 como suelos de clase textural media, mientras que las parcelas RA, se clasifican como clase textural pesada.

De acuerdo con lo señalado por Cortés y Malagón (1984), citado por Jaramillo (2002) no se encontró compactación en los suelos de clase textural media, siendo estos los suelos Francos (F), Franco Arcilloso (FA) Franco Arenoso (FAR), encontrándose con valores inferiores a $1.4\ g/cm^3$ mientras que la clase textural fina, encontrándose en este grupo la parcela RA contextura Arcillosa (A) se encuentra en el límite de compactación con valor de $1.3\ g/cm^3$

Los valores cercanos de $1.6\ g/cm^3$ de densidad aparente en suelos Francos, Francos, Arcillosos y Franco Arenosos causan perjuicios, en el crecimiento radicular, no obstante, al determinarse valores $<1.40\ g/cm^3$, se encuentran en condiciones óptimas desarrollo radicular (USDA, 1999). Es decir que los suelos de

las parcelas NM1, TM1, FO, TM2, NM2, JM1, HA, GU y JM2 al contener valores bajos de densidad aparente, contiene mayor espacio poroso, facilitando el movimiento en los flujos de la fase líquida y gaseosa, desarrollo del sistema radicular.

En cambio, la parcela RA muestra un valor de 1.3g/cm^3 . Según USDA (1999) afirma que en los suelos arcillosos (35-45 % arcillas), el valor óptimo es $< 1.10\text{g/cm}^3$. Por ende, no es muy favorable, pudiéndose ver limitado el crecimiento radicular.

Es decir que existe, mayor disminución del espacio poroso, mayor conductividad térmica a como lo plantea la FAO (2009) que los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua entre otras características físicas, químicas y biológicas poco deseables desde el punto de vista agronómico.

9.3.3. Estructura y Consistencia

Esta propiedad nos permite conocer cómo están formados los agregados del suelo, es decir cómo se organizan las arcillas, el limo y las arenas para formar el suelo (Chavarría, 2011).

La consistencia se refiere al grado de cohesión o adhesión de la masa del suelo. Incluye las propiedades del suelo como la friabilidad, plasticidad, adhesividad, y resistencia a la compresión (FAO, 2005).

Para valorar el parámetro estructura y consistencia se realizó con la guía de evaluación visual de suelo de la FAO/INAFOR/INTA (2000) realizando una excavación en cada lote a fin de obtener un cubo de 20 cm^3 de suelo, efectuando posteriormente la prueba de fragmentación, que consistió en dejar caer el cubo a

un metro de altura, repitiéndose esta prueba por un máximo de 3 veces con la misma muestra, determinándose así el tamaño de los terrones en grandes, medianos y finos, según sea el caso, siendo a su vez comparados con fotografías de la misma guía.

A continuación, se muestran los resultados de esta prueba en el cuadro siguiente:

Cuadro 14. Estructura y consistencia

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	0	2	1	0	0	2	1	2	2	0
Condición	P	B	MD	P	P	B	MD	B	B	P

Fuente: Resultados procesados, Guía de evaluación visual de suelo.

**P:* Condición pobre, *MD:* Condición media, *B:* Buena condición.

En el cuadro 14 se muestran el estado de la estructura y consistencia, reflejándose en condición pobre (P) las parcelas TM2, NM2, NM1 y RA con una calificación visual de cero (CV; 0) presentando formación de terrones grandes con caras angulares, así como poca presencia de partículas medianas y finas. De acuerdo con el CIAT (2010), estos suelos tienen mala estructura, conllevando a excesos o deficiencias de agua, falta de aireación poca actividad de microorganismos, incidencia de enfermedades impidiendo el crecimiento de las raíces, así como mal drenaje, coincidiendo con López (2006) que se encuentran limitantes de espacios formados por poros, cámaras, canales que son los encargados de los movimientos de gases y líquidos en el suelo.

Se encontró en condición media (MD) las parcelas FO, MJ1 y HA con una calificación visual de (CV;1), observándose terrones de tamaños medianos con partículas medianas y finas, sin embargo estos agregados no son los ideales para el desempeño de un suelo altamente productivo.

Las estructura y consistencia encontradas en buena (B) condición corresponden a las parcelas TM1, GU y JM2 calificándose con valoración (CV;2), siendo un suelo bastante friable. Según FAO/INAFOR/INTA (2000), este tipo de condiciones favorece el intercambio gaseoso, movimiento y almacenamiento de agua, penetración y desarrollo de las raíces, entre otras condiciones; como mayor resistencia a la erosión hídrica al encostramiento, esto se debe a que los agregados bien estructurados son estables al agua, teniendo menos posibilidades de romperse cuando estos son impactados por las gotas de lluvias (Sullivan, 2007).

De acuerdo con resultados de diversos estudios realizados en esta temática por ejemplo el de Cabrera *et al.*, (2015), demostró que la introducción de Agricultura de Conservación en suelos con afectaciones en sus propiedades física-químicas como biológicas el implementar el frijol común o una vigna, maíz asociado con frijol terciopelo o *sorghum* y el tabaco, permite mejorar esta propiedad física en los suelos, debido a la descomposición e incorporación de biomasa incrementando la materia orgánica.

El resultado encontrado se puede aducir al sistema de manejo tradicional en las unidades de producción, como claramente se observan inicialmente el mal estado de prácticas conservacionista que afectan directamente propiedades físicas.

9.3.4. Porosidad

La porosidad se define por el volumen que ocupan los poros (este se encuentra ocupado por gases y líquidos) con relación al volumen total ocupado por el suelo (Chavarría, 2011); además dentro de la porosidad total se encuentran los microporos o porosidad textural los que definen el volumen de poros más finos encontrándose en su mayoría en el interior de los peds y los macroporos o porosidad estructural los que ocupan el volumen de poros grandes encontrándose en mayor proporción ubicados entre los peds (Jaramillo, 2002).

Para observar y valorar la distribución de los poros de diferentes tamaños, se extrajo una rodaja de suelo sin perturbar observándose además varios terrones de la misma muestra que se obtuvo el monolito, encontrándose los resultados que se muestran el siguiente cuadro:

Cuadro 15: Porosidad

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	0	2	1	0	0	1	1	2	2	0
Condición	P	B	MD	P	P	MD	MD	B	B	P

Fuente: Resultados procesados, *Guía de evaluación visual de suelo*.

***P:** Condición pobre, **MD:** Condición media, **B:** Buena condición.

Se encontró en condición pobre (P) las parcelas TM2, NM2, NM1 y RA con ausencia de macro poros entre sus unidades estructurales, observándose además mala distribución de micro poros. De acuerdo con estos resultados, estos suelos no son favorable para el desarrollo de los cultivos, teniendo impacto directo sobre el balance de entradas y salidas de agua, así como mal funcionamiento hídrico en las relaciones agua – planta, así como en la entrada y difusión de gases y calor como en el desarrollo y crecimiento de los cultivos (Gil, 2007; citado por INTA, 2012).

Los suelos de las parcelas FO, JM1 y HA se encontraron en condición moderada (MD) notándose pocos macroporos entre los agregados, mientras que en buena condición (B) de este parámetro físico se encontró los suelos de las parcelas TM1, GU y JM2 calificándose con valor (CV;2) notándose mayor cantidad de poros dentro y fuera de sus agregados, así como una mejor estructura, los suelos de este tipo son muy favorables aceptando lo que señala USDA (1999) lo que facilita un mayor desarrollo de los cultivos permitiendo el movimiento de agua y aire, mejorando el habitat para el desarrollo de raíces y microorganismos.

9.3.5. Color de moteado

“Los moteados son manchas de color diferente esparcido con el color del suelo dominante. El número, tamaño y color del moteado es un buen indicador del grado de aireación de los suelos” (FAO/INAFOR/INTA, 2000).

Los valores de los moteados encontrados en los suelos de las diez parcelas en estudio fueron valorados a través de la guía de evaluación visual de suelo según FAO/INAFOR/INTA (2000). Encontrándose los resultados siguientes:

Cuadro 16: Moteados del suelo

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	2	1	0	1	1	2	2	1	1	2
Condición	B	MD	P	MD	MD	B	B	MD	MD	B

Fuente: Resultados de la investigación, Guía de evaluación visual de suelo.

***P:** Condición pobre, **MD:** Condición media, **B:** Buena condición.

En condición pobre (P) se encontró el suelo de la parcela FO calificándose con valor cero (CV: 0) notándose abundantes motas color naranjas con más del 50%. Según FAO/INAFOR/INTA (2000), este tipo de suelos contienen poca aireación conllevando a una lenta descomposición de los residuos de cosechas, la razón de este hecho se debe a la poca actividad de los microorganismos. Cabe señalar que este suelo se encontró con profundidad superficial lo que es atribuido al porcentaje de la pendiente (pendiente moderada) y a la usencia de barreras vivas y muertas lo que representa una pérdida de sus propiedades.

Las parcelas TM1, TM2, NM2, GU y JM2 se encontraron en condición media (MD) notándose motas pequeñas color naranjas en un rango menor al 25 por ciento, calificándose con valor (CV:1); mientras que en buena condición (B) se encontró, los suelos de las parcelas NM1, JM1, HA y RA notándose ausencia de motas,

calificándose con valoración de (CV:2).Según INTA/FAO/INAFOR (2000), este tipo de suelos no tiene problemas de aireación reduciéndose las posibilidades de falta de captación de fósforo, nitrógeno y potasio, siendo muy favorables para los cultivos.

9.3.6. Color del suelo

Este parámetro refleja la composición y condiciones en que se encuentra un suelo. Generalmente está determinado por el revestimiento de las partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros (FAO, 2005).

Para la evaluación del color se tomaron muestras de terrones comparándose con las fotografías de guía de evaluación visual de suelo, encontrándose los resultados que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 17: Color del suelo

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	2	1	0	0	1	2	2	2	1	2
Condición	B	MD	P	P	MD	B	B	B	MD	B

Fuente: Resultados de la investigación, Guía de evaluación visual de suelo.

***P:** Condición pobre, **MD:** Condición media, **B:** Buena condición

Este indicador permite, por ejemplo, la utilización del color como parámetro de la transformación antrópica del suelo, y establecer qué suelos son más idóneos para su conservación o qué suelos u horizontes pueden utilizarse para la regeneración en caso de que sea necesario (López, 2006).

Se encontró en condición pobre (P) los suelos de las parcelas FO y TM2 con una coloración significativamente clara evaluándose con valor de cero (CV:0), para

esta situación el CIAT (2010) les imputa a estos suelos mal drenaje interno, lo cual coincide con López (2006) que lo atribuye al factor antrópico debido al manejo y el uso de prácticas inapropiadas en el suelo. Lo que es una aseveración al contexto de la situación actual en las parcelas de los productores.

Mientras que en condición moderada (MD) se encontró las parcelas TM1, JM2 y NM2 calificándose con valor uno (CV:1), sin embargo las parcelas que se encontraron con una mejor coloración son: NM1, JM1, HA, GU y RA observándose color oscuro, calificándose con valor dos (CV:2) según el CIAT (2010) colores negros u oscuros significan buen contenido de materia orgánica, lo que coincide con los resultados de análisis químicos de laboratorio donde los porcentaje de materia orgánica se encuentran por encima de 2.48%.

Sin embargo, esto se aduce a ciertas prácticas de conservación que realizan estos productores, como lo plantea Arceda y Salmerón (2014) existen principios generales que se deben considerar como lineamientos básicos para desarrollar obras de conservación de suelos, partiendo de una cobertura en el suelo, y obras físicas como barreras de contención.

Otro factor que influye en el color del suelo en las parcelas de los productores que poseen colores con valores medios y buenos es la pendiente, que según Raudes y Sagastume (2009) se consideran pendientes suaves en estas parcelas, caso contrario para las demás, las cuales están en un rango de pendiente moderada como se refleja en el cuadro 21. Este mismo autor señala que la pendiente es útil para el establecimiento de obras de conservaciones suelo.

9.3.7. Macro fauna del suelo

Para la valoración de este parámetro se realizó conteo de lombrices siguiendo los procedimientos de la guía de evaluación visual de suelo INTA /FAO/INAFOR

(2000); además se realizó calicata de 50 cm³, se encontraron los resultados que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 18: Macro fauna del suelo

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condición	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Fuente: Resultados de la investigación, Guía de evaluación visual de suelo.

*P: Condición pobre.

Según los resultados encontrados hay condición pobre (P) para los suelos de todas las parcelas, calificándose con valor de cero (CV:0), el que se considera cuando la presencia de lombrices es menor a cuatro (<4) por cada muestra; cabe señalar que no se observó ni un solo anélido. Los resultados encontrados de este parámetro biológico, indican que estos suelos no prestan las condiciones de habita para este tipo de macro fauna, siendo estas importantes para mejorar las condiciones físicas al construir sus galerías y remover el suelo, mezclando verticalmente las sustancias orgánicas de la capa arable aduciendo lo que planteó Chavarría (2011).

Estos resultados coinciden con Aíra *et al.*, (2009) y con los hallazgos encontrados por Decaëns *et al.*, (2003) por lo que las lombrices influyen de forma muy significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual se ve reflejado en el cuadro 13 en el que se muestran el estado degradado de la estructura, consistencia y la porosidad en este mismo documento al no mostrar macroporosidad entre los terrones observados.

9.3.8. Cobertura de suelo

La cobertura del suelo está representada por la cobertura vegetal de las plantas en desarrollo (periodo vegetativo) y por sus residuos, las que varían de especie a especie en función de sus características fenológicas y vegetativas, según lo afirma el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2010).

Para evaluar la cobertura de suelo se realizó, con cinta de diez metros tomando datos por cada cincuenta centímetros (cm), en diagonal a los surcos de la parte alta, media y baja de las parcelas, además fueron comparados con la guía de evaluación visual (FAO/INAFOR/INTA, 2000). Encontrándose los resultados que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 19. Cobertura de suelo

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2
Condición	MD	MD	MD	MD	MD	MD	B	MD	MD	B

Fuente: Resultados de la investigación, Guía de evaluación visual de suelo.

**P:* Condición pobre, *MD:* Condición media, *B:* Buena condición.

Según los resultados en el cuadro 19 en condición media (MD) se encuentran los suelos de las parcelas NM1, TM1, FO, JM1 y JM2 con superficie cubierta parcialmente entre el 30 y 50 por ciento de cobertura viva (arvenses) y residuos de cosechas parcialmente descompuestos. Los resultados de este parámetro indican que estos suelos no se encuentran con cobertura optima, observándose suelo desnudo en algunos puntos, siendo susceptibles a procesos erosivos lo que resulta en un impacto directo sobre los demás parámetros físicos y químicos.

En buena condición (B) se encontró la cobertura de los suelos de las parcelas TM2, HA, GU y RA cubriendo casi en su totalidad la superficie del suelo, calificándose con valor (CV:2) siendo en su mayoría cobertura viva.

Los beneficios de encontrar cubiertos los suelos, es por su abundante follaje y sistema radical al mejorar la fertilidad, el contenido de carbono orgánico, las propiedades físico-químicas de los suelos, aumentando los contenidos de materia orgánica, la capacidad de retención de humedad y la reducción de la erosión hídrica lo cual es un buen indicador para los suelos con buena condición de cobertura.

9.3.9. Compactación (piso de arado)

Es la formación de una capa compacta sub-superficial conocida como piso de arado o piso de grada de 20 a 25 cm o 10 a 12 cm de profundidad, siendo provocada por el uso continuo de implementos (INAFOR/FAO/INTA, 2000).

Para determinar el piso de arado se realizó extrayendo un trozo de suelo con un palín de la orilla del agujero donde se extrajo el monolito, además se realizó calicata, comparándose los parámetros observados con la guía de evaluación visual de suelo, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 20. Compactación de suelo (piso de arado)

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	0	2	1	0	0	1	1	2	2	0
Condición	P	B	MD	P	P	MD	MD	MD	B	P

Fuente: Resultados de la investigación, Guía de evaluación visual de suelo.

***P:** Condición pobre, **MD:** Condición media, **B:** Buena condición.

Se encontró en condición pobre (P) las parcelas NM1, TM2, NM2 y RA observándose mala estructura interna con ausencia de poros. Los resultados muestran que se tendrían problemas, de acuerdo con el CIAT (2010) que define falta infiltración de agua en el interior del perfil del suelo dificulta en el desarrollo de las plantas, además poca actividad de microorganismos entre otras condiciones no deseadas.

Los suelos de las parcelas FO, HA, JM1 y GU se encontraron en condición moderada (MD) notándose inicios de compactación, presentando estructura con pocos poros en la parte inferior del suelo, pero de fácil fractura, mientras que en buena condición (B) de este parámetro físico, se encontró los suelos de las parcelas a TM1 y JM2 calificándose con valor de (CV;2) notándose que no hay compactación con presencia de poros en su estructura. Los resultados encontrados de acuerdo a este parámetro no presentarían inconveniente para la exploración de agua y nutrientes de las raíces de las plantas y habita microorganismos.

9.3.10. Profundidad del suelo

“Es la longitud o distancia entre la superficie del suelo y la capa de roca madre, donde la raíz de la planta puede crecer y desarrollarse fisiológicamente” (Raudes & Sagastume, 2009).

Para determinar la profundidad efectiva de suelo se observó la elongación vertical máxima de raíces, realizando calicata en las parcelas, evaluadas según la guía de evaluación visual de suelos. Encontrándose los resultados que se muestran a continuación:

Cuadro 21. Profundidad de raíces o suelo (cm)

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Valoración visual	2	2	0	1	2	2	2	2	1	2
Condición	B	B	P	MD	B	B	B	MD	MD	B

Fuente: Resultados de la investigación, Guía de evaluación visual de suelos.

***P:** Condición pobre, **MD:** Condición media, **B:** Buena condición.

Se encontró en condición pobre (P) la parcela FO, teniendo una profundidad menor a 30 cm, evaluándose con valor (CV;1). El resultado encontrado según Raudes y Sagastume (2009), se considerado como un suelo superficial, siendo propensos a la erosión, al respecto Casanova *et al.*, (2004) agrega que suelos poco profundos, el volumen es más delgado, viéndose las raíces limitadas en la disponibilidad de agua y nutrientes, además de ser un obstáculo en el desarrollo del sistema radicular por su poca proximidad a la roca madre. Sin embargo (MARM, 2009) señala que la mayor parte de las raíces de las plantas se desarrollan en el suelo hasta los 20-30 cm de profundidad.

En cambio, las parcelas TM2 y JM2 se determinaron profundidades efectivas entre 30 y 60 cm. El resultado es una condición moderada (MD) calificación de (CV;1), mientras que las parcelas: NM1, TM1, NM2, JM1, HA, GU, y RA se observó profundidades efectivas de raíces superior a 60 cm evaluándose con valor (CV;2).

El resultado para este parámetro en estas parcelas es de una buena (B) condición, clasificándose como un suelo profundo, los que son recomendados para cultivos con sistema radicular profundo como tomate, maíz dulce, cebollas, melones, remolacha entre otros (Raudes & Sagastume, 2009).

9.3.11. Pendiente

La pendiente caracteriza la desviación de la inclinación de la ladera horizontal

en porcentaje (%) o en grados (0), se consideran suaves hasta el 15 %, moderadas entre el 15-30 % y pendiente fuerte entre el 30 y 50 % (Raudes & Sagastume, 2009). Su determinación es útil en el establecimiento de cultivos perennes, obras de conservaciones suelo y agua, montaje de sistemas de riego entre otras utilidades.

Para calcular el % de pendiente se tomaron datos de la parte baja, media y alta, obteniendo un promedio para cada una de las 10 parcelas, para ello se utilizó clinómetro, mostrándose a continuación los siguientes resultados:

Cuadro 22. Porcentaje de pendiente

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Pendiente	7 %	8 %	18 %	1 %	3.7%	3 %	4 %	7 %	12.5 %	4 %
Condición	S	S	MD	S	S	S	S	S	S	S

Fuente: Resultados de la investigación.

***S:** Pendiente suave, **MD:** Pendiente Moderada

A partir del cuadro 21 y el cuadro 22, se observa que a medida que la pendiente aumenta, disminuye la profundidad efectiva, visto que la parcela FO se determinó pendiente moderada, disminuyendo la profundidad efectiva, la que se clasificó con condición pobre en este parámetro físico, conllevando a la degradación de sus parámetros químicos y biológicos a la ausencia de prácticas y obras de conservación, coincidiendo con el resultado encontrado por Raudes y Sagastume (2009). Mientras que para las demás parcelas el resultado corresponde a pendientes suaves (S) siendo menores al 15 % y su profundidad efectiva se encuentra desde buena a moderada.

9.4. Propiedades químicas de suelo

Para la estimación de los niveles de nutrientes pH y materia orgánica se realizó muestreo de suelo, para cada una de las parcelas, las que fueron enviadas al laboratorio de análisis de suelos LAQUISA, los datos obtenidos se compararon con tabla de interpretación del mismo laboratorio encontrándose los resultados que se describen a continuación:

9.4.1. Materia orgánica (M.O)

La materia orgánica, definida como la fracción orgánica del suelo que incluye a microorganismos y restos de vegetales y animales en diferentes niveles de descomposición el cual es considerado el factor clave en la calidad de los suelos (Magdoff, 1992; citado por Mendoza, 2011).

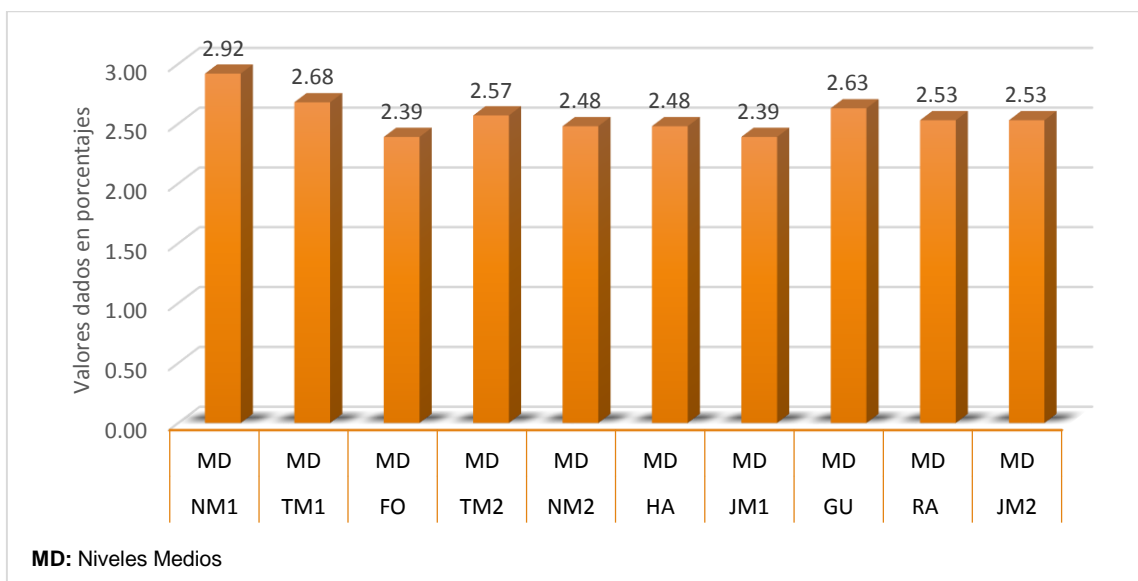


Gráfico 6. Materia orgánica (%)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

El gráfico 6 muestra los resultados de la materia orgánica (MO) encontrados en las unidades de producción, reflejando porcentajes entre 2.39% el valor más bajo, correspondiente a las parcelas Flora Orozco (FO) y José Moreno (JM1); el más

alto corresponde a 2.92 por ciento en los suelos del productor Narciso Moreno (NM1). Al respecto Chavarría (2011), indica que la materia orgánica por encima del 2 % está ligado a la estabilidad de los suelos, al tener un poder aglomerante, sobre todo las sustancias húmicas al unirse a la fracción mineral brindando permeabilidad al suelo, a la vez que le permite estabilidad, sin embargo, la tabla de interpretaciones establecida por laboratorios LAQUISA se encontraron resultados de niveles medios (MD) para las parcelas NM1, NM2 y TM2, situándose por encima del nivel crítico.

En general las unidades de producción estudiadas se categorizan con materia orgánica en niveles medios, según Hernán *et al.*, (2011) la materia orgánica (MO) es considerada un indicador de salud del mismo suelo, teniendo efectos positivos sobre la sostenibilidad del sistema productivo. Esto se debe a que tiene impactos directo sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos, por tal razón los resultados son favorables para los cultivos lo cual afirman Studdert *et al.*, (2015) que la MO está íntimamente relacionada con la capacidad del suelo de cumplir con sus funciones en el agroecosistema, tales como almacenar y proveer nutrientes, almacenar agua y permitir su circulación del aire, mantener una estructura estable y determina la capacidad del suelo de reorganizarse ante las alteraciones provocadas por el uso.

9.4.2. Potencial de ion Hidrogeno (pH)

El pH es una de las propiedades químicas más relevantes ejerciendo efecto en la movilidad de los iones, la precipitación y disolución de los minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes (Vásquez, 2005; citado por Hernán *et al.*, 2011).

El significado práctico de la expresión del pH radica en el hecho de que cada unidad de cambio del pH corresponde a un incremento de 10 veces en la cantidad

de acidez o basicidad del suelo en otras palabras un suelo con pH de 5.0 tiene 10 veces más H^+ activo que un suelo de pH 6.0 (Espinosa & Molina, 1999).

Los resultados de potencial del ion hidrogeno (pH) se interpretaron según escala de referencia, USDA (Soil, Surve y Staff, 1965), citado por Chavarría (2014). Los resultados encontrados se muestran en el gráfico siguiente:

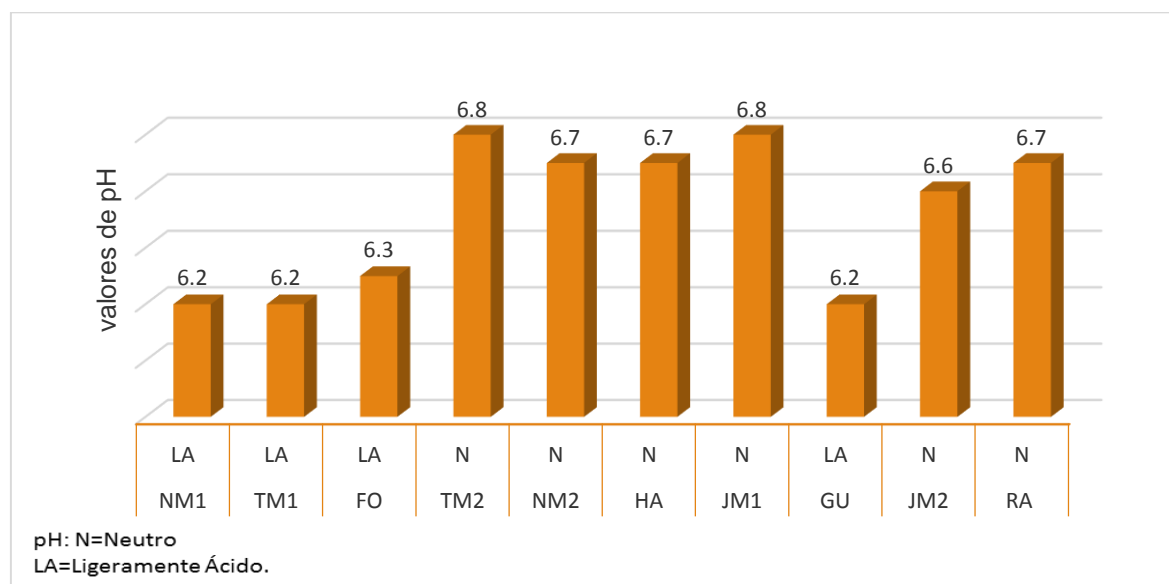


Gráfico 7. pH del suelo

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

De acuerdo a los resultados encontrados las parcelas TM2, NM2, HA, JM1, JM2 y RA, se determinaron entre 6.6-6.8, siendo una categoría de resultados de suelos neutros (N), Espinosa y Molina (1999) al respecto sostienen que contiene igual número de iones de H^+ y OH^- en la solución, favoreciendo la fase de intercambio con cationes básicos como (K^+ , CA^{+2} , MG^{+2} , NA^+). La razón se debe a que satisface las cargas eléctricas de la superficie de los coloides del suelo. En cuanto a las parcelas NM1, TM1, FO, GU, se obtuvo resultado de pH entre la categoría de 6.1-6.5 encontrándose como ligeramente ácido (LA).

Por lo tanto, se considera que todas las parcelas en estudio, se encuentra buena disponibilidad de la mayoría de los nutrientes para los cultivos, en relación a pH,

acorde a lo planteado por Arias y Jiménez (2001), quien hace mención que pH entre 5.5 y 7 es donde está la mayor disposición de nutrientes, por lo cual este parámetro químico no es limitante en la productividad de los cultivos, coincidiendo con Espinosa y Molina (1999). Cabe señalar que este mismo autor señala que no se tienen problemas de AL^{3+} con referencia al pH de la solución del suelo, puesto que con pH superiores a 5.3 pasa a formar al $(OH)_3$ que se precipita eliminando el aluminio de la solución.

9.4.3. Macronutrientes

9.4.3.1. Nitrógeno ppm

El Nitrógeno (N) es el motor de crecimiento de las plantas, el cual suple del 1 al 4 % del extracto seco de estas misma. Es absorbido bajo la forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+), es central para la producción de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo esencial en el desarrollo de las plantas, teniendo impacto sobre los rendimientos (FAO, 2002).

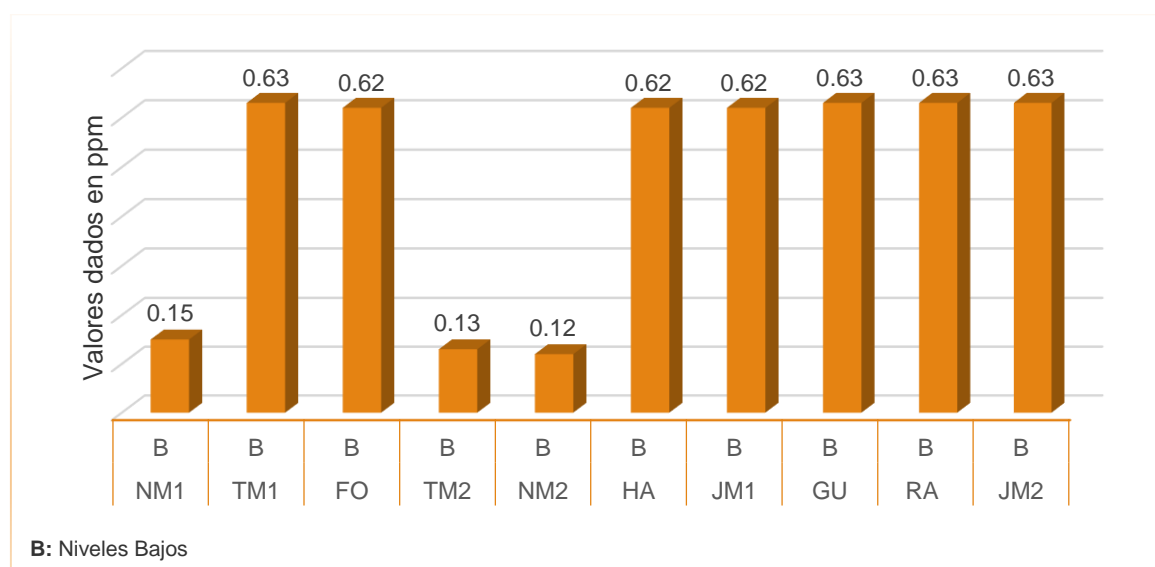


Gráfico 8. Niveles de Nitrógeno (N)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

De acuerdo al resultado que se reflejan en el gráfico 8, se encontraron niveles bajos de Nitrógeno (N) en todas las unidades de producción, acorde con Sela (2014) el que considera niveles bajos (B) valores inferiores a 20 ppm; pero más aún para los productores Narciso Moreno (NM1), Noel Moreno (NM2) y Transito Moreno (TM2) donde se registraron niveles muy bajos, esto nos lleva a pensar lo que señala Álvarez (2015) que el Nitrógeno es considerado un macronutriente de gran importancia en los rendimientos productivos, según este mismo autor también planteo que “una de las principales fuentes de Nitrógeno (N) en los cultivos es la mineralización de la (M.O) del suelo” coincidiendo con Kumar (2004), citado por (Salvagiotti, Colino & Piccinetti, 2015) el que afirma que “el Nitrógeno (N) es central para la producción de los cultivos dado que está directamente implicado en el proceso de fotosíntesis, por ende es esencial en la formación de tejidos vegetativos (tallos, ramas, hojas, entre otros), para alcanzar cosechas con buenos rendimientos productivos.

Los resultados encontrados de este parámetro indican que, estos suelos no suministran los requerimientos necesarios de este macronutriente, lo que representa un impacto sobre los rendimientos según la FAO (2002). Cabe señalar que la implementación de una práctica agronómica, la cual es un análisis previo de los nutrientes en disposición en el suelo a nivel de laboratorio representa no solo el aseguramiento de una buena cosecha, sino también conservar los suelos aplicando el o los nutrientes que se necesita, evitando contaminación y alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Otra de los hallazgos encontrado es la falta de cobertura de suelo y la incorporación de rastrojos, debido a que ninguno de los productores tienen en cuenta esta práctica cultural, la cual es una de los principales principios de la agricultura de conservación lo que es sustentado por Álvarez (2015) quien manifiesta que, una de las principales fuentes de nitrógeno (N) en los cultivos es la mineralización de la (M.O) del suelo, es decir la incorporación de rastrojo y mantener cobertura permanente en los suelo no solo evita la erosión o pérdida de

suelo, sino la mineralización de materia orgánica para suministro de nitrógeno a los cultivos.

9.4.3.2. Fósforo (P)

En el suelo se encuentran tres formas de fosfato, fosfato en la solución del suelo, fosfato fácilmente lábil y fosfato no disponible. La primera fracción se define claramente, la segunda es la fracción sólida que se encuentra en la superficie de las arcillas de modo que está en equilibrio con el fosfato de la solución y la tercera fracción que solo puede liberarse muy lentamente a la fracción lábil (Mengel & Kirkbi, 1987).

Los resultados encontrados de las concentraciones del nutriente Fósforo (P), con el método de extracción Olsen se interpretaron con las categorías, reflejadas en el cuadro 4, mostrándose a continuación los resultados, en el siguiente gráfico.

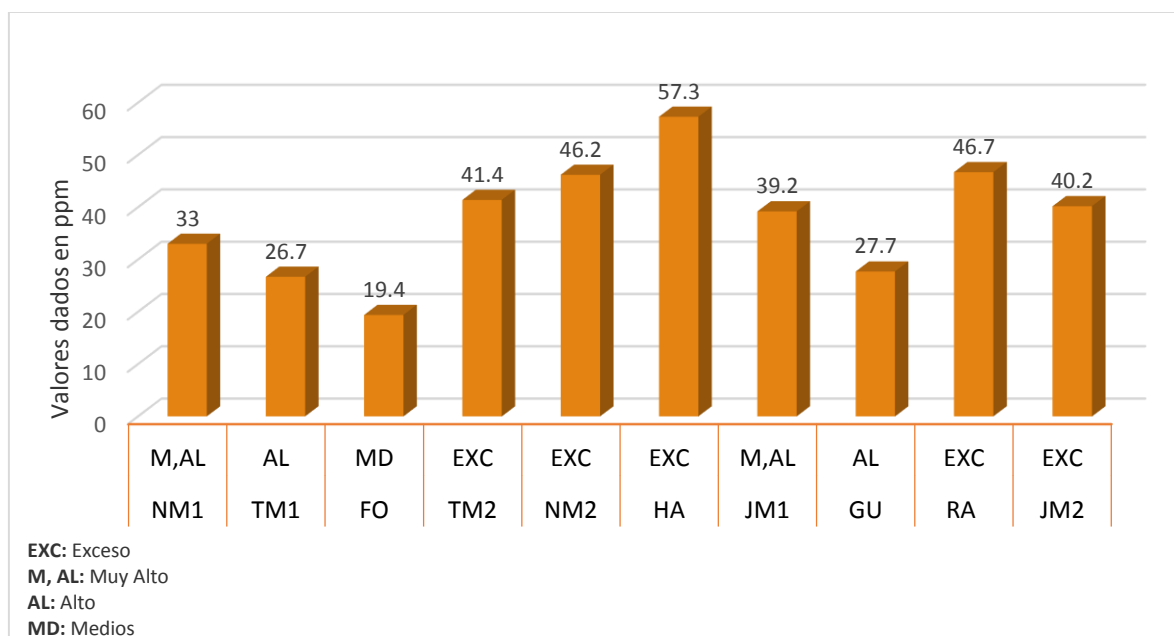


Gráfico 9. Niveles de Fósforo (P)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

De acuerdo a los resultados reflejados en el gráfico 9, las concentraciones de Fósforo (P) para la parcela (FO) se clasifica en moderadamente alto (Mod. Alto) con valor de 19.4 ppm. Castellanos *et al*, (2005) plantea que estos valores son considerados como niveles de suficiencia, por ende, se espera escasa o nula respuesta a la fertilización.

Mientras que, en niveles altos (AL) se encontraron, los suelos de las parcelas (TM1) con valor de 26.7 ppm y (GU) con una estimación de 27.7 ppm, en cambio los resultados de niveles muy altos (M, AL) corresponden a los suelos de las parcelas NM1 con una concentración de 33 ppm y JM1 con 39.2 ppm para los suelos de las demás parcelas NM2, TM2, HA, RA y JM2 se encontraron con niveles superiores a >40 ppm. Sela, (2014) asevera que los valores superiores a 40 ppm estimados por extracción Olsen se consideran como exceso (EXC).

De acuerdo con Castellanos *et al.*, (2005) las parcelas en niveles altos (AL) no se recomienda una adición de este nutriente, al igual que en las parcelas con niveles muy altos (M, AL), puesto que, puede generar desbalance con otros nutrientes antagónicos como el Zinc (Zn), la razón se debe a que las concentraciones de fosforo (P) está disponible por varios años sin que los cultivos puedan demostrar deficiencia. Por otra parte, un exceso de fosforo no aporta ningún beneficio a la planta, así como un exceso en aplicaciones de este nutriente aumenta los riesgos de perdida (Lida & Shock, 2009). Por ejemplo, lavado por escorrentía en suelos desprotegidos.

El promedio las mayores concentraciones de Fósforo (P), se encuentran en los suelos con más contenido de arcilla con valor de 43.2 ppm, en cambio los suelos francos (F) y franco arenoso (FA) presentaron un promedio de 32.14 ppm. Por otra parte, los resultados que se encontrados no coinciden con los reportados por Fargas y Balmaceda (2014) quienes encontraron en la misma zona de estudio un promedio de 26.06 ppm.

Además, laboratorio LAQUISA considera niveles bajos a las concentraciones menores a 10 ppm, niveles medios entre 11-20 ppm, en cambio el laboratorio de la universidad nacional agraria (UNA) utilizando el mismo método de extracción Olsen, considera que el nivel crítico para los cultivos en Nicaragua es menor a 20 ppm (Mendoza, 2011).

Por tanto, es importante calibrar los resultados de análisis de suelos frente a la respuesta de los cultivos en campo, de lo contrario los valores obtenidos mediante cualquier método de laboratorio tendrán poco significado tal como lo plantea Sadeghian (2011), a fin de obtener datos reales de absorción y rendimiento que garanticen el éxito de una agricultura sostenible en la comunidad Moyúa.

No obstante, se constató que el pH no es limitante del nutriente Fósforo a como lo menciona Scott (1998) que los rangos de pH entre 6 y 7 es donde se encuentran los fosfatos disponibles para las plantas.

9.4.3.3. Potasio (K)

El Potasio es clave para que la planta soporte el estrés provocados por factores, tales como, la sequía, enfermedades, altas temperaturas, insectos entre otros. Las plantas que tiene altos contenidos de potasio requieren menos agua para producir un rendimiento dado además promueve el crecimiento y proliferación de las raíces, suficiente (K) incrementa la elongación, turgidez y la tasa de regeneración de la raíz, además de participar en la fotosíntesis y la eficiencia en la transpiración (Herrera & Lazcano, 2000).

En el gráfico siguiente muestra los resultados de Potasio (K) los que fueron interpretados con la tabla de referencia LAQUISA, encontrándose en nivel medio (MD) la parcela NM2 con valor estimado de 0.56, mientras que las demás parcelas se encontraron en niveles muy altos (M,AL). Dentro de esta categoría el valor más alto se estimó en la parcela HA con valor de 1.783 meq K /100 gr y el valor más

bajo se estimó en las parcelas GU con 0.657 meq K /100 gr. (García, 2012), menciona que “el exceso de este elemento afecta la absorción de calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺)”.

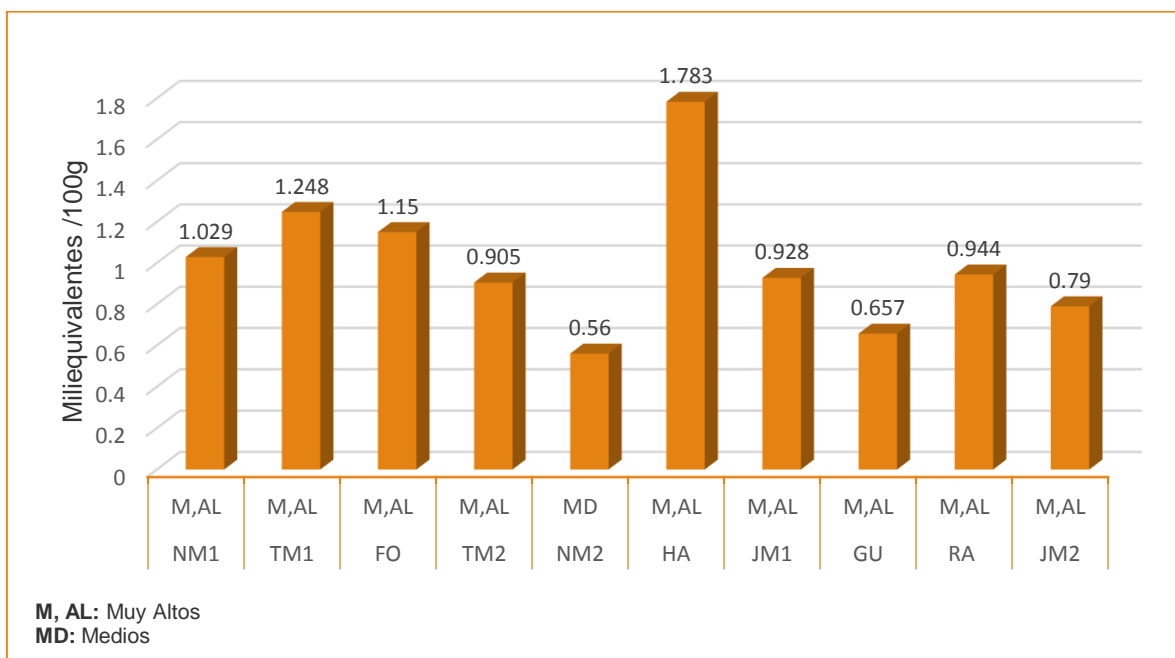


Gráfico 10. Niveles de Potasio (K)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

Por otra parte, los resultados encontrados coinciden con los niveles reportados por Pastrana (2002), citado por Castellanos *et al.*, (2005) quienes encontraron contenidos de (K) para suelos tropicales degradados entre 20-120 ppm. En promedio se encontró menor concentración de potasio disponible para las plantas en los suelos de las parcelas que contienen, mayor contenido de arcilla con valor de 0.9932 meq/100 g a diferencia de los suelos de textura franca y franca arenosa que muestran un promedio de 1.021 meq/100 g.

Por consiguiente, las concentraciones de potasio encontrados son satisfactorios para los cultivos, dado que son una fuente inmediata de abastecimiento, siendo útil para que los cultivos alcancen su máximo potencial de rendimiento. Sin embargo, este nutriente se puede ver agotado por extracción de los cultivos, perdidas por lixiviación y erosión, siendo necesario su aporte o reposición.

9.4.4. Macronutrientes secundarios

9.4.4.1. Calcio (Ca)

El Calcio tiene gran importancia para la producción agrícola requiriéndose por las plantas en mayores cantidades. Según (Valencia, 1999; Bonilla, 2008) citado por García (2012), menciona que “este nutriente es muy necesario en el desarrollo de los meristemas apicales, Según FAO (2002), considera que es “esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas, aunque la mayoría de los suelos contienen altos contenidos de calcio el objetivo de la aplicación de calcio es del encalado”.

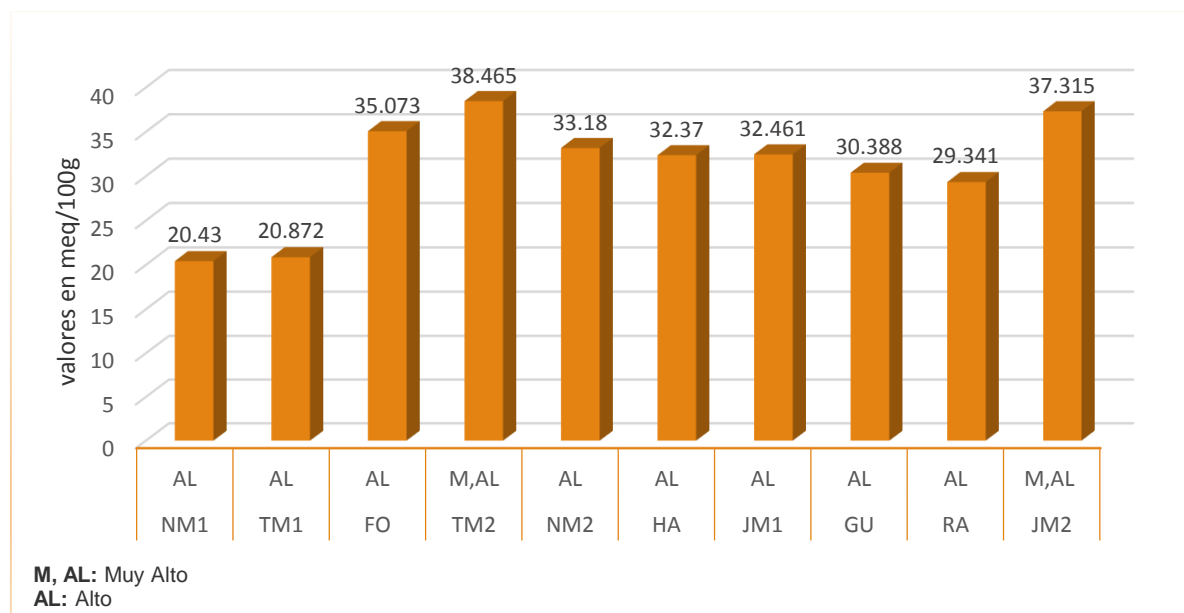


Gráfico 11. Niveles de Calcio (Ca)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

Acorde a los resultados se muestra el gráfico 11, con las concentraciones del nutriente Calcio (Ca) correspondientes a los suelos de las 10 parcelas, los que son interpretados de acuerdo a parámetros establecidos en tabla de interpretación LAQUISA, quienes establecen nivel bajo (B) a los resultados menores o iguales a (2) meq/100g; nivel, MD entre (4-20); nivel alto, AL para los resultados mayores que 20 y menor que 36; niveles muy altos >36 meq/100g.

En niveles muy altos (M,AL) de Calcio (Ca) se encontró en los suelos de las parcelas TM2 y JM2, mientras que los suelos de las parcelas NM1, FO, NM2, HA, JM1, GU y RA, se encontraron en niveles altos (AL). De acuerdo a resultados de los suelos analizados, se logró constatar que el nutriente (Ca), se encuentra disponible para las plantas. Sin embargo, cualquier factor que limite el crecimiento de las raíces puede ser causado por factores ambientales como: temperaturas bajas, aireación, entre otros, es lo que puede limitar la absorción del Calcio, originando una deficiencia, aunque los suministros de los suelos sean los adecuados según lo afirma (Mengel & Kirkbi, 1987) coincidiendo con Lazcano (1998) que señala que factores como combinaciones de baja humedad relativa combinada con altas temperaturas, tensión osmótica, sequias temporales, pueden limitar la absorción.

Por consiguiente, los niveles encontrados de Calcio son favorables para suplir la demanda de los cultivos, sin embargo, es necesario mantener los niveles de Calcio (Ca) en condiciones óptimas de disponibilidad en el suelo, puesto que es un nutriente poco móvil en la planta. Además, se pudo verificar que los pH y las clases texturales, determinados en esos suelos no son limitantes en las concentraciones de (Ca) soluble.

9.4.4.2. Magnesio (Mg)

El magnesio (Mg) forma parte esencial de la molécula de clorofila y es necesario para la actividad, incluyendo aquellos pasos más importantes en la actuación del ATP. Además, activa el sistema de biosíntesis de la clorofila, síntesis de clorofila, síntesis de proteínas, síntesis de ATP y ATPasas algunas de las cuales están involucradas en la carga de sacarosa del floema (Castellanos *et al.*, 2005).

Los resultados del nutriente magnesio (Mg) correspondientes a los suelos de las parcelas en estudio, fueron interpretados de acuerdo a parámetros establecidos en tabla de interpretación LAQUISA, quienes establecen nivel bajo (B) a los

resultados menores o iguales a (≤ 2) meq/100g, nivel medio MD entre (2.1-10) meq/100g; nivel alto, (AL) alto para los resultados mayores que o iguales a (≥ 11) meq/100g y como niveles muy altos (M, AL), los resultados mayores que >18 meq/100g.

De acuerdo en la tabla de interpretación, los resultados hacen indicar que no hay deficiencia de este nutriente, debido que ninguno de los resultados encontrados tiene valores menores o iguales a dos (≤ 2) meq/100g. Se aprecian precisamente niveles medios, para los productores (NM1) (TM1) (HA) estando por encima del rango mínimo en esta categoría; es decir que el valor más bajo encontrado es de 5.239 meq/100g para el productor (NM1). Mientras tanto predominan los niveles altos de concentración de (Mg) en los suelos de (TM2), (NM2), (JM1), (GU), (RA) y (JM2) y una sola parcela con nivel muy alto donde se registran 30.092 meq/100g. La que corresponde a la productora (FO).

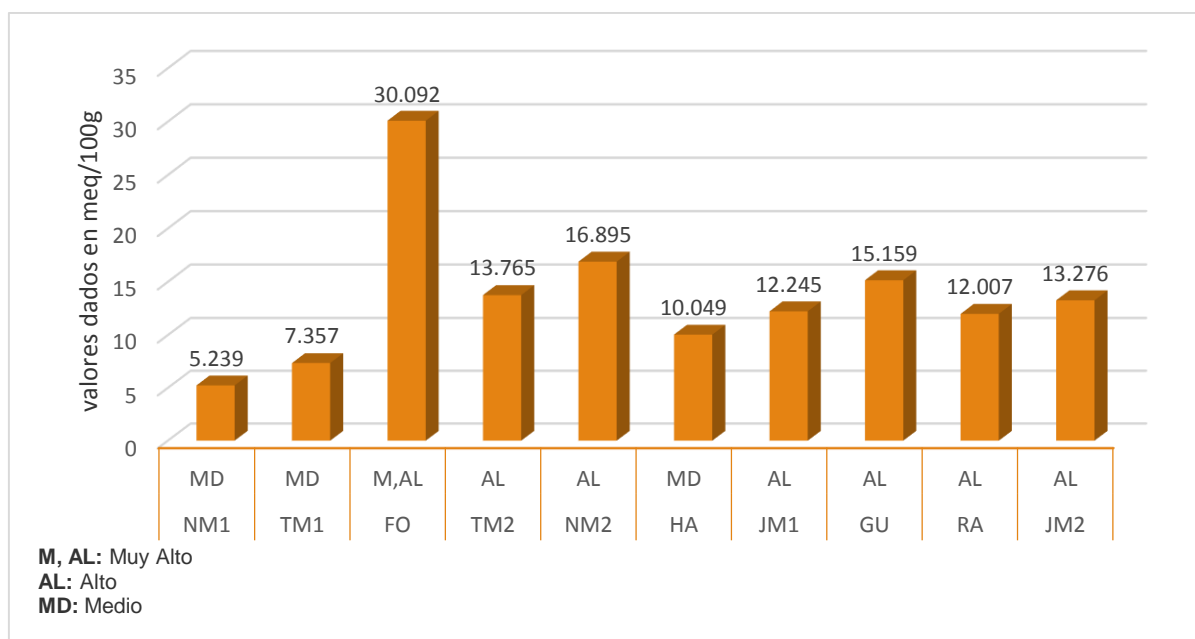


Gráfico 12. Niveles de Magnesio (Mg)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

De acuerdo a los resultados no se tendrían problemas de deficiencia de Magnesio, dado que los suelos presentan concentraciones suficientes, como se observa en el

gráfico 12 donde los resultados de los contenidos de magnesio se encuentran en gran variabilidad para las diferentes clases de textura en las parcelas de estudio.

9.4.4.3. Azufre (S)

El azufre es un elemento esencial y está presente en la planta en cantidades cercanas a las del P. Siendo otro elemento esencial, su suministro (como ion sulfato SO_4^{2-}) (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

La suficiencia de Azufre (S) en la planta mantiene la productividad de ésta, conlleva en el uso eficiente de otros nutrimentos esenciales como los N, P y K. Una deficiencia de este nutriente está relacionado a baja productividad y mayor susceptibilidad (Corrales, Vargas, Vallejos & Martínez, 2014). Por tal motivo es un constituyente esencial de los compuestos orgánicos alguno de los cuales solo pueden ser sintetizados por las plantas, como la cistina, cisteína y metionina, requeridos para sintetizar las proteínas que contienen Azufre (S) y que son indispensables para el reino animal (Castellanos *et al.*, 2005).

Los resultados estimados de Azufre, se muestran en el gráfico siguiente:

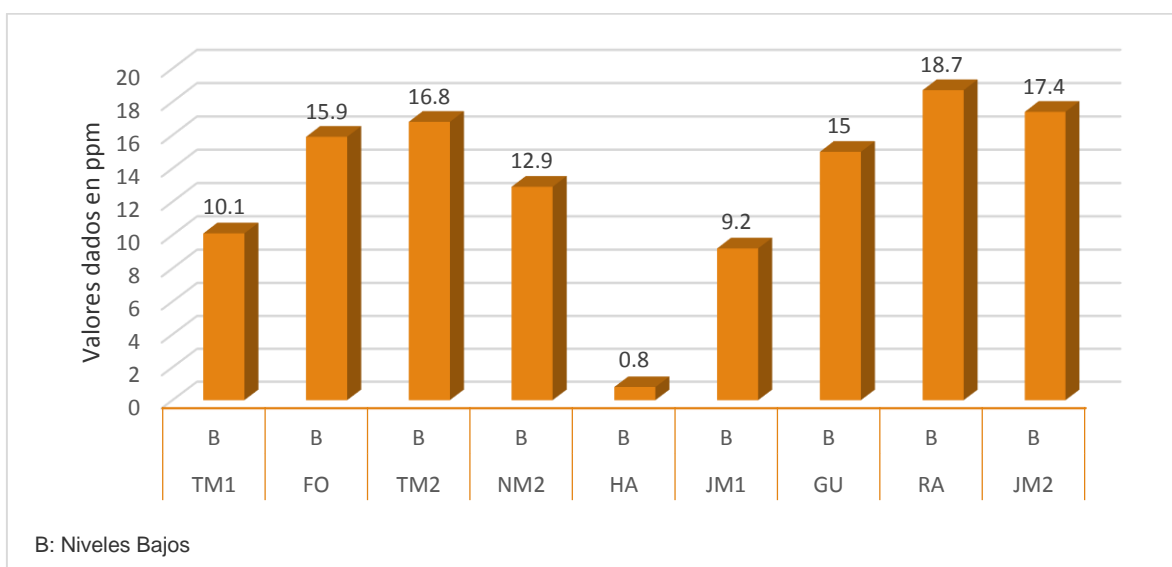


Gráfico 13. Niveles de Azufre (S)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

En lo que compete al gráfico 13 los resultados muestran niveles bajos (B) de Azufre en todas las parcelas interpretados de acuerdo a parámetros establecidos por LAQUISA. Dentro de esta categoría, se encuentra en menor concentración en la parcela HA con valor 0.8 ppm, en cambio la mayor concentración siempre en esta categoría se estimó en la parcela RA con 18.7 ppm.

Frente a estos hallazgos en este nutriente se podrían ver afectados los rendimientos de los cultivos por deficiencia de azufre, dado que la mayoría de las concentraciones en los suelos de las parcelas no están cerca de los rangos óptimos de suficiencia. Según (Tisdale *et al.*, 1993); citado por Castellanos *et al.*, 2005) afirma que, cuando la concentración de Azufre es mayor de 5 ppm normalmente la planta puede abastecerse bien de este elemento.

De acuerdo a la afirmación de estos autores, los cultivos que se establezcan en la parcela HA no podrán abastecerse de este nutriente. No obstante, Corrales *et al.*, (2014) sostiene que se debe considerar el diagnóstico de Azufre en el suelo y cultivo a establecer, dando un ejemplo en las leguminosas que demandan mucho azufre, por la concentración en el grano.

Estos resultados coinciden con los realizados por el (CIMMYT), apoyado por el instituto de azufre (S), quienes realizaron evaluaciones en suelos cultivados con maíz en diversos países de Centro América, encontrando deficiencias en más de 57 muestras de suelos.

9.4.5. Micros nutrientes

9.4.5.1. Hierro (Fe) ppm

El hierro (Fe) es un metal que cataliza la formación de la clorofila y actúa como un transportador del oxígeno, además de ayudar a formar ciertos sistemas enzimáticos que actúan en los procesos de respiración (Nelson, 2000).

Los resultados del nutriente Hierro (Fe) correspondientes a los suelos en estudio, fueron interpretados de acuerdo a parámetros establecidos en tabla de interpretación LAQUISA, mostrándose a continuación los resultados en el siguiente gráfico:

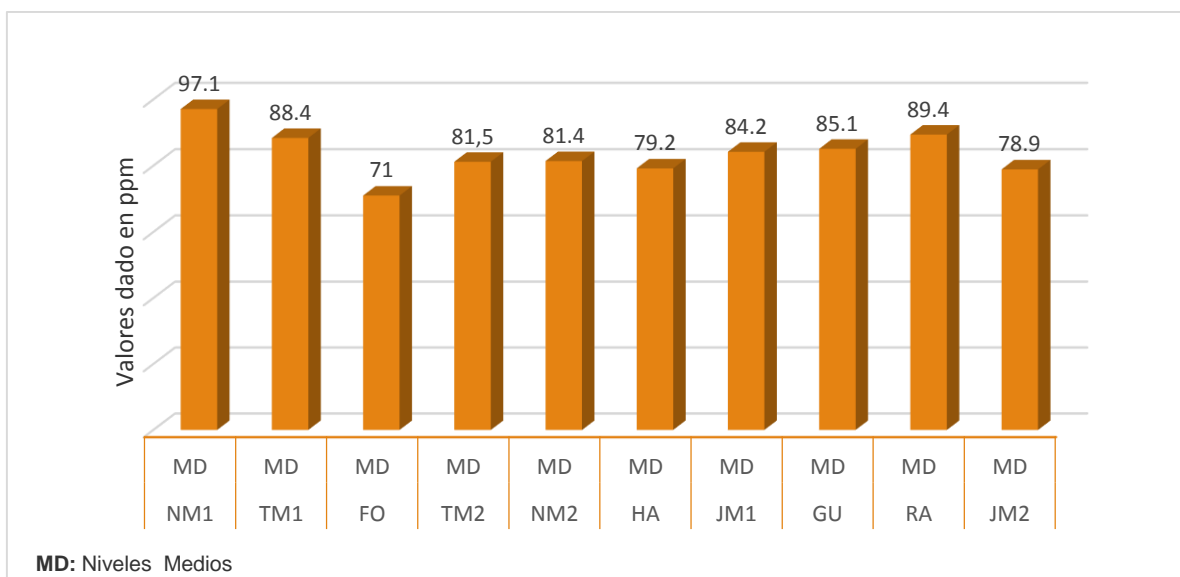


Gráfico 14. Niveles de Hierro (Fe)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

Se encontraron estimaciones de Hierro (Fe) en niveles medios (MD), en todas las parcelas, dentro de esta misma categoría el más alto se categoriza la parcela NM1 siendo de 97.1 ppm, en cambio el valor mínimo se encontró la parcela FO con una estimación de 71 ppm. Según LAQUISA los valores de nivel medio (MD) se interpretan entre 11-100 ppm y altos los valores mayores a 100 ppm.

Conforme a los resultados del nutriente Hierro (Fe) no se tendrían problemas por deficiencia, considerándose como niveles óptimos para obtener respuesta por parte de los cultivos, siendo utilizado en la síntesis de clorofila y en la captación y transferencias de energía en la fotosíntesis y la respiración.

9.4.5.2. Cobre (Cu)

Kafkafi y Tarchitzki (2012), menciona que el Cobre (Cu) es un componente esencial en los cloroplastos de las células fotosintéticas, es un típico micronutriente demandado por las plantas en cantidades relativamente pequeñas, pero absolutamente esencial para el proceso de la fotosíntesis. Por otra parte Kirby y Volker (2008) afirmó que “la falta de Cobre (Cu) afecta al crecimiento reproductivo (formación de semillas, granos y frutos) mucho más que el crecimiento vegetativo”.

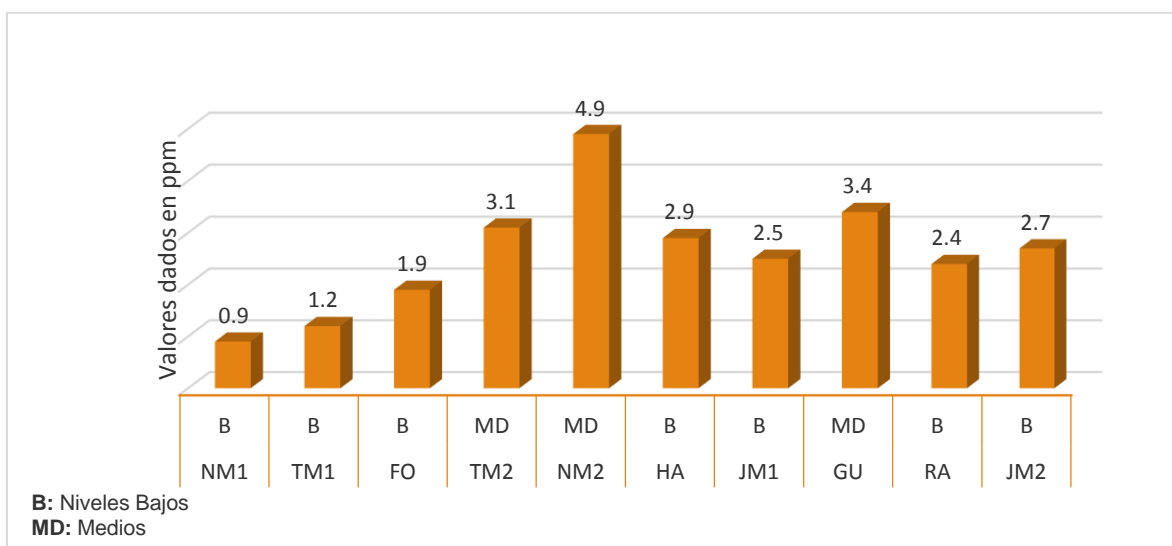


Gráfico 15. Niveles de Cobre (Cu)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

Como se observa en el gráfico 15, predominan los niveles bajos (B) de Cobre, a excepción de 3 de los diez productores los que están dentro de la categoría medio (MD) como son TM2, NM2 y GU. Según los resultados para estos suelos son satisfactorios y que en efecto se espera que los rendimientos de los cultivos no se verán afectados en cuanto a la disponibilidad de cobre (Cu).

En cambio, las muestras de suelos de las parcelas NM1, TM1, FO, HA, JM1, RA y JM2, se encontraron en niveles bajos (B) estimados en nivel más crítico de insuficiencia la parcelas NM1 con 0.9 ppm, dentro de esa misma categoría el valor

máximo se encontró en la muestra de suelos de las parcelas HA con valor de 2.9 ppm.

De acuerdo a los resultados descritos anteriormente, la concentración de cobres disponible para las plantas no se encuentra en niveles de suficiencia, aceptando lo que describe Kirby y Volker (2007) lo cual afecta la formación de semillas, granos y frutos mucho más que el crecimiento vegetativo.

Sin embargo, la disponibilidad de Cobre (Cu) en el suelo al igual que para la mayoría de los nutrientes, se toman en cuenta la demanda del cultivo a establecer, así como el tipo de textura, en el grafico 5; se observa que los niveles con valores más bajos corresponden en su mayoría a los suelos de textura franco, puesto que encuentran más expuestos a lavado que los suelos con mayores contenidos de arcillas entre ellos los suelos franco arcillosos, los que en promedio se encontraron con mayores concentraciones de cobre (Cu).

9.4.5.3. Manganeso (Mn)

EL manganeso (Mn) Influye en el aprovechamiento del Nitrógeno (N) por la planta, actúa en la reducción de los nitratos (NO_3^-) siendo importante en la asimilación del anhídrido carbónico (fotosíntesis) y en la formación de caróteno, riovflavina y ácido ascórbico. Constituyente de la clorofila y activador enzimático (Kolmans & Vásquez, 1999), siendo además el constituyente central de la molécula de clorofila, pigmento verde que funciona como un aceptor de la energía provista del sol siendo importante en las reacciones enzimáticas relacionadas con la transferencia de energía de la planta (FAO, 2002).

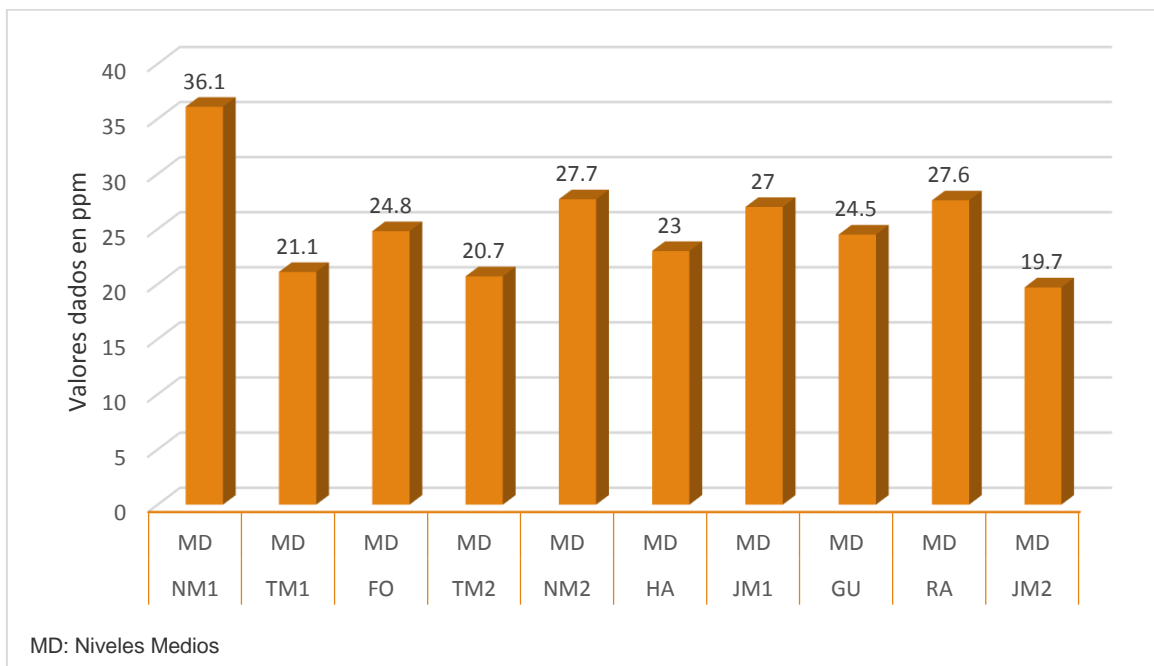


Gráfico 16. Niveles de Manganeso (Mn)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

Con relación al gráfico 16 y la tabla de interpretación de LAQUISA los resultados indican niveles medios (MD) de Manganeso (Mn) en todas las parcelas, dentro de esta categoría la concentración más baja se encontró en la parcela JM2 con valor de 19.2 ppm y el contenido más alto se encontró en la parcela NM1 con valor de 36.2 ppm. Los niveles medios de manganeso indican que no existe deficiencia de este nutriente en los suelos de las 10 parcelas analizadas.

9.4.5.4. Boro (B)

Gutiérrez y Acuña (2013) mencionan que el Boro (B) participa en funciones metabólicas y estructurales en las cuales no puede ser sustituido al igual que los demás nutrientes esenciales, las plantas severamente privadas de Boro exhiben anomalías en su crecimiento, desarrollo y reproducción, en las que una deficiencia sólo puede ser corregida con la aplicación de este elemento. Según Jackson y Linskens, (1978), citado por (Kafkafi & Tarchitzki, 2012) afirman “este

elemento absolutamente crítico para la germinación de polen, la elongación del tubo polínico y la mitosis generativa de la célula”.

Cuadro 23. Niveles de Boro (B)

Parcelas	NM1	TM1	FO	TM2	NM2	JM1	HA	GU	JM2	RA
Boro ppm	36.3	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7	0.4
Nivel	M,AL	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	AL	MD

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

* **M, AL:** Muy Alta, **AL:** Alta, **MD:** Condición media.

Los resultados obtenidos de los análisis de suelos muestran concentraciones de Boro en niveles medios (MD) en las parcelas TM1, FO, NM2 y JM1 con 0.6 ppm, mientras que en las parcelas TM2, HA y GU las concentraciones bajan a 0.5 ppm. Registrándose resultado más bajo dentro de los niveles medios (MD), para la parcela RA con concentración de 0.4 ppm. Por otra parte, las concentraciones altas solo se evidencian en el suelo de JM2.

Los resultados de los análisis de suelo para estas parcelas son favorables; puesto que las concentraciones se encuentran en niveles óptimos para que los cultivos realicen sus funciones fisiológicas tales como síntesis (uracilo) y transporte de azúcares, elongación de la raíz, metabolismo de ácidos nucleicos (ARN y ADN), actividad del ATPasa que cataliza el paso del ATP a ADP (liberación de energía) síntesis de pectina (formación de la pared celular), metabolismo de fenoles, formación de órganos reproductores teniendo impacto positivo en el cuajado de frutos y formación de semillas, entre otros (Alarcón, 2001).

En cambio, el suelo de la parcela NM1 se encuentra fuera de lo normal con una estimación de 36.3 ppm, siendo un suelo altamente rico en Boro. Sin embargo,

rebasa los límites de toxicidad (5 ppm de boro asimilable), pudiéndose acumular excesos de boro en la planta; la razón se debe a que la acumulación de boro en la planta depende del contenido de Boro asimilable en el suelo, por consiguiente, los cultivos como dicotiledóneas se verían afectados, puesto que es un nutriente poco móvil en las plantas, además de afectar la absorción del potasio, Magnesio y Calcio (Alarcón, 2001).

Se debe tomar en consideración lo que señala Castellanos *et al.*, (2005) que la disponibilidad se puede ver afectada por la humedad del suelo, puesto que este elemento al igual que el calcio (Ca) se mueve por flujo de masa y difusión.

9.4.5.5. Zinc (Zn)

El zinc es un elemento esencial en la síntesis de proteínas, participa activamente en la formación de almidones y promueve la maduración y producción de semillas (Castellanos *et al.*, 2005) es un precursor de las auxinas y es esencial en la formación de la hormona del ácido indolacético (Marschner, 1996); citado por (Castellanos *et al.*, 2005).

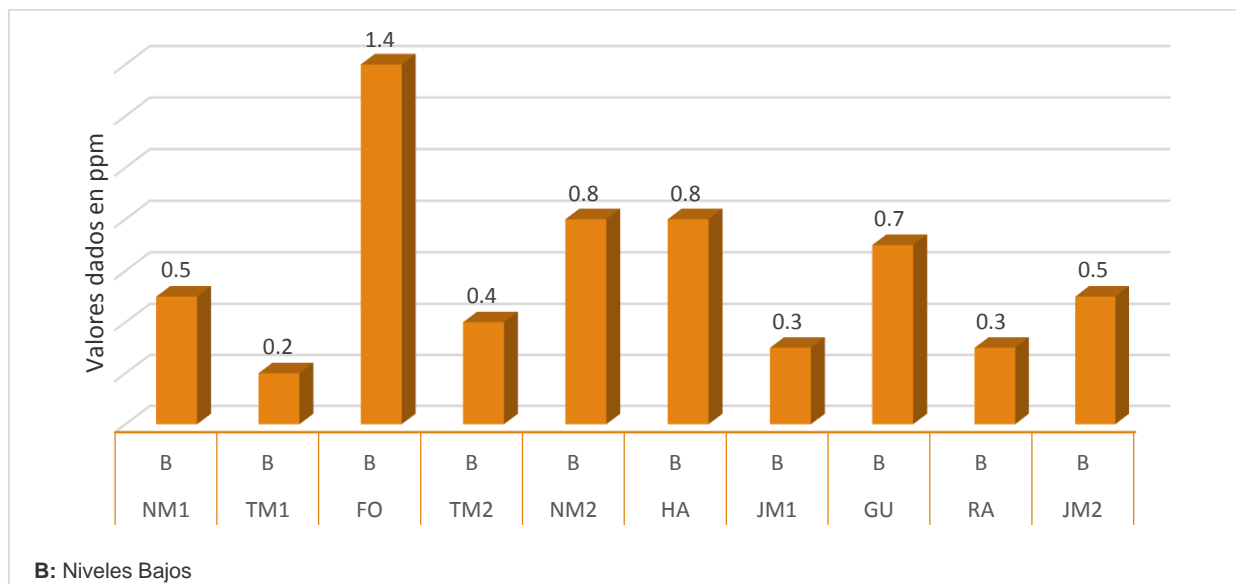


Gráfico 17. Niveles de Zinc (Zn)

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

Se encontraron resultados de niveles críticos de Zinc (Zn) en los suelos de todas las parcelas. Según tabla de interpretaciones LAQUISA se consideran valores bajos (B) a los que son inferiores a 3 ppm, dentro de este rango la parcela que se encontró con mayor deficiencia es la TM1 estimándose con valor de 3.2 ppm en cambio el nivel más alto se encontró en la parcela TM2 con valor de 1.4 ppm de acuerdo a los análisis, existe deficiencia en todos los suelos de este nutriente.

Según Kirby & Volker (2008) mencionan que una deficiencia de zinc (Zn) produce alteración en el metabolismo de las auxinas particularmente, del ácido indolacético (AIA) como resultado hay un crecimiento retardado, hojas pequeñas, es decir inhibición en la elongación de los entrenudos y reducción del tamaño de las hojas, además de afectar la integridad de la pared celular siendo susceptible al ataque de patógenos.

De acuerdo con lo planteado por Kirby & Volker (2008) los cultivos que se establezcan en suelos pobres en zinc (Zn) no tendrían un metabolismo eficiente, pudiéndose ver afectado los rendimientos de los cultivos.

9.4.6. Relaciones de bases intercambiables

Cuadro 24. Relación de bases intercambiables

Parcela	(Ca + Mg)/ K	Nivel	Ca/Mg	Nivel	Ca/K	Nivel	Mg/K	Nivel
NM1	24,95	MD	3,9	MD	19,85	MD	5,09	MD
TM1	22,62	MD	2,84	MD	16,72	MD	5,9	MD
FO	56,67	AL	1,17	B	30,5	AL	26,17	AL
TM2	57,71	AL	2,79	MD	42,5	AL	15,21	AL
NM2	89,29	AL	1,96	B	59,12	AL	30,17	AL
HA	23,79	MD	3,22	MD	18,15	MD	5,64	MD
JM1	48,17	AL	2,65	MD	34,98	AL	13,2	MD
GU	69,33	AL	2	B	46,25	AL	23,07	AL
RA	43,8	AL	2,44	MD	31,08	AL	12,72	MD
JM2	64,04	AL	2,81	MD	47,23	AL	16,81	AL

Fuente: Resultados obtenidos de análisis químico brindados por LAQUISA.

*AL: Condición Alta, MD: Condición media, B: Buena condición.

Las relaciones de las bases intercambiables (Ca + Mg)/K interpretadas de acuerdo a tabla de laboratorio LAQUISA establece en niveles medios (MD) las parcelas TM1, NM1 y HA, indicando estos resultados que la presencia de calcio (Ca) más (Mg) no inducen a una reducción en la disponibilidad del potasio.

Mas sin embargo para los suelos de las parcelas FO, TM2, JM1, GU, RA, JM2 y NM2 se encontraron con relaciones altas (AL), que según LAQUISA categoriza los valores (10 y 40) y las que son superiores a 40. Dentro de esta categoría se encontró con menor relación la parcela RA con valor de 43.80 y con mayor valor la parcela NM2 con una relación de 89.42. Según Fassbender (1987), citado por (Mendoza, Tórrres, Reyes, Castillo, 2013), menciona que “un aumento en relaciones superiores a 40 significa el bloque o limitaciones en la disponibilidad del potasio” de acuerdo con estas afirmaciones se tienen problemas por antagonismo de calcio (Ca) y Magnesio (Mg) los que inhiben la absorción del Potasio (K) presentado una deficiencia de Potasio, aunque este nutriente, se halla encontrado en valores muy altos” (p:19-20).

En la tabla también se evidencian las relaciones de Ca/Mg las que fueron bajos (B) para los resultados con valores menores que 2; en las que se registran las parcelas FO, NM2 y GU con un promedio de 1.71. Estos valores indican que por cada parte de (Ca) se encuentra 1.71 partes de Mg, indicando que se encuentra buena disponibilidad del Ca, pero induce a deficiencia al Mg. En cambio, las parcelas NM1, TM1, TM2, JM1, JM2, HA y RA muestran valores dentro de los Niveles medios (MD). Según MARM (2009), menciona que las relaciones óptimas se encuentran alrededor de 5; siendo la parcela NM1 con relación de 3.90 la más cercana del nivel óptimo en comparación con las demás parcelas.

En cambio, las relaciones de Ca/K establecen niveles medios (MD) los resultados con valores entre 5.1-25 comprendidos los suelos de NM1, TM1 y HA los que en promedio se encontraron con relación de 18.24; este valor indica que no se

tendrían problemas de absorción de potasio con relación al calcio (Ca) estando ambos cationes disponibles en la solución del suelo para las raíces de las plantas.

Al contrario, los resultados con valores altos se comprenden mayores a 25, donde se ubican las parcelas de FO, TM2, JM1, JM2, GU, HA y RA encontrándose con un promedio de 41.69, estas relaciones indican que el calcio (Ca) supera muy por encima al Potasio (K) provocando como resultado la inmovilización del Potasio (K) el que no podrá ser absorbido de manera óptima por las raíces. Según MARM (2009), considera que la relación óptima debe estar alrededor de 20 para que se logre dar una correcta relación sin que se produzca antagonismo en los cuerpos de intercambio.

9.5. Efecto de las prácticas agroconservacionista en los rendimientos productivos

Para la evaluación de estas variables se partió realizando un análisis retrospectivo en los últimos cinco años, partiendo del año 2011 en cada unidad de producción, con las prácticas tradicionales de manejo, se establecieron dos parcelas, una ASA, que consistió en implementar practicas agronómicas como culturales que van desde se semilla certificada el tipo de labranza (labranza cero), no quema, cultivo de maíz en asocio con leguminosas, la otra parcela fue trabajada con el tradicionalismo del productor. A excepción de la quema, barrido del rastrojo, labranza mínima y semilla certificada.

A continuación, se presentan los resultados y los respectivos análisis de los antecedentes de producción según la encuesta aplicada a los productores. Comparándose con la producción actual donde se implementaron buenas prácticas agronómicas y culturales para la conservación de suelo.

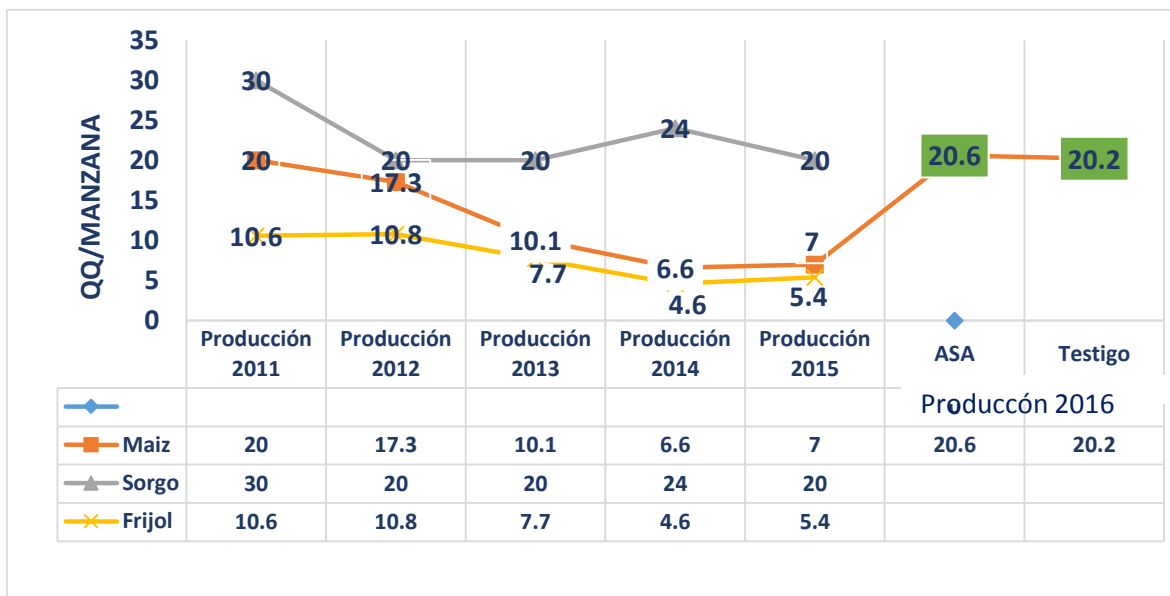


Gráfico 18. Efecto de las prácticas conservacionistas sobre los rendimientos productivos

Fuente: Resultado de la investigación.

Notoriamente se observa en el gráfico 18 el comportamiento de los rendimientos productivos de granos básicos: maíz, frijol, sorgo, que en los últimos 5 años, reflejan un comportamiento decreciente, por ejemplo, la producción de maíz para el 2011 fue de 20 Qq/mz, coincidiendo con el estudio de la FAO (2011), que reporto que Nicaragua, tenía rendimientos inferiores a 20 Qq/Mz. Mientras en frijol los rendimientos se sitúan en torno a los 11 Qq/Mz que también coinciden con los hallazgos encontrados para este año. Sin embargo, para el año 2015 los rendimientos decrecieron hasta los 7 qq/mz en maíz.

No obstante, se observa la producción más baja en 2014 para maíz y frijoles, mientras que el sorgo incrementó con respecto al año anterior, (UPANIC, 2016) indicó que la producción de granos tuvo un descenso de 14% en el ciclo 2015-2016 con respecto al ciclo 2014-2015, cuando anduvo por los 18.4 millones de quintales. Cabe señalar que en este ciclo (2014-15) fue donde se registró incremento en la producción de los granos básicos en el país; al respecto Briones, Saavedra y Centeno (2012) deducen que los incrementos en la producción que se

han registrado, se deben mayormente al incremento en las áreas de producción y en menor medida la productividad.

Para el ciclo productivo 2015-2016 UPANIC (2016) señaló que la producción de granos básicos tuvo un descenso de un 14% provocado por el bajo régimen de lluvias, que afectó principalmente al Corredor Seco del país. Sin embargo, en el grafico se observa que en el ciclo productivo 2016 hay un incremento notorio en el caso de maíz en las unidades de producción ubicadas en el Corredor Seco. Donde en este sistema (ASA) determinado como labranza mínima con abono verde, asocio de maíz con leguminosas, cobertura, incorporación de rastrojo; se estimó una producción de 2,150.73 kg/ha, por lo contrario, a la siembra directa sin abono verde el cual es de 2,113.83 kg/ha. El dato no coincide con Florentín, Ovelar y Santacruz (2013) ya que los rendimientos con el sistema agroconservacionista es de 3,702 kg/ha y en siembra directa sin abono verde es de 2,349 kg/ha.

Según esta inconsistencia es debido al tiempo. Donde se logró incrementar los rendimientos productivos en el primer ciclo productivo con respecto a años anteriores en las unidades de producción, lo que es un buen indicio. Pero si coincidimos con Florentín *et al.*, (2013) que los resultados obtenidos indican, que tanto la siembra directa como la labranza mínima son sistemas que funcionan positivamente, cuando implican el uso de abonos verdes, incorporación de rastrojos, asocio de cultivos, tales como Maíz y leguminosas, no quema, distancia de siembra adecuada; por arrojar rendimientos superiores en la producción.

Este hecho es atribuido a los resultados encontrados por Cabrera, Hernández y Llanes (2015), que la Agricultura de Conservación mejoró el pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, CCB, CIC, P₂O₅, K₂O, la materia orgánica aumenta en 0,26%, la porosidad total en 6,94% y la densidad aparente disminuye en 0,17g. cm. A demás reduce la erosión en un 80,49% respecto a la labranza tradicional. Lo cual Incrementó el rendimiento del maíz en 9,68%, el sorghum en 36,76%.

9.5.1. Egresos y utilidad monetarios de la agricultura de subsistencia en comparación con la diversificación de cultivos.

Cuadro 25. Egresos y utilidades monetarias de la agricultura de subsistencia en comparación con la diversificación de cultivos

Productor	Egreso monetarios en Maíz C\$	Utilidad C\$	Egresos monetarios en tomate C\$	Utilidad C\$	Utilidad Total C\$
NM1	C\$ 5,735	C\$ 1,265	C\$ -	C\$ -	C\$ 1,265
TM1	C\$ 5,360	C\$ 3,040	C\$ -	C\$ -	C\$ 3,040
FO	C\$ 5,190	C\$ 3,560	C\$ -	C\$ -	C\$ 3,560
TM2	C\$ 5,500	C\$ 1,500	C\$ -	C\$ -	C\$ 1,500
NM2	C\$ 5,500	C\$ 800	C\$ -	C\$ -	C\$ 800
HA	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
JM1	C\$ 5,200	C\$ 2,850	C\$ -	C\$ -	C\$ 2,850
GU	C\$ 4,670	C\$ 1,630	C\$ -	C\$ -	C\$ 1,630
RA	C\$ 4,788	C\$ 3,612	C\$ 49,350	C\$ 125,940	C\$ 129,102
JM2	C\$ 5,825	C\$ 3,275	C\$ 55,800	C\$ 171,000	C\$ 174,075

Fuente: Resultado de la investigación.

La FAO (2013) indicó que los sistemas agrícolas constituyen la fuente de todos los alimentos del mundo y la principal fuente de ingresos de la mayor parte de la población pobre que padece inseguridad alimentaria. Por consiguiente, la sostenibilidad de estos sistemas es de suma importancia para la producción de alimentos a si también la conservación de la biodiversidad dentro de los ecosistemas.

Partiendo de los cultivos que se encontraron en la actualidad en el ciclo productivo 2016-2017 en cada unidad de producción se evaluó la rentabilidad de los mismo, exceptuando el productor HA quien no estableció ningún cultivo en este ciclo productivo.

Se evaluaron costos de inversión, costos operativos como de comercialización encontrándose que las utilidades son pocas para el cultivo del maíz, sobre todo

cuando los rendimientos por manzana son menores a 17 quintales, en general la mano de obra utilizada es familiar, según los productores es ahorrada, es decir no pagan una mano de obra externa, pero si es un costo que se incluyó, donde los costos operativos son los más altos, de los que se pueden mencionar son: Fertilizantes para los que realizan fertilización, herbicidas y plaguicidas a ello también se le suman labores agrícolas como foleos, la preparación del suelo y los de la cosecha misma.

Por otra parte, existe otro costo que reduce el ingreso el cual consiste en el transporte de la cosecha, debido a que para poder comercializar sus productos es transportado en pangas hasta los comercios locales, en el caso de granos básicos.

Pero como también se observa en el cuadro que hay productores que para este ciclo implementaron más de un solo cultivo, con el cual garantizan mayor ingreso, lo que demanda mayores costos de inversión, como de mano de obra, pero junto con ello garantizan mayor utilidad, para Jiménez (2002) esto estaría contribuyendo a un desarrollo sostenible garantizando las necesidades del presente.

No obstante Jiménez (2002) menciona que sostenibilidad, se pretende evitar efectos adversos irreversibles de las actividades humanas sobre los ecosistemas, los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos, mantener los procesos naturales capaces de garantizar o restaurar la integridad de los ecosistemas y sus diferentes niveles de resiliencia y capacidad de carga.

En dependencia de cualquier sistema de producción deberá de realizarse bajo de un sistema que encierre prácticas de agricultura conservacionista para no comprometer las necesidades de las generaciones futuras, por los que está demostrado que usos inapropiados al suelo, llevan a degradación provocado en su mayor parte por factor antrópico en los sistemas agrícolas, excediendo su capacidad de carga, sobre pasando los límites de recuperación; trayendo como

consecuencia un desequilibrio que pone en riesgo la satisfacción de las generaciones futuras.

9.6. Plan de manejo sostenible

De acuerdo a los resultados encontrados se proponen prácticas agrícolas en manejo de suelo, desde un punto de vista agroconservacionista, para un uso sostenible de los sistemas productivos.

9.6.1. Preparación de suelo

Para la preparación de suelo se debe utilizar la labranza mínima, alterando al mínimo las condiciones del suelo, solo con lo suficiente para que el cultivo desarrolle, con el objetivo de reducir los requisitos de energía y trabajo de los cultivos, para ello se deberá incorporar los residuos de cultivos anteriores; es decir no quema, no pastoreo de ganado sobre los residuos de cosechas, además uso de espeque, evitando el paso de maquinaria que provoca la compactación, ya que según Peña (2005), esto permitirá conservar la humedad de lo suelo y reducir erosión.

9.6.2. Siembra

Partiendo del tipo de semilla, en el caso del frijol se deberá usar la variedad INTA Rojo, que según el INTA (2009) posee tolerancia a sequía para ser utilizado en zonas donde las lluvias son escasas, también poca utilización de insumos reduciendo contaminación por el uso de pesticidas, posee un sistema radicular más eficiente en la extracción de nutrientes y agua del suelo. Se deberá de sembrar con densidades de siembra de 16-20 pulgadas entre surco, de 8-10 pulgadas entre golpe; depositando tres granos por golpe.

En maíz acorde con el INTA (2010) se recomienda la variedad NB-6 debido a que es apta para las siembras de primera y postrera, así mismo por su buen potencial de rendimiento, resistencia al achaparramiento. Produciendo de 40 a 50 qq/mz. Se debe establecer una densidad de siembra de 0.90m entre surco, 0.40 entre planta con profundidad de 3.5 cm.

Con relación a las fases lunares en consideración a las dos reglas básicas de la agricultura según lo afirma Restrepo (2005); todo lo que va a crecer debajo del suelo como tubérculos, ajos, cebollas, entre otros. Debe de ser plantado en la fase de luna menguante y todo lo que fructifique sobre la superficie del suelo, deberá ser sembrado en la fase creciente.

9.6.3. Conservación de suelo

Se deberán elaborar barreras muertas, con las piedras existentes en las parcelas, colocándose conforme a las curvas a nivel, lo que disminuirá la velocidad del agua de escorrentía evitando la erosión de los suelos. La altura mínima debe ser de 30 cm.; mientras más plano sea el terreno menor será la altura de la barrera. La distancia entre barreras debe ser cada 15 m. No obstante, la parcela Flora Orosco, la que posee pendiente moderada, por lo que deberá establecer cada 8 metros como mínimo.

Las barreras vivas se recomienda utilizar gandul (*Cajanus Cajan*) de 2-3 semillas por golpe a una distancia entre golpes de 5-10 pulgadas según lo recomienda PASOLAC (1999). La distancia entre curvas deberá ser cada 15 metros, exceptuando la parcela Flora Orosco la que deberá implementar cada 10 metros. Rigiéndose por la condición de la pendiente.

Las barreras vivas reducen la velocidad del agua porque divide la ladera en pendientes más cortas, y la velocidad del viento (rompe viento). Sirven también como filtro, captando sedimentos que van en el agua de escurrimiento. Para lograr

este resultado se colocan rastrojos o el material de poda de los árboles al lado superior de la barrera (PASOLAC, 1999).

9.6.3.1. Abonos verdes

Es la utilización de plantas (abono verde) en rotación sucesión y asociación con los cultivos comerciales dejándose en la superficie del suelo, ofreciendo protección ya sea como mantenimiento y/o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Costa *et al.*, 1992); citado por (FAO, 2000).

En esta práctica puede utilizarse leguminosas como el caupí (*vigna unguiculata*) es un frijol abono que de acuerdo con Espinoza (2014) puede sembrarse a 40 cm entre surco y 20 semillas por metro lineal, puede adaptarse a la sequía y condiciones de suelos pobres. Otro frijol que se puede establecer como abono verde es el frijol gandul (*Cajanus cajan*) puede ser sembrado en línea a 18 cm entre surco y 18 semillas por metro lineal, tiene raíces que son fijadoras de nitrógeno (N₂), produce forraje con alto grado de proteína, así como granos para la alimentación humana y animal.

Otro benéfico al que contribuiría este frijol según la FAO (2002), es que puede utilizarse como subsolador biológico; la razón es que tiene raíces profundas, dando como resultado ruptura en el piso de arado o capa endurecidas, mejorando las condiciones físicas del suelo, favoreciendo además el reciclaje de los nutrientes de los horizontes más profundos siendo una opción económica y sostenible.

9.6.3.2. Cultivo en asocio

Consiste en sembrar dos a más cultivos de diferentes especies en la misma área de parcela, las que se pueden coincidir con la misma fecha de siembra o establecerse como cultivo se relevos. Se busca un uso intensivo de los suelos

logrando un mejor aprovechamiento de los nutrientes el control eficiente de la erosión hídrica y eólica, formación de un micro clima que altera las condiciones favorables de plagas y enfermedades (Espinoza, 2014).

En esta práctica conservacionista se recomienda sembrar maíz (*Zea mays*) intercalado o en asocio con Canavalia (*Canavalia ensiformes*) o bien cuapi (*Vigna unguiculata*) siguiendo las recomendaciones de FHIA (2004). Estableciendo primero el cultivo de maíz en las primeras lluvias de invierno, posteriormente entre 40 y 45 días después se establece el frijol abono, esto para que no haya competencia entre luz, agua y nutrientes de manera que el cultivo de maíz haya alcanzado su madures fisiológica.

9.6.3.3. Rotación cultivos más abonos verdes

Realizar rotaciones de cultivos como maíz (*Zea mays*) con leguminosas como el frijol (*Phaseolus vulgaris*) y sorgo, las que pueden establecerse en asociadas con los cultivos abonos verdes. El objetivo según Altieri y Nicholls (2000) es reducir los problemas por malezas, plagas y enfermedades, además reducen los procesos erosivos del suelo aumentado a su vez los niveles de nitrógeno.

9.6.3.4. Manejo integrado de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas según JICA (2010) es “Mantener el nivel del daño de enfermedades y plagas por debajo del límite económico aceptable, combinando varias formas de control”. Las formas de control, son: Control químico, control mecánico, control biológico, control del cultivo. Aparte de estas maneras, el pronóstico es un elemento muy importante para el MIP porque sirve para saber con anterioridad la aparición de enfermedades y plagas y también se puede optimizar la actividad de los enemigos naturales.

Previo a realizar cualquier control en los cultivos establecido se debe de tomar en consideración lo que plantea JICA (2010); que se debe de tomar un elemento muy importante para el MIP. Lo que consiste en realizar un pronóstico para saber la situación de las enfermedades y plagas antes de su aparición, partiendo de información meteorológica, etapa de crecimiento de los cultivos en relación a la estación, monitoreo de la población de enfermedades y plagas.

Para recolectar la información cuantitativa sobre la población de insectos plagas, usualmente se utilizan trampas, pero también según lo señala este mismo autor el pronóstico cualitativo se puede hacer empíricamente a través de la observación del tiempo, situación del cultivo y población de insectos en el campo. El pronóstico contribuye a reducir la cantidad de productos químicos para controlar las plagas y enfermedades. Por ejemplo, en caso de no tener mucha lluvia antes de la etapa de cosecha de frijol, se pronostica que habrá infestación de ceniza. En ese caso se puede impedir la aparición de la enfermedad con riego o fumigación de agua para mantener la humedad alrededor del cultivo. Al contrario, si se encuentra mucha precipitación y baja temperatura en la zona alta, se prevé aparición de la enfermedad de tizón por *Phytophthora* en los cultivos de tomate o pimentón.

9.6.3.5. Utilización de lombrices o lombricultura

“La lombricultura es la biotecnología donde la lombriz de tierra hace el papel de herramienta de trabajo para la transformación de desechos de productos orgánicos” (Robles, 2004).

De acuerdo con Chavarría (2011) menciona que las lombrices en el interior del suelo contribuyen a mejorar las características físicas la construir construyendo galerías o túneles y mezclar las sustancias orgánicas de la capa arable y que, no obstante, para poder obtener los aportes antes mencionados se deben implementar, practicas agronómicas y culturales como la rotación de cultivos, cultivos en asocio, uso de abonos verdes, abonos orgánicos.

9.6.3.6. Compost

Es el resultado de la descomposición de diferentes materiales orgánicos, realizada por la actividad de micro y macro organismos el producto de esta descomposición es el humus, aportando nutrientes a la planta, teniendo efecto en las propiedades físicas, químicas y biológica de los suelos (Raudes & Sagastume, 2009).

9.6.3.7. Sistemas agroforestales

Es relevante establecer un sistema agroforestal; lo cual consiste, según Fernández, Martínez y Ramírez (2009) en un arreglo, que permite combinar arboles forestales y frutales con agricultura y ganadería, teniendo como finalidad optimizar la producción a través de una producción diversificada, este sistema permite aprovechar al máximo los escurrimientos superficiales con el fin de garantizar la sobrevivencia de las especies que lo integran, minimizando a la incidencia de plagas y enfermedades. Asimismo, ofrece la oportunidad de conservación de suelo y agua, regenerar hábitats importantes para la biodiversidad, además de contribuir a la captura de carbono.

9.6.4. Fertilidad química

9.6.4.1. Época oportuna de fertilización

Una buena nutrición del maíz es clave para alcanzar los buenos rendimientos. Para lograr dicho propósito se realizaron cálculos en las dosis de fertilización, basados en los resultados de los análisis químicos de suelo que permita conocer la cantidad de nutrientes que aporta el suelo a los cultivos para así determinar qué elementos se requiere aplicar.

A continuación, se presentan los cálculos de las dosis de macronutrientes estimados para un potencial de rendimiento de 2.85 t/ha en cultivo de maíz, que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 26. Dosis de fertilización en el cultivo de Maíz

Código de parcela	Dosis de N kg/ha	Dosis de P ₂ O ₅ (Fosfato) kg/ha	Dosis de K ₂ O kg/ha
NM1	97,22	-90,24	145,24
TM1	97,89	-65,37	122,15
FO	102,49	-26,2	136,85
TM2	100,71	-129,99	155,69
NM2	100,44	-144,67	184,4
HA	110,84	-105,71	135,99
JM1	101,46	-121,3	152,96
GU	89,45	-109,48	158,3
RA	99,73	-157,68	150,84
JM2	92,31	-176,4	146,03

Fuente: Resultados procesados de análisis químico.

Los cálculos de la mineralización del Nitrógeno (N) orgánico a partir de la materia orgánica (MO) nativa del suelo se realizaron de acuerdo a los propuestos por Castellanos *et al.*, (2005) considerando una tasa del 1% durante el ciclo del cultivo, asumiendo que la materia orgánica (MO) está constituida por el 55% de carbono orgánico (CO), que contiene una relación de masas de carbono nitrógeno (C/N) de 10/1. Es decir que por cada 10 gramos de carbono orgánico (CO) contiene un gramo de Nitrógeno (N).

Como se puede observar en el cuadro 25 es necesario aportar Nitrógeno (N) vía fertilización; la razón se debe a que tanto el nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo, más el nitrógeno inorgánico no se encuentran en niveles suficientes para alcanzar una meta de rendimiento de 2.85 t/ha con una extracción unitaria de 22.5 kg/t, utilizando una eficiencia de aprovechamiento del 50%.

En cambio, los cálculos estimados de fosfatos (P₂O₅), contenidos en los suelos de las parcelas, para una extracción unitaria de 9.5 kg (t/ha) se encuentran en niveles suficiencia de utilizando una eficiencia en el uso de aprovechamiento del

45%. Es decir que no es necesario el aporte del nutriente (P) vía fertilización, puesto su contenido en el suelo supera la demanda del cultivo de maíz. Sin embargo, si el suelo posee suficiente fosforo igualmente debe realizarse una fertilización con 50 a 60 kg/ha para mantener un nivel adecuado de este nutriente

X. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos encontrados se concluye lo siguiente:

Se logró valorar el efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo y rendimientos productivos en el humedal Moyúa, partiendo de la existencia y estado actual de las prácticas agronómicas y culturales en las unidades de producción. Evidenciando que no realizan agricultura de conservación, lo cual no contribuye en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas ni la conservación de suelo, lo que se ve reflejado en los rendimientos al cerrar los ciclos productivos. Por lo que se acepta la hipótesis general.

Se acepta de manera parcial la hipótesis 1, que aborda el buen estado de prácticas agronómicas y culturales implementadas en los sistemas de producción, ya que, solo algunas prácticas culturales son las que implementan correctamente.

Es aceptada de manera parcial la hipótesis 2, referida al buen estado de propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, debido a que no está provisto de todas las condiciones físicas y biológicas como la estructura, macro poros y la presencia de macro organismos (anélidos), no obstante, presentan buenas condiciones de pH, con suficiente contenido de nutrientes primarios; a acepción del Nitrógeno y micro elementos como Zinc y cobre.

Se acepta de manera total la hipótesis 3, debido a que las prácticas de agricultura agroconservacionista mejoraron los rendimientos del cultivo de maíz en las unidades de producción, conservando la calidad del suelo, mejorando junto con la producción los ingresos económicos aun cuando se reportó un descenso del 14% de la producción de granos básicos provocado por el bajo régimen de lluvias.

XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que en las unidades de producción ejecutar el plan de manejo sostenible establecida en esta investigación y de esta manera mejorar la producción de los rubros, prioritarios cultivos como maíz y frijol que son la base de la seguridad alimentaria, al mismo tiempo, reducir los procesos de degradación del suelo, mejorando el nivel de vida de los productores y contribuir a la restauración del medio ambiente.

Es necesario validar el efecto de las prácticas agro conservacionista a largo plazo con los productores, aumentando más los rendimientos con estas técnicas, siendo aún más convincente.

Implementar buenas prácticas agroconservacionistas (ASA), como cobertura permanente del suelo, labranza mínima, incorporación de residuos de cosechas; para seguir mejorando las propiedades físicas, biológicas y químicas por ende los rendimientos.

Mejorar prácticas agronómicas y culturales con los productores, Implementando obras físicas como barreras vivas/muertas, un manejo integrado de plagas y enfermedades, proporcionar densidad de siembra adecuada en granos básicos.

Que en las unidades de producción sigan recomendaciones por parte de los profesores y estudiantes, a fin de atenuar los daños ambientales que impactan y causan perjuicios en la microcuenca Moyúa Ciudad Darío, producto de malas prácticas agrícolas.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, O., García, P., Valera.** (2012). *Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos forestales en Acaxochitlan, Hidalgo, México.* *Rev. Universidad y ciencia* vol. (26). N° (2) Villahermosa México. ISSN 0186-2979.
- Arceda, E. & Salmerón, G.** (2013). *Evaluación de la potencialidad de los suelos en el sistema productivo, en la parte alta y media, Rio Calico. San Dionisio. Monografía para optar al título de ingeniero agrónomo. UNAN FAREM-Matagalpa. Nicaragua.*
- Apilar, L. & Barbosa.** (2002). *Producción de biomasa y nutrimentos asociados de dos leguminosas productoras de abonos verdes según tres densidades de siembra. Congreso nacional de agricultura conservacionista. Volumen (1).* F08-808-147.pdf.
- Alarcón, A.** (2001). El boro como nutriente esencial. *Revista, Horticultura.* Vol. (155), p.36-46. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/155/51155.pdf>.
- Altieri, M & Nicholls, C.** (2000). *Agroecología teoría y práctica para una agricultura sustentable.* PNUMA (Programa de la nación unida para el medio ambiente. México D.F., México ISBN: 968-7913-04-X
- Alvares, M., Estrada., James H. Cock.** (2010). *Guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno. Versión 2. Centro Internacional para la Agricultura. Cali Colombia. ISBN 978-958-44-0139-7. Disponible en*www.ciat.cgiar.org

Álvarez. W. (06 de abril del 2016). *Nicaragua ha requerido más de 60 años para duplicar rendimientos en cultivos.* LA PRENSA/ECONOMÍA. Recuperado de: <http://www.laprensa.com.ni/2016/04/06/economia/2013662-agricultura-sigue-arcaica>.

Angelini, H., Echeverria, H., Sainz, H. (2011). *Niveles de materia orgánica y pH en los suelos agrícolas en la región pampeana y extra pampeana.* Rev. Informaciones Agronómicas de hispano América. N° (2).

Ansorena. J, (1994). *Composición de las propiedades físicas del suelo.* Rev. El suelo en la agricultura y el medio ambiente. Vol. (4). nº (35).

Balmaceda, V., Fargas, M. (2014). *Caracterización agro socioeconómica de las unidades de producción de la Microcuenca de Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua, Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo.* UNAN FAREM-Matagalpa. Nicaragua.

Basso. L, Pascale, E. Obschatko, J. Patiño. P. (2013). *Agricultura Inteligente: la iniciativa de la Argentina para la sustentabilidad en la producción de alimentos y energía.* Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Buenos Aires, Argentina 124 pp.

Bautista, Del Castillo, Etchevers, J., C, Gutiérrez. (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores* Revista ecosistemas. Vol. (13). (Nº2). Id=149.

Bello. S., Blas. R, Meneses, Julca. A. (10 de abril del 2006). *La materia orgánica, importancia y experiencia en el uso de la agricultura.* Revista Idesia. Vol. (24). N° (1) versión online. ISSN 0718-3429.

Bonilla. N, (2009). *Manual de recomendaciones técnicas del cultivo del maíz. Instituto Nacional de Innovación y Trasferencia en Tecnología Agropecuaria. San José C.R.*

Briones. M., Saavedra. D. y Centeno. J. (2012). *Estado actual, oportunidades y propuestas de acción del sector agropecuario y forestal en Nicaragua/Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua 1ª ed. Managua: FUNICA.*

Briceño, M., Álvarez & Barahona, J. (2012). *Manual de Riego y Drenaje. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 115p.*

Brunel. N & Seguel. O, (2011). *Efecto de la erosión en las propiedades del suelo. Revista Agro sur volumen.39 numero 1. ISSN 0304-8802.*

Cabrera, E., Llana, J., Hernández, E. (2015). *Influencia de la agricultura de conservación sobre el suelo y el cultivo del tabaco en San Juan y Martínez, Cuba. Avances. Volumen (17). Número (4). EISuel-535092. ISSN 1562-3297.Pdf.*

Canales, F., Alvarado. E & Pineda, (2008). *Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud. Editorial limosa. México D.F.*

Casanova. M, Lucio. W, Salazar, O, Vera, W. (2004). *Guía de clases practica universidad de chile. Faculta de ciencias agronómicas.*

Castellanos, R. J., Cortés, J.J., Cueto, W.J., Enríquez, R. S., González, A.I., Macías, CC & Valenzuela, S.C. (2005). *La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México. SAGARPA (secretaria de agricultura y*

ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación). INIFAP (instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias). Guanajuato, México. ISBN 968-5580-90-1.

CENAGRO. (2013). *Uso potencial de la tierra Compendio de mapas MAGFOR- INETER. IV censo nacional agropecuario. Managua, Nicaragua. ISBN: 978-99924-992 – 1- 4.*

COAG-FAO (Comité de Agricultura-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). (2003). *Elaboración de un marco para las buenas prácticas agrícolas (en línea). Roma, IT. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/MEETING/006/Y8704S.HTM>.*

Corrales. C., Vargas. I., Vallejos. S & Martínez. M. (2014). *Eficiencia de Azufre en los suelos cultivables y su efecto en la productividad. Revista Biotecnia. Volumen XVI. No. 1. Hermosillo Sonora. México (p.38-44).*

Cox, R. Hellín, J. (2015). *Revisión histórica de la conservación de suelos a través de innovaciones para un futuro mejor. Revista enlace. Volumen 4. Número (27) P 14-18*
http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/component/docman/doc_view/1493-enlace-no-27

Decaëns, T., Lavelle, P., Jiménez, J., Escobar, G., Rippstein, G., Schneidmadl, J., Sanz, J.,...Thomas, R. (2003). *Impacto del Uso de la Tierra en la Macrofauna del Suelo de los Llanos Orientales de Colombia. El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia. (pp.21-53). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali, Colombia.*

Domínguez. J., Aíra. M., Gómez. M. (mayo-2009). *El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de los*

nutrientes. Revista Ecosistemas. Volumen XVIII. No. 2. (Universidad de Vigo. España p, 20-31).

Chavarría. F, Balmaceda. V, Fargas. M. (2013). *Caracterización de condiciones agroecológicas y sociales en unidades de producción del sitio RAMSAR Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa. Revista La Calera. Vol 15. N° 24. P. 31-39.*

Chavarría. F. (2011). *Edafología 1. Espacio Grafico Comunicaciones. S.A. Caldas Colombia.*

Chaves. B, Peña. R, Peña. A, Rubiano. Y. (2009). *Variabilidad espacial de los atributos de la capa arable de un Inceptisol del piedemonte de la cordillera Oriental (Casanare, Colombia). Rev. Agronomía Colombia. Vol. (27) N° (1).111-120. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n1/v27n1a15.pdf>*

Chaves, N. (2011). *Buenas Prácticas Agrícolas (BAP) en el Cultivo del Frijol: Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología en Frijol. Alajuela, Costa Rica.*

Chemomics International. (2008). *Manual de cultivo de tomate. Programa De Diversificación Hortícola, Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola, Nicaragua.*

Chemomics International. (2009). *Cultivo de Pipián (Cucúrbita Mixta). Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola.*

Espinoza. A. (2014). *Agricultura de conservación-Guía para técnicos. Programa de Gestión Rural Empresarial, sanidad y ambiente (PROGRESA) Catholic Relief Services (CRS).*

Espinosa, J., Molina, E. (1999). *Acides y encalado de los suelos*. Primera edición. IPNI (International Plant Nutrition Institute). Quito, Ecuador, San José Costa Rica.

Escalante, E, Lizaga, C, Escalante, I. (2007). *Formas de preparar el terreno de siembra para obtener buenas cosechas*. *Revista Alternativa*. Volumen 5, número 13. Guerrero México.

Espino, J. & Romero. (1998). *“Efecto de diferentes frijoles abonos, sobre la dinámica de macro nutrientes (N.P.K) del suelo en aporte de la materia orgánica, la incidencia de las diferentes pestes agrícolas y sobre el crecimiento y rendimiento de la (Hylocereus undtus. Britton & Roses)*. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. UNA. Managua. Nicaragua.

FAO/INAFOR/INTA. (2002). *Guía de evaluación visual de suelos. Guía de campo*. Vol. (1).

FAO/ IFA. (2002). *World Fertilizer use Manual*. *Página Web*: <http://www.fertilizer.org>, también disponible en versión CD.

FAO. (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). (2009). *Agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Como alimentar al mundo 2050. Foro de expertos de alto nivel*.

http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_S_P/La_agricultura_mundial.pdf

FAO. (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). (2009). *Guía para la descripción de suelo*. Roma, 2009. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

FAO. (2013). Centroamérica en Cifras. Datos de Seguridad Alimentaria Nutricional. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-at771s.pdf>

FAO. (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). (2012). *Hacia el futuro que queremos. Erradicación del hambre y transición a los sistemas agrícolas y alimentos sostenibles.* Roma. Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-an894s.pdf>

FAO. (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. 2015 año mundial de los suelos.*

FAO. (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). (2015). *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles.* Roma, Italia: E-ISBN 978-92-5-308472-2 (PDF).

FAO. (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelo.* Boletín de tierra y Aguas de la FAO. Roma Italia. No. ISSN: 10208127

Fernández, Martínez. M & Ramírez. M, (2009). *Prácticas vegetativas y agronómicas complementarias al proyecto integral. Catálogo de obra y prácticas de conservación de suelo y agua.* SAGARPA. Montecillos, Texcoco, Estado de México.

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, **FHIA.** (2004). Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Cortez Honduras.

Florentín, M. Ovelar, M. Santacruz, W. (2013). *Sistema de manejo de suelos para pequeñas fincas, efecto sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento del maíz (Zea mays. l). Investigación Agraria, volumen (8). Número (1).109-425-1-PB (1).pdf.*

Gayosa. J & Alarcón, D. (1999). *Guía de conservación de suelo forestal.* Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile.

García, Y. (2012) contenido y distribución de nutrimentos en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de caléndula (*Caléndula officinalis L.*) Tesis de grado para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia.

Google Earht, (20016). <https://www.google.com/intl/es/earth/>.

Gutiérrez. M., Acuña. T. (diciembre-2013). *Síntomas asociado a la deficiencia de Boro en la palma aceitera (Elaeis guineensis JACQ.). En Costa rica. Revista Agronomía Mesoamericana. Volumen. 24. No. 2. Alajuela Costa Rica.*

Hernán. A, Hernán. E, Hernán. S. (2011). *Niveles de materia orgánica y pH en suelo agrícola en la región pampeana y extra pampeana de argentina. Informaciones agronómicas publicación número (2). Recuperado de: [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/763CD09F960A786D852579830071448F/\\$FILE/6.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/763CD09F960A786D852579830071448F/$FILE/6.pdf)*

Hernández. O, Cintra. M & Alfonso. C. (2013). *Manual de Agricultura de conservación. Guía de trabajo. Instituto de Suelos-FAO, proyecto TCP/CUBA/3002 Recuperado de: <http://mst.ama.cu/382/>.*

Hernández. R & López. D. (2002). *Tipo de labranza como agente modificador de la materia orgánica: un modelo para suelos de sabana de los llanos centrales venezolanos. Revista Masscience. Volumen. 27. Nº 10. Caracas Venezuela.*

Herrera. A & Lazcano. I. (mayo-2000). *Sequia? ¿inundaciones?... El Potasio ayuda al maíz a soportar el estrés hídrico.* Revista. *Informaciones Agronómicas.* Volumen IV. No. 2. Querétaro, México.

Ibrahim, M. Montiel, K. Rivera, R. (2015). *Validación de mejoramiento de prácticas de mejoramiento de suelo, para la producción sostenible de maíz y frijol en américa central.* Revista *enlace.* Volumen (IV). Número (27.) PP10-13
http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/component/docman/doc_view/1493-enlace-no-27

IICA, 2009. *Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua.*

Hidalgo, W. Á. (06 de abril del 2016). *Principales cultivos de Nicaragua.* Obtenido de *La Prensa/Economía:*[http://www.laprensa.com.ni/2016/04/06/economia/2013662-agricultura-sigue-arcaica.](http://www.laprensa.com.ni/2016/04/06/economia/2013662-agricultura-sigue-arcaica)

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo) (2004). *Análisis de la Pobreza y la Seguridad Alimentaria Nutricional en Nicaragua.* CAPITULO III: Disponibilidad alimentaria nacional.

INTA. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelo.* Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria. La Pampa Argentina. Disponible en:[http://inta.gob.ar/documentos/manual-de-fertilidad-y-evaluacio.](http://inta.gob.ar/documentos/manual-de-fertilidad-y-evaluacio)

INTA. (2010). *Cultivo del maíz. Guía tecnológica para la producción de maíz (Zea mays L.).*

INTA. (2009). *cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Guía tecnológica para la producción de frijol común.*

INTA. (2013). *Estado, prioridades y necesidades para el manejo sostenible de suelos en Nicaragua.* Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/Central_America_WS/Nicaragua.pdf

Izaurrealde, R.C., Malhi, S.S., Nyborg, M., Solberg, E.D., Quiroga, M.C. (2006). *Crop performance and soil properties in two artificially eroded soil in North-Central Alberta. Agron. J. 98(5): 1298-1311.*

JICA. (2010). *Guía del Manejo Integrado de Plagas (MIP) para técnicos y productores Versión 1. Proyecto para el Mejoramiento del Consumo y la Disponibilidad de Alimentos en Comunidades de la Provincia de Veraguas.*

Jaramillo. (2002). *Introducción a la ciencia de suelo. Universidad nacional de Colombia introducción a la ciencia de suelo. Medellín. Colombia.*

Jiménez, J., Decaëns, T., Thomas, R., Lavelle, P. (2003). *La Macrofauna del Suelo: Un Recurso Natural Aprovechable pero Poco Conocido. El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia. (pp.1-17). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropica). Cali, Colombia.*

Jiménez. E, Sandino. V, García. K, Angulo. L. (2010). *Efecto de cultivos en asocio pepino (cucumis sativus l.), pipián (cucúrbita pepo l.) y frijol de vara (vigna unguiculata l. walp), en la ocurrencia poblacional de insectos plagas, benéficos y el rendimiento. Revista La Caldera. Volumen X Numero.14. Masaya Nicaragua.*

Jiménez. L. (julio-2002). *La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. Rev. Ice desarrollo sostenible. Vol. (I). núm. (800).* disponible en

http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_800_6584_9104052062A6C18EDC01_F0D7CB42BC1E.pdf.

Kafkafi, U., Tarchitzky, J. (2012). *Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua.* IFA (asociación internacional de la industria de los fertilizantes. IIP (instituto internacional de la potasa). París, Francia y Horgen, Suiza. ISBN 978-2-9523139-9-5.

Kirkby. E & Volker. R. (enero-2008). *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (segunda parte).* Revista informaciones Agronómicas. IPNI. International. Plan Nutrition Intitute. Volumen 1. No. 68. Quito Ecuador.

Lanzas, J. J. (1995). *Evaluación del efecto de prácticos agros conservacionistas sobre la erosión y producción de granos básicos, Ticuantepe, Managua. Diplomado para optar al título de ingeniero agrónomo. UNA-FARENA. Managua, Nicaragua.*

Lazcano. I. (agosto-1998). *Las temperaturas altas y las deficiencias de Calcio (Ca) en tomate (*Lycopersicon sculentus L.*). Revista: Informaciones Agronómicas. Vol 3. numero 3.*

Lida, C., Shok, C .(2009). *El dilema del fósforo. Técnica para agricultura sostenible.* Oregón State University. EM 8939-S-E. Disponible en: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em8939s>.

López, A. (2006). *Manual de edafología.* Universidad de Sevilla. España.

MARENA, (2012). *Informe gestión del grupo de trabajo de humedales – Nicaragua. GTH – Nicaragua.*

MARENA. (1998). *Guía Metodológica: Planificación a Nivel de Fincas en Áreas Protegidas.* Recuperado de: www.sinia.net.ni/index.php?option...planificaciofincas.../.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, **MARM**. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.* Editorial MARM. Primera edición. España. ISBN: 978-84-491-0997-3.

Mendoza. K., Tórres. R., Reyes. O., Castillo. X., Pentzke. E. (2013). *Guía Técnica sobre el estado actual y manejo de la fertilización de los suelos agrícolas en el oxidante de Nicaragua* p: 19-20.

Mengel, K & Kirkby, E. (1987). *Principios de nutrición vegetal.* (International Potash Institute). Basel, Suiza.

Mendoza. R. (2011). *Manejo de suelos utilizando indicadores de calidad de suelos.* Guía técnica 03. UNA. Managua Nicaragua.

MIFIC, (Ministerio de Fomento, Industria y comercio). (2007). *Ficha del tomate.*

Moreira, D, A. (2015). *Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático. / Unión Europea, IICA San José Costa Ricas.* ISBN: 978-92-9248-605-1. Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <http://www.iica.int/B4003e>

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. (2008). *Manual de conservación de suelos.* Caracas, Venezuela.

- Nelson, L.** (2000). Conozca la deficiencia de hierro. *Informaciones agronómicas*. Vol. (4) núm. (1), pp. 12-16 disponible en:
[www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/.../\\$file/IA+COM+4-1.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/.../$file/IA+COM+4-1.pdf).
- Olivares. R.** (2009). “Evaluación del efecto de diferentes dosis de aminoproteínatos, en la producción y calidad de tomate (*Lycopersicum esculentum*), variedad *sheriff* para elaborar salsas”. Tesis para optar al título de ingeniería en alimentos e ingeniería agroindustrial. La Libertad, El Salvador. Universidad “Dr. José Matías Delgado”.
- Ortiz, R.** (2012). *El cambio climático y la producción agrícola (en línea)*. Washington, D.C., USA, BID. Disponible en:
<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36736182>.
- PASOLAC,** (2000). *Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Guía Técnica de Conservación de Suelos y Aguas*. 1ª ed. San Salvador, El Salvador. 222p.
- Pavón. J, Madero. E & Amézquita. E.** (2000). *Susceptibilidad del suelo a la degradación en parcelas con manejo agroforestal Quesungual en Nicaragua*. (INTA), Nicaragua. Universidad Nacional de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia.
- Pérez, E. & Blandón, M.** (2015). *Evaluación de sistemas productivos agrícolas bajo prácticas agronómicas y culturales sostenibles de productores de tres microcuencas de Ciudad Darío, Matagalpa*. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo UNAN FAREM-Matagalpa, Nicaragua.
- Peralta. D.** (sf). *TEC de fechas de siembra: control de plagas*. INTA.

- Pérez. J & Rizo. L.** (2014). *Comportamiento productivo del cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L) en diferentes fases lunares y la incidencia de plagas y enfermedades en l comunidad de cuatro esquinas, Tuma-La Dalia ciclo productivo de apante, año 2013. Monografía para botar al título de ingeniero agrónomo. UNAN-FAREM, Matagalpa, Nicaragua.*
- Pilar, García, Serrano & Jiménez, J.** (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos.* España: V.A. Impresores, S.A.
- Peña. F,** (2005). *Sistemas de labranza agrícola 1° edición.* Copyright. Venezuela.
- Piura, J.** (2008). *Metodología de la investigación científica 6ª edición. Un enfoque integrador.* Editorial Xerox. Managua, Nicaragua.
- Raudes. M., Sagastume. N.** (2011). *Módulo 3, Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. PASOLAC. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p. ISBN: 1-885995-71-7.*
- Raudes, M., Sagastume, N.** (2009). *Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p.*
- Ramírez. W, Sánchez. S, García. I.** (2012). *Indicadores de calidad de suelos: Una nueva manera de evaluar este recurso. Rev. Pasto y forraje. Vol. (35). nº (2). Pp. 125-138.*
- Restrepo. J.** (2005). *La luna: El sol nocturno de los trópicos y su influencia en la agricultura. 1º edición. Managua, Nicaragua. ISBN-99924-55-14-4.214P*

- Ríos, M., Ruiz., Sánchez, B.** (2005). *Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. Rev. Agronomía Trop. Vol. (4). nº (4). PP. 507-534.*
- Robles, R.R.** (2004). *Planificación de fincas agras conservacionistas como contribución al manejo integrado de la microcuenca del río Uruca, Costa Rica. Tesis para optar al título de Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. A0446e/A0446e.pdf.*
- Rojas. R.** (2007). *Sistemas de costo: un proceso para su implementación 1^o edición. Centro de publicaciones de universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Colombia.*
- Ruiz. M & Borboa, M. Rodríguez, J.** (2013). *El enfoque mixto de investigación en los estudios fiscales. Revista académica de investigación (No. 13). España. Recuperado de revista.tlatemoani@uaslp.mx*
- Sadeghian, S.** (junio-2011). *Calibración de análisis de suelos en cafetales al sol y bajo semi sombra. Rev., informaciones agronómicas. núm. (2), p.22-34.*
- Salvatierra. T.** (2012). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) - Versión 2009-2012. CIRA/UNAN-Managua.*
- Sánchez. J.** (2007). *Fertilizantes. El alimento de nuestros alimentos. 1^a edición. Editorial Trillas. D.F. México.*
- Sela, G.** (25 de abril del 2014). *SMART! Fertilizer Management. Obtenido de Rangos de referencia de nutrientes del suelo: <http://www.smart-fertilizer.com/es/>*

- Serna. S, Mena. A, Cortéz. D, Durán. J, Luna. J. (2004).** Rendimiento de la calabaza pipiana en respuesta a la poda y la densidad de población. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27 (Núm. 1).
- Scott. M.** (agosto-1998). Respuesta a las preguntas más comunes acerca de los fertilizantes fosforados. *Revista informaciones Agronómicas.* Volumen III. No. 3. Querétaro. México.
- Sulliban. P.** (2007). Manejo sostenible de suelo. *Revista ATTRA.* Disponible en www.attra.ncat.org/espanol/pdf/suelos.pdf.
- Studdert, A., Domínguez, F., Zagame, C., & Carabaca, C.** (2015). Variación estacional de carbono orgánico particulado y nitrógeno anaeróbico. *Ciencia del suelo.* Vol. 33(1) Recuperado en 08 de junio de 2017, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672015000100007&lng=es&tlng=es.
- Vega. G,** (sf). *Asistencia a los países Andinos en la reducción de riesgos y desastres en el sector agropecuario. Buenas Prácticas: Manejo Integrado de cultivos.* FAO Perú. TCP/RLA/3217. <http://www.fao.org/climatechange/68071/es>
- Vega. E, Gutiérrez. C, Pavón. F, Cornejo. U, Urbina. L,** (2009). *Plan de manejo integrado de cultivos (PMIC) y de manejo integrado de plagas (PMIP) para el desarrollo tecnológico. Bases conceptuales y elementos asociados.* INTA.
- Vergara. W, Kondo. H, Pérez. E, Méndez. P, Magaña. V, Martínez. M, Ruiz, J, Ávalos R, Palacios, E.** (2007). *Visualizing future climate in Latin America: results from the application Of the EARTH Simulator (en línea).* Washington, D.C., US, The World Bank. Disponible En

http://siteresources.worldbank.org/INTLAC/Resources/SDWP_Future_Climat_e.pdf.

Violic, A. (2001). Manejo integrado de cultivo. *El maíz en los trópicos mejoramiento y producción*. (pp.250-301). FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). Roma, Italia.

Terezón. J. (2006). *Guía para la producción de pipián criollo*. Centro Nacional de Tecnología Agrícola y Forestal. CENTA. Programa de Hortalizas. San Andrés Colombia.

Tinoco. F. & Arauz. O, (2013). *Efecto de niveles de fertilización sintética en el comportamiento agronómico y rendimientos productivo de chiltoma (Capsicum annum), el Chile Matagalpa*. Monografía para optar al título de ingeniería agronómica. UNAN-FAREM-Matagalpa, Nicaragua.

UPANIC. (24 de mayo de 2016). *Congreso Agropecuario Upanic*. Obtenido de Producción de granos básicos: <http://www.congresoagropecuarioupanic.com.ni/mas-granos-basicos-en-ciclo-2016-2017/>.

USDA, (1999). *Guía de evaluación de suelo departamento de agricultura*. disponible en: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf

Zárate. P & Casas. A. (2012). *Efecto de la densidad de siembra en la producción y calidad en ají escabeche (Capsicum baccatum pendulum L. var. (Willd.) Eshbaugh) en el valle de Casma*. *Revista Agronomía de divulgación Técnico - Científico Volumen (51). Nº. 03. Lima-Perú.*

ANEXOS



ANEXO 10. Encuesta

Encuesta

Estimado productor (a), con el objetivo de conocer las labores que realiza para llevar a cabo sus cosechas y evaluar las prácticas de agricultura conservacionista le pedimos su amable colaboración a fin de que nos brinde la información expuesta a continuación.

I. DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR

Nombre del productor(a) _____

Nombre de la unidad productiva _____

Localización geográfica (UTM) _____

Comunidad _____ Municipio _____ Departamento _____

II. DATOS GENERALES DE LA FINCA

- a. Tenencia de la finca: Propia: _____ Alquilada: _____ A medias: _____
Comunal: _____
- b. Si es alquilada la tierra el tiempo en: Meses: _____
- c. Propiedad de la tierra o responsable del arrendamiento: Hombre _____, Mujer _____
- d. Área total: _____ has (colectar la información en las unidades de medida expresadas por el productor para tener el registro y luego hacer la conversión a has)
 - Agrícola : _____ has
 - Pecuaria : _____ has
 - Forestal : _____ has
 - Otros : _____ has
- e. Topografía
 - Escarpada : _____ Arriba de 40% del área de la finca
 - Ondulada : _____ Hasta 10 a 40% del área de la finca
 - Plana : _____ Hasta 0 a 10% del área de la finca
- f. Profundidad efectiva del suelo:
 - i. _____ 00-10 cms
 - ii. _____ 10-20 cms
 - iii. _____ 20-30 cms
 - iv. _____ 30-40 cms



v. _____>40 cms

g. Fuentes de agua, ubicación (dentro y fuera de la finca) y uso

Fuente de agua	En la finca	Fuera de la finca	Uso		
			Riego	Consumo humano	ganado
Río					
Quebrada					
Ojo de agua					
Estanque Reservorio					
Lago/laguna					
pozo					

III. SERVICIOS FINANCIEROS

- Usa crédito/préstamo para financiar su producción, Sí: _____ No: _____
- Quién le presta : _____
- Qué monto presta : _____
- Qué tasa de interés : _____
- Qué plazo le dan : _____
- Hace uso de garantía : Si _____ No: _____
- Qué tipo de garantía : Prendaria: _____ Fiduciaria: _____ Otra: _____
- El crédito lo recibe : Organizado: _____ Individual: _____
- Cómo lo paga : cosecha _____ efectivo _____ otro _____
- _____
- Cuánto tiempo tiene de estar usando crédito: # de años: _____

IV. PRACTICAS CULTURALES QUE REALIZA

Época del año cultiva

- Secano _____
- Invierno _____
- Todo el año _____

¿Cómo prepara sus suelos para la siembra?



1. Espeque_____2. Arado con bueyes_____3. Arado con maquinaria_____

¿Qué hace con los rastrojos?

1. Lo barre____2. Lo incorpora como cobertura al suelo____3. Lo quema____4. Alimenta el ganado____5. Otros_____

Distancia de siembra

Rubro	Distancia entre planta	Distancia entre surco
Maíz		
Frijol		
Arroz		
Sorgo		
Hortalizas		
Frutales		
Café		
Cacao		

¿Dónde adquiere las semillas? 1. Casa comercial_____ 2. Programas del gobierno_____

3. ONG_____4. Usted mismo las guarda_____



Época de siembra

Rubro	Época				Actividad	Fase lunar
	Primera	Postrema	Apante	Riego		
Maíz						
Frijol						
Arroz						
Sorgo						
Hortalizas						
Frutales						
Café						
Cacao						

V. PRACTICAS AGRONÓMICAS

Fertilización

¿Fertiliza sus cultivos? SI___NO___

¿Realiza análisis de suelo para planificar fertilizar? SI___NO___



Cultivo	Fórmula	Dosis	Intervalo de aplicación	Momento de aplicación (a)	Modo de aplicación (b)
Maíz					
Frijol					
Arroz					
Sorgo					
Hortalizas					
Frutales					
Café					
Cacao					

(a) (1) En la siembra, En la floración, al llenado de grano

(b) (1) Al voleo (2) Planta por planta en la superficie (3) Planta por planta sembrado o enterrado (4) otra _____

¿Realiza Control de plagas y enfermedades? SI___NO___



Fertilización y costo de fertilización

Cultivo	Área has.	1ra fertilización				2da fertilización				3ra fertilización			
		Producto	Días	Dosis	Costo US\$	Producto	Días	Dosis	Costo US\$	Producto	Días	Dosis	Costo US\$
Maíz													
Frijol													
Arroz													
Sorgo													
Hortalizas													
Frutales													
Café													
Cacao													

¿Realiza rotación/diversificación de cultivos: Sí ____, No ____ Cuales son los cultivos principales: 1) _____ 2) _____ 3) _____



Arreglos de cultivos

Relevo: _____, _____, _____, _____

Asociados: _____, _____, _____, _____

Escalonado: _____, _____, _____, _____

Otros: _____, _____, _____, _____

Prácticas y obras de manejo de conservación de suelos que aplica en su finca:

	Sí	No
Barreras vivas	: _____	_____
Barreras muertas	: _____	_____
Acequias	: _____	_____
Reforestación	: _____	_____
Manejo de rastrojos	: _____ ha incorporados, _____ ha en la superficie	
Sistemas Agroforestales:	_____ ha	
Siembra en curvas de nivel:	_____ ha	
Tipos de labranza utilizados		
	: Siembra directa: _____ ha	
	: Mínima _____ ha	
	: Convencional con bueyes: _____ ha	

VI. CAMBIOS RETROSPECTIVO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

a. Desde cuándo cultiva este terreno:

b. Cómo lo ha venido cultivando (manual, tracción animal, mecanizado, insumos, sin insumos, riego, otros.):



- c. ¿Cambió sus prácticas de como lo hacía hace 5 años, como las hace hoy?:

- d. ¿Por qué y cómo realizó los cambios en su sistema de producción?

- e. ¿Estos cambios han mejorado su sistema de producción, porque sí o porque no?: _
Sí ___ No___ Razone la respuesta:

- f. Quién le ayudó a realizar estos cambios o quién lo asesoró?:

- g. ¿Cómo observa la vegetación: igual, menor o mayor que hace 5 años?:

- h. ¿Ha observado que su terreno pierde suelo, ve más afloramiento de piedras o menos?:

- i. ¿Qué cosas ha observado en su terreno que antes estaban y ahora ya no están o viceversa?:

- j. ¿Hay menos o más humedad en sus suelos en comparación a hace 5 años?:

- k. ¿Estos cambios (a, b, c y d) en que parcelas son más evidentes? ¿En las de manejo convencional o en las que mejoró practicas?

- l. ¿Llueve más, menos o igual que hace 5 años?:
- m. _____



¿Cuándo entran las lluvias? : _____

¿Cuándo empieza la canícula? : _____

¿Cuándo salen las lluvias? : _____

¿Cómo decide la fecha de siembra de los cultivos de primera?

VIII. Rendimientos productivos

- a. Rendimientos de sus cultivos en los últimos 5 años (hasta donde recuerden o el promedio de los últimos 5 años)

Cultivos	Variedad	2011	2012	2013	2014	2015
Maíz						
Frijol						
Arroz						
Sorgo						
Hortalizas						
Frutales						
Café						



IX. Ingresos y egresos por cada rubro encontrado

Cultivos	Ingresos US\$	Costos de producción US\$	Balance US\$
Maíz			
Frijol			
Arroz			
Sorgo			
Hortalizas			
Frutales			
Café			
Cacao			
Otros			

“MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN”



ANEXO 11. Tarjeta de evaluación visual de suelo

TARJETA DE CALIFICACIÓN

Indicadores de calidad de suelos

PROPIETARIO: _____

FINCA: _____ LOTE: _____

LOCALIZACIÓN: X _____ Y: _____ Z: _____

COMUNIDAD: _____ COMARCA: _____

MUNICIPIO: _____ DEPARTAMENTO: _____

FECHA: _____ EVALUADOR (s): _____

TEXTURA DEL SUELO: Arenoso _____ Arcilloso _____ Limoso _____ Franco _____ Otro _____

HUMEDAD PRESENTE: Seco __ Ligeramente húmedo __ Húmedo __ Muy húmedo __ Mojado __

CONDICIONES CLIMATICAS: Seco __ Lluvioso __ Canícula _____

Indicador visual	Calificación visual	Factor	Valor
Estructura y consistencia		X 3	
Porosidad del suelo		X 2	
Color del suelo		X 2	
Número y color de moteado		X 1	
Conteo de lombrices		X 2	
Compactación		X 1	
Cobertura de suelo		X 3	
Profundidad de penetración de raíces		X 3	
ÍNDICE DE CALIDAD			
EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO		ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELO	
Pobre		<15	
Moderada		15-30	
Buena		>30	



ANEXO 12. Hoja de campo para la evaluación de las prácticas de conservación de suelos en la unidad de producción

DATOS GENERALES

Nombre del productor(a) _____

Nombre de la unidad productiva _____

Localización geográfica (UTM) _____

Comunidad _____ Municipio _____ Departamento _____

Prácticas y obras de conservación de suelos existente en la unidad de producción

Indicador visual	Valor	Estado
Barreras vivas		
Barreras muertas		
Acequias		
Manejo de rastrojos		
Siembra en curvas de nivel		
Reforestación		
Cobertura de suelo		
ÍNDICE DE CALIDAD		
EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA PRACTICA	ÍNDICE DE CALIDAD	
No existe	0	
Regular	1	
Buena	2	
Muy bueno	3	



ANEXO 13. Fotografías de fase de campo de la investigación



Aplicando encuesta a productores



Calicata para evaluar la profundidad, color de suelo



Elaboración de Monolitos para valorar propiedades físicas del suelo



Suelo con mala estructura (Suelo compactado)



Ciertas prácticas agronómicas implementadas en algunas unidades de producción (Barreras muertas)



Implementando agricultura agroconservacionista (asocio de cultivo, cobertura con leguminosa e incorporación de rastrojos).



ANEXO 14. Fotografías de guía de evaluación visual de suelo

1. Estructura y consistencia



**Buena Condición
CV: 2**
Buena distribución de partículas medianas y pequeñas. Pocos terrones



**Condición Moderada
CV: 1**
Presencia de terrones. Hay partículas medianas pequeñas y finas.



**Condición Pobre
CV: 0**
Predominan terrones. Hay muy pocas partículas medianas y finas.

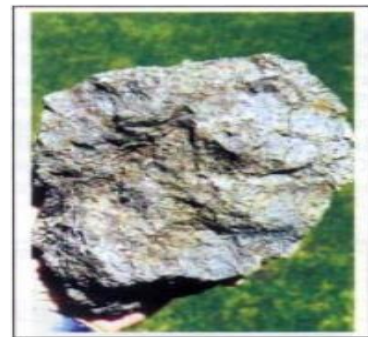
2. Porosidad



**Buena Condición
CV: 2**
Hay muchos macroporos entre los agregados, se nota buena estructura del suelo.



**Condición Moderada
CV: 1**
Hay algunos macroporos entre los agregados. Se observa compactación.



**Condición Pobre
CV: 0**
No se ven macroporos. Estructura compactada cuya superficie se rompe formando cara angular



3. Moteados del suelo



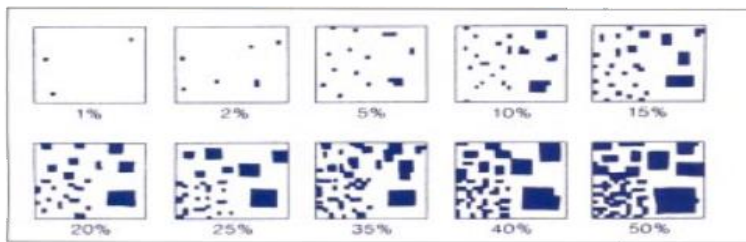
Buena Condición
CV: 2
Ausencia de moteado



Condición Moderada
CV: 1
Motitas pequeñas y medianas color naranja y gris en un rango 10-25%



Condición Pobre
CV: 0
Abundantes motitas medianas, mas del 50% color anaranjado predomina color gris

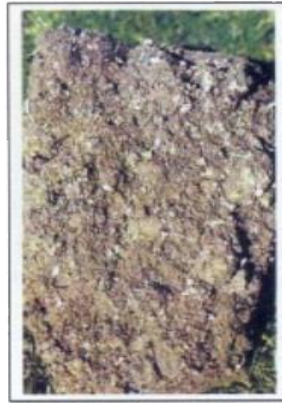




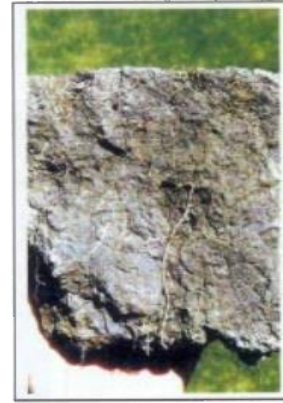
4. Color del suelo



**Buena Condición
CV: 2**
Superficie del suelo color oscuro, no difiere mucho con el suelo bajo el cerco

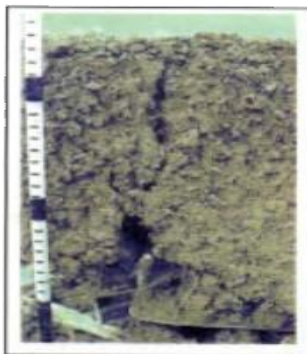


**Condición Moderada
CV: 1**
Superficie color claro, difiere un poco con el suelo bajo el cerco aunque no mucho



**Condición Pobre
CV: 0**
Suelo significativamente color mas claro al comparar con suelo bajo la línea del cerco

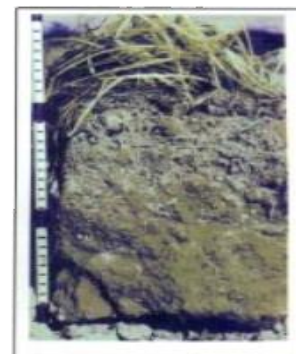
5. Compactación de suelo (piso de arado)



**Buena Condición
CV: 2**
No hay compactación. Estructura y poros muy visibles claramente.



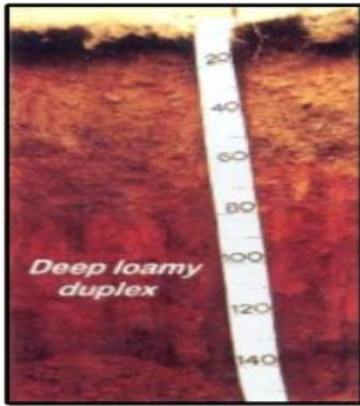
**Condición Moderada
CV: 1**
Empieza a notarse compactación en la parte inferior del suelo. Estructuras con pocos poros, de facil fractura.



**Condición Pobre
CV: 0**
Compactación muy desarrollada en parte inferior del suelo. No hay macro poros.



6. Profundidad de raíces o suelo (cm)



Buena Condición
CV: 2

>60 cm



Condición Moderada
CV: 1

30-60 cm

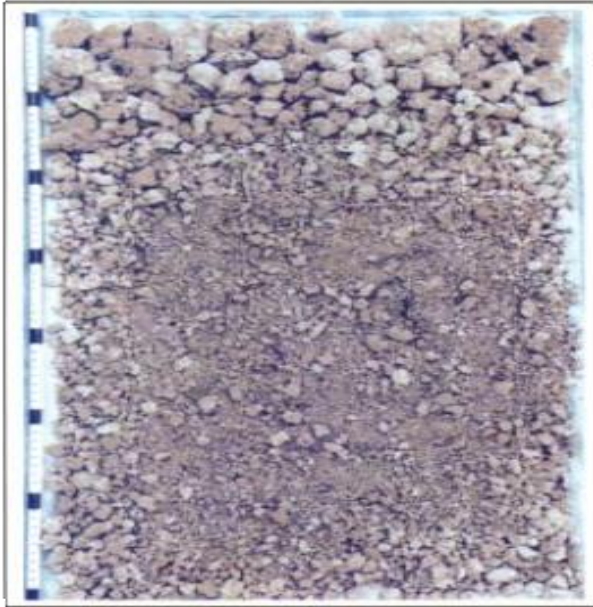


Condición Pobre
CV: 0

<30 cm



7. Macro fauna del suelo



Calificación Visual	Cantidad de lombrices por cada 20 cm de suelo
Cv	
2	> 8
1	4 a 8
0	< 4

ANEXO 15. Resultados de análisis de suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Thomas Moreno Rayo,
Coordenadas: 1391743, Profundidad: 15
cm

Lugar muestreo: Finca: El Mirador de Moyúa

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-5003-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.8
pH(KCl)	-	5.9
Materia Orgánica	%	2.57
Nitrógeno	ppm	0.13
Fósforo	ppm	41.4
Sodio	meq/100g	0.157
Potasio	meq/100g	0.905
Calcio	meq/100g	38.465
Magnesio	meq/100g	13.765
Hierro	ppm	81.5
Cobre	ppm	3.1
Zinc	ppm	0.4
Manganeso	ppm	20.7
Boro	ppm	0.5
Azufre	ppm	16.8
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General



Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Thomas Moreno Rayo,
Coordenadas: 1391743, Profundidad: 15
cm

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5003-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: Finca: El Mirador de Moyúa

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo:

Fecha informe: 16/08/2016

Muestreado por: Cliente

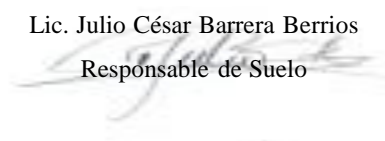
Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.28
Arcilla	%	24.28
Limo	%	24.92
Arena	%	50.80
Textura	-	Franco
Ca+Mg/K	-	57.71
Ca/Mg	-	2.79
Ca/K	-	42.50
Mg/K	-	15.21

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Narciso Moreno, Profundidad:
15 cm, Comunidad: Moyúa, Coordenadas:
1391795

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-5007-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.2
pH(KCl)	-	5.5
Materia Orgánica	%	2.92
Nitrógeno	ppm	0.15
Fósforo	ppm	33.0
Sodio	meq/100g	0.121
Potasio	meq/100g	1.029
Calcio	meq/100g	20.430
Magnesio	meq/100g	5.239
Hierro	ppm	97.1
Cobre	ppm	0.9
Zinc	ppm	0.5
Manganeso	ppm	36.1
Boro	ppm	36.3
Azufre	ppm	1893.5
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General



Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Narciso Moreno, Profundidad:
15 cm, Comunidad: Moyúa, Coordenadas:
1391795

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

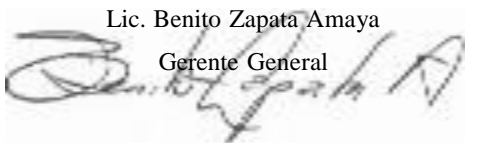
Ref. laboratorio: Su-5007-16

Número de muestreo:

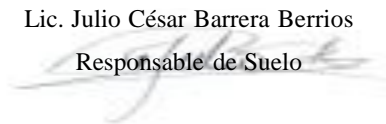
Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.27
Arcilla	%	20.28
Limo	%	34.28
Arena	%	45.44
Textura	-	Franco
Ca+Mg/K	-	24.95
Ca/Mg	-	3.90
Ca/K	-	19.85
Mg/K	-	5.09

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Noel Antonio Moreno,
Profundidad: 15 cm, Comunidad: Moyúa

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5009-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: Finca: El Pozo

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo:

Fecha informe: 16/08/2016

Muestreado por: Cliente

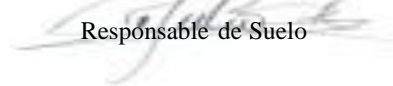
Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.7
pH(KCl)	-	5.6
Materia Orgánica	%	2.48
Nitrógeno	ppm	0.12
Fósforo	ppm	42.6
Sodio	meq/100g	1.392
Potasio	meq/100g	0.560
Calcio	meq/100g	33.108
Magnesio	meq/100g	16.895
Hierro	ppm	81.4
Cobre	ppm	4.9
Zinc	ppm	0.8
Manganeso	ppm	27.7
Boro	ppm	0.6
Azufre	ppm	12.9
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1
Densidad Aparente	g/ml	1.34

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Noel Antonio Moreno,
 Profundidad: 15 cm, Comunidad: Moyúa

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5009-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: Finca: El Pozo

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo:

Fecha informe: 16/08/2016

Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Arcilla	%	32.64
Limo	%	28.92
Arena	%	38.44
Textura	-	Franco Arcilloso
Ca+Mg/K	-	89.29
Ca/Mg	-	1.96
Ca/K	-	59.12
Mg/K	-	30.17

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
 Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
 Gerente General



Lic. Julio César Barrera Berrios
 Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Moyúa/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Harri Armas Moreno,
Profundidad: 10 cm, Comunidad:
Tecomapa

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

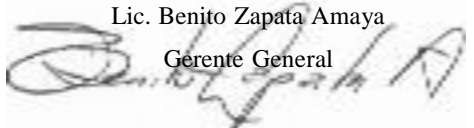
Ref. laboratorio: Su-5012-16

Número de muestreo:

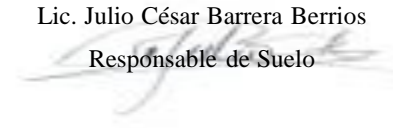
Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.7
pH(KCl)	-	5.7
Materia Orgánica	%	2.48
Nitrógeno	ppm	0.62
Fósforo	ppm	57.3
Sodio	meq/100g	0.450
Potasio	meq/100g	1.783
Calcio	meq/100g	32.370
Magnesio	meq/100g	10.049
Hierro	ppm	79.2
Cobre	ppm	2.9
Zinc	ppm	0.8
Manganeso	ppm	23.0
Boro	ppm	0.6
Azufre	ppm	8.0
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Harri Armas Moreno,
Profundidad: 10 cm, Comunidad:
Tecomapa

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5012-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: No Especificado

Munic./Depto.: Moyúa/Matagalpa

Fecha muestreo:

Fecha informe: 16/08/2016

Muestreado por: Cliente

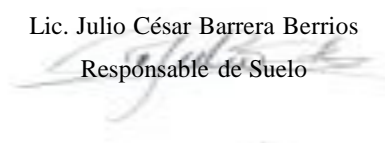
Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.21
Arcilla	%	38.64
Limo	%	34.92
Arena	%	26.44
Textura	-	Franco Arcilloso
Ca+Mg/K	-	23.79
Ca/Mg	-	3.22
Ca/K	-	18.15
Mg/K	-	5.64

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: José Alberto Moreno,
Coordenadas: 1392171, Profundidad: 15
cm, Comunidad: Moyúa

Fecha muestreo: 21/07/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-5013-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.8
pH(KCl)	-	5.5
Materia Orgánica	%	2.39
Nitrógeno	ppm	0.62
Fósforo	ppm	39.2
Sodio	meq/100g	0.542
Potasio	meq/100g	0.928
Calcio	meq/100g	32.461
Magnesio	meq/100g	12.245
Hierro	ppm	84.2
Cobre	ppm	2.5
Zinc	ppm	0.3
Manganeso	ppm	27.0
Boro	ppm	0.5
Azufre	ppm	9.2
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General



Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: José Alberto Moreno,
Coordenadas: 1392171, Profundidad: 15
cm, Comunidad: Moyúa

Lugar muestreo: No Especificado

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo: 21/07/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

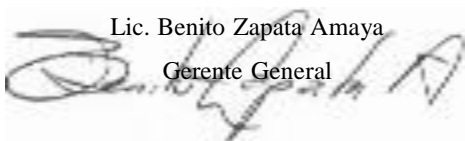
Ref. laboratorio: Su-5013-16

Número de muestreo:

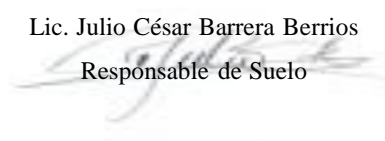
Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.29
Arcilla	%	38.64
Limo	%	30.92
Arena	%	30.44
Textura	-	Franco Arcilloso
Ca+Mg/K	-	48.17
Ca/Mg	-	2.65
Ca/K	-	34.98
Mg/K	-	13.20

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Jorge Moreno Vásquez,
Coordenadas: 1319758, Profundidad: 20
cm

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5017-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: No Especificado

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo: 13/07/2016

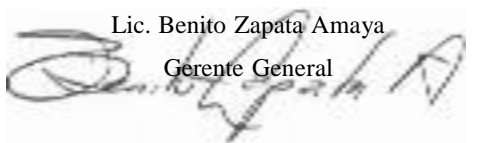
Fecha informe: 16/08/2016

Muestreado por: Cliente

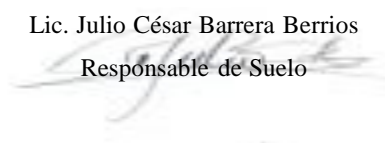
Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.6
pH(KCl)	-	5.8
Materia Orgánica	%	2.53
Nitrógeno	ppm	0.63
Fósforo	ppm	40.2
Sodio	meq/100g	0.219
Potasio	meq/100g	0.790
Calcio	meq/100g	37.315
Magnesio	meq/100g	13.276
Hierro	ppm	78.9
Cobre	ppm	2.7
Zinc	ppm	0.5
Manganeso	ppm	19.7
Boro	ppm	0.7
Azufre	ppm	17.4
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Jorge Moreno Vásquez,
Coordenadas: 1319758, Profundidad: 20
cm

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5017-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: No Especificado

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo: 13/07/2016

Fecha informe: 16/08/2016

Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.23
Arcilla	%	16.64
Limo	%	22.92
Arena	%	60.44
Textura	-	Franco Arenoso
Ca+Mg/K	-	64.04
Ca/Mg	-	2.81
Ca/K	-	47.23
Mg/K	-	16.81

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya

Gerente General



Lic. Julio César Barrera Berrios

Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Flora Orozco Valle,
Profundidad: 15 cm, Comunidad: Moyúa

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5022-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: No Especificado

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo:

Fecha informe: 16/08/2016

Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.3
pH(KCl)	-	5.6
Materia Orgánica	%	2.39
Nitrógeno	ppm	0.62
Fósforo	ppm	19.4
Sodio	meq/100g	0.212
Potasio	meq/100g	1.150
Calcio	meq/100g	35.073
Magnesio	meq/100g	30.092
Hierro	ppm	71.0
Cobre	ppm	1.9
Zinc	ppm	1.4
Manganeso	ppm	24.8
Boro	ppm	0.6
Azufre	ppm	15.9
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1
Densidad Aparente	g/ml	1.24

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General



Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Flora Orozco Valle,
Profundidad: 15 cm, Comunidad: Moyúa

Descripción muestra: Suelo

Fecha ingreso: 03/08/2016

Ref. laboratorio: Su-5022-16

Número de muestreo:

Lugar muestreo: No Especificado

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Fecha muestreo:

Fecha informe: 16/08/2016

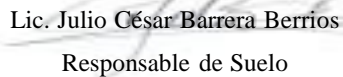
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Arcilla	%	28.64
Limo	%	22.92
Arena	%	48.44
Textura	-	Franco
Ca+Mg/K	-	56.67
Ca/Mg	-	1.17
Ca/K	-	30.50
Mg/K	-	26.17

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA


Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: Finca: Moyúa

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Matagalpa/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Gabriel Urbina, Profundidad:
20 cm, Comunidad: La Laguna de Moyúa

Fecha muestreo: 13/07/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

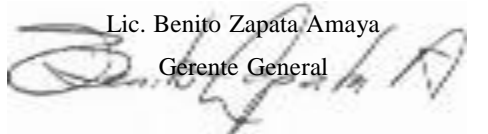
Ref. laboratorio: Su-5026-16

Número de muestreo:

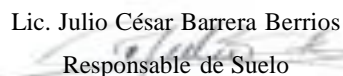
Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.2
pH(KCl)	-	5.1
Materia Orgánica	%	2.63
Nitrógeno	ppm	0.63
Fósforo	ppm	27.7
Sodio	meq/100g	0.706
Potasio	meq/100g	0.657
Calcio	meq/100g	30.388
Magnesio	meq/100g	15.159
Hierro	ppm	85.1
Cobre	ppm	3.4
Zinc	ppm	0.7
Manganeso	ppm	24.5
Boro	ppm	0.5
Azufre	ppm	15.0
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1
Densidad Aparente	g/ml	1.28

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: Finca: Moyúa

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Matagalpa/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Gabriel Urbina, Profundidad:
20 cm, Comunidad: La Laguna de Moyúa

Fecha muestreo: 13/07/2016

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-5026-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
Arcilla	%	35.00
Limo	%	28.92
Arena	%	36.08
Textura	-	Franco Arcilloso
Ca+Mg/K	-	69.33
Ca/Mg	-	2.00
Ca/K	-	46.25
Mg/K	-	23.07

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General



Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Moyúa/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Rene Antonio Arellano. A,
Profundidad: 15 cm, Comunidad:
Tecomapa

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

Ref. laboratorio: Su-5027-16

Número de muestreo:

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.7
pH(KCl)	-	5.2
Materia Orgánica	%	2.53
Nitrógeno	ppm	0.63
Fósforo	ppm	46.7
Sodio	meq/100g	1.043
Potasio	meq/100g	0.944
Calcio	meq/100g	29.341
Magnesio	meq/100g	12.007
Hierro	ppm	89.4
Cobre	ppm	2.4
Zinc	ppm	0.3
Manganeso	ppm	27.6
Boro	ppm	0.4
Azufre	ppm	18.7
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.1

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA



Lic. Benito Zapata Amaya

Gerente General

Lic. Julio César Barrera Berrios

Responsable de Suelo

INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Moyúa/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Rene Antonio Arellano. A,
Profundidad: 15 cm, Comunidad:
Tecomapa

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

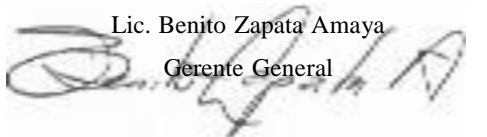
Ref. laboratorio: Su-5027-16

Número de muestreo:

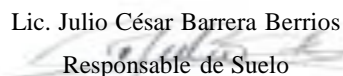
Análisis	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	g/ml	1.30
Arcilla	%	42.00
Limo	%	33.92
Arena	%	24.08
Textura	-	Arcilloso
Ca+Mg/K	-	43.80
Ca/Mg	-	2.44
Ca/K	-	31.08
Mg/K	-	12.72

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Transito Moreno, Comunidad: Moyúa, Profundidad: 15 cm

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

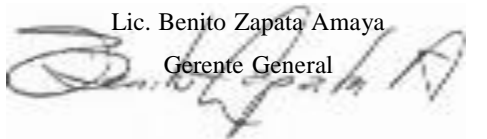
Ref. laboratorio: Su-5029-16

Número de muestreo:

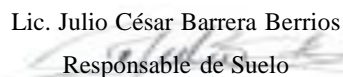
Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6.2
pH(KCl)	-	5.2
Materia Orgánica	%	2.68
Nitrógeno	ppm	0.63
Fósforo	ppm	26.7
Sodio	meq/100g	0.074
Potasio	meq/100g	1.248
Calcio	meq/100g	20.872
Magnesio	meq/100g	7.357
Hierro	ppm	88.4
Cobre	ppm	1.2
Zinc	ppm	0.2
Manganeso	ppm	21.1
Boro	ppm	0.6
Azufre	ppm	10.1
Aluminio Intercambiable	meq/100g	<0.10
Densidad Aparente	g/ml	1.31

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: CRS/FAREM/MATAGALPA

Lugar muestreo: No Especificado

Dirección: Stereo Yes 1 cuadra al oeste/Matagalpa

Munic./Depto.: Ciudad Darío/Matagalpa

Nombre muestra: Productor: Transito Moreno, Comunidad: Moyúa, Profundidad: 15 cm

Fecha muestreo:

Descripción muestra: Suelo

Fecha informe: 16/08/2016

Fecha ingreso: 03/08/2016

Muestreado por: Cliente

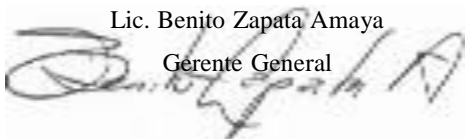
Ref. laboratorio: Su-5029-16

Número de muestreo:

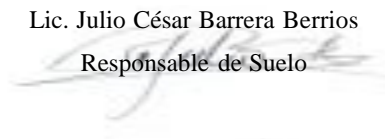
Análisis	Unidad	Resultado
Arcilla	%	24.00
Limo	%	29.92
Arena	%	46.08
Textura	-	Franco
Ca+Mg/K	-	22.62
Ca/Mg	-	2.84
Ca/K	-	16.72
Mg/K	-	5.90

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Lic. Benito Zapata Amaya
Gerente General




Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo



ANEXO 16. Tabla de interpretación de los elementos

NOMBRE	SIMBOLO	UNIDADES	NIVELES			
			Bajo (Menor o igual que)	Medio	Alto (Mayor que)	Muy alto
Materia orgánica	M.O	(%)	0.61-1.8	1.81-3.0	3.1-4.2	>4.2
Nitrógeno	N	(%)	0.033-0.095	0.096-0.158	0.159-0.221	>0.222
Fósforo	P	ppm	0-10	11 a 20	21-30	31-40
Potasio	K	meq/100 g	<0.2	0.3-0.6	0.6	>0.6
Calcio	Ca	meq/100 g	<4	4-20,	20-36	>36
Magnesio	Mg	meq/100 g	<2	2.1-10	>11	>18
Hierro	Fe	ppm	<10	11-100	100	>100
Cobre	Cu	ppm	<2	3.0-20	>20	
Zinc	Zn	ppm	<3	3.1-10	>10	
Manganeso		ppm	<5	6.1-50	>50	
Azufre		ppm	<20	21-36	>36	
Boro		ppm	<0.2	0.3-0.6	>0.6	
Molibdeno		ppm		<0.1	0.5	
Conductividad eléctrica	CE *)	µS /cm		300-800		
Ca+Mg/K			10	10.1-40	40	
Ca/Mg			2	2.1-5	5	
Ca/K			5	5.1-25	25	
Mg/K			2.5	2.6-15	15	
Acidez	pH		Acido	Ligeramente Acido	Neutro	
			4.65-5.5	5.65-6.8	6.85-7.2	
			Ligeramente Alcalino	Alcalino	Muy alcalino	
			7.25-8.4	8.45-9.4	>9.4	