



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE
ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**EVALUACION DE PRACTICAS DE CONSERVACION Y SISTEMAS
LABRANZA EN EL CULTIVO DE MAIZ DURO (*Zea mays L.*) EN LA
MICROCUCNCA DEL RÍO ALUMBRE, CANTON CHILLANES,
PROVINCIA BOLIVAR-ECUADOR.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGRÓNOMA OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE
BOLÍVAR, A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE,
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.**

AUTORA:

ROSA JUANA ARÉVALO TENELEMA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. FERNANDO VELOZ. M.Sc.

INSTITUCIÓN AUSPICIANTE: INIAP-SANREM-CRSP

GUARANDA-ECUADOR

2011

**EVALUACION DE PRACTICAS DE CONSERVACION Y SISTEMAS
LABRANZA EN EL CULTIVO DE MAIZ DURO (*Zea mays L.*) EN LA
MICROCUENCA DEL RÍO ALUMBRE, CANTON CHILLANES,
PROVINCIA BOLIVAR-ECUADOR.**

REVISADO POR:

**DR. FERNANDO VELOZ. *M.Sc.*
DIRECTOR DE TESIS**

**ING. CARLOS MONAR B. *M.Sc.*
BIOMETRISTA**

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN DE TESIS:**

**ING. AGR. NELSON MONAR. *M.Sc.*
AREA TÉCNICA**

**ING. ADOLFO BALLESTEROS. *M.Sc.*
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación que es el fruto de esfuerzo y perseverancia dedico a Dios por llenarme de salud y vida el mismo que me ha guiado por el sendero del saber.

Expreso mis más puros sentimientos a las personas más importantes del mundo, mis Padres: Juan y María, quienes con esfuerzo y sacrificio supieron guiarme por el camino del bien y apoyarme incondicionalmente con ejemplo y amor.

A mis queridos hermanos con quienes he compartido momentos de felicidad y tristezas y los que han contribuido para mi desarrollo emocional e intelectual.

A mí amada hija Cristina Farinango, por los momentos en que no pudimos estar juntos, ya que ella ha sido mi fortaleza en los momentos más difíciles y el motivo de inspiración para seguir adelante y cumplir metas anheladas.

A mis queridos sobrinos: Camila y Anddy los más traviesos.

ROSA

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal de Bolívar, de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agronómica, a todos los Docentes que supieron compartir su conocimiento con sapiencia que fue la base fundamental para formarme como profesional.

Agradezco de manera especial al Dr. Fernando Veloz Director de Tesis y al Ing. Carlos Monar Biometrista, por su constante apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Al Ing. Nelson Monar e Ing. Adolfo Ballesteros, Miembros del Tribunal de Tesis por su valioso aporte. Y a todos aquellos profesionales, agricultores y amigos que estuvieron siempre pendientes de este trabajo.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Proyecto “Manejo de recursos naturales basado en cuencas hidrográficas en agricultura de pequeña escala: el caso de la subcuenca del río Chimbo” Del Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación Sobre Agricultura Sostenible y Manejo de Recursos Naturales SANREM-CRSP-INIAP, financiado por la Agencia Internacional de Desarrollo de Estados Unidos (USAID).

Al Dr. Víctor Barrera Coordinador Regional de Proyecto SANREM-CRSP-INIAP, por brindarme confianza y dotarme de conocimientos técnicos; Al Ing. Luís Escudero Coordinador Provincial del Proyecto SANREM-CRSP-INIAP por sus valiosos consejos y ayuda para la realización de esta tesis.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION LITERATURA.....	3
2.1. Cultivo de maíz duro (<i>Zea mays L.</i>).....	3
2.1.1. Origen del maíz.....	3
2.1.2. Clasificación Taxonómica.....	3
2.1.3. Descripción Botánica.....	4
2.1.3.1. Planta.....	4
2.1.3.2. Raíz.....	4
2.1.3.3. Tallo.....	4
2.1.3.4. Hojas.....	5
2.1.3.5. Flores.....	5
2.1.3.6. Fruto.....	5
2.1.4. Ciclo Vegetativo.....	6
2.1.6. Semilla.....	6
2.1.7. Requerimientos básicos de clima.....	6
2.1.7.1. Pluviométrica.....	7
2.1.7.2. Riegos.....	7
2.1.8. Selección y preparación de suelos.....	7
2.1.8.1. Selección.....	7
2.1.8.2. Preparación.....	8
2.1.8.3. Labranza Convencional.....	8
2.1.8.4. Labranza Reducida.....	9
2.1.9. Siembra.....	10
2.1.9.1. Épocas de Siembra.....	10
2.1.10. Sistemas y densidades de siembra.....	11
2.1.10.1. Sistemas.....	11
2.1.10.2. Densidades.....	11
2.1.11. Fertilización química.....	11
2.1.12. Tipo de suelo.....	12

2.1.13.	Pendiente.....	12
2.1.14.	Manejo del cultivo.....	13
2.1.14.1.	Control de malezas.....	14
2.1.14.2.	Control cultural.....	14
2.1.14.3.	Control mecánico.....	14
2.1.14.4.	Control químico.....	15
2.1.15.	Plagas comunes y su control.....	15
2.1.15.1.	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	15
2.1.15.2.	Barrenador del tallo (<i>Diatraea spp</i>).....	16
2.1.15.3.	Falso medidor, langosta o gusano ejército (<i>Mocislatipes sp</i>)....	16
2.1.12.2.	Gusano cortador (<i>Agrotis ipsilon</i>).....	16
2.1.15.5.	Gusano de la mazorca (<i>Heliothis zea</i>).....	17
2.1.15.6.	Áfidos o pulgones (<i>Rhopalosiphum maidis</i>).....	17
2.1.16.	Control cultural.....	17
2.1.17.	Control Biológico.....	18
2.1.18.	Control mecánico.....	18
2.1.19.	Control químico.....	19
2.1.20.	Enfermedades y su control.....	19
2.1.20.1.	Mancha de asfalto (<i>Phyllachora maidis</i>).....	19
2.1.20.2.	Royas del maíz (<i>Puccinia sorghi</i>).....	19
2.1.20.3.	Mancha foliar (<i>Leptosphaeria michotii</i>).....	20
2.1.20.4.	Tizón foliar (<i>Helminthosporium maidis</i>).....	20
2.1.20.5.	Antracnosis foliar (<i>Collectotrichum graminicola</i>).....	20
2.1.20.6.	Pudrición de mazorca por <i>Gibberella</i> y <i>Fusarium</i> <i>graminearum</i>).....	21
2.1.21.	Cosecha	21
2.1.22.	Almacenamiento.....	22
2.2	Conservación de Suelos.....	22
2.2.1.	Buenas Prácticas de Manejo de Suelo.....	22
2.2.2.	Agricultura de conservación.....	23
2.2.3.	Sistema de cultivo.....	23
2.2.4.	Sistemas de producción.....	24

2.2.4.1.	Sistemas de producción agropecuaria.....	24
2.2.4.2.	La clasificación de los sistemas de producción agropecuaria de las regiones en desarrollo.....	25
	• Componentes.....	25
	• Interacción entre componentes.....	25
	• Entradas y salidas.....	25
	• Límites.....	25
	• Estructura y función.....	26
2.2.5.	Factores sociales y económicos que influyen en la erosión.....	26
2.2.5.1.	Análisis del índice de capitales.....	26
	Capital cultural.....	26
	Capital financiero.....	27
	Capital físico.....	27
	Capital humano.....	28
	Capital natural.....	28
	Capital político.....	29
	Capital social.....	29
2.2.6.	Prácticas de conservación de suelos.....	30
2.2.6.1.	Zanjas de desviación.....	30
2.2.6.2.	Rotación de cultivo.....	30
2.2.7.	Tipos de Labranza.....	31
2.2.7.1.	Labranza cero.....	31
2.2.7.2.	Labranza mínima.....	31
2.2.7.3.	Labranza convencional.....	32
2.2.8.	La Degradación de los Suelos.....	32
2.2.8.1.	Degradación física.	32
2.2.8.2.	Degradación química.	32
2.2.8.3.	Degradación biológica.	32
2.2.9.	Principales factores de degradación de los suelos.....	33
2.2.9.1.	Salinización del suelo.....	33
2.2.9.2.	La acidificación.....	33

2.2.9.3. Compactación.....	34
2.2.10. La erosión.....	34
2.2.10.1. Tipos de erosión.....	35
2.2.10.1.1. Erosión Hídrica:.....	35
2.2.10.1.2. Erosión Eólica.....	35
2.2.10.1.3. Erosión biológica.....	35
2.2.10.2. El hombre como agente erosivo.....	36
2.2.10.3. El exceso de la población.....	36
2.2.10.4. Tamaño de la finca.....	37
2.2.10.5. El nivel de conocimiento.....	37
2.2.11. Propiedades del suelo.....	38
2.2.11.1. Las propiedades físicas.....	38
2.2.11.2. Las propiedades químicas.....	38
2.2.11.3. Las propiedades biológicas.....	38
2.2.12. Características biológicas el suelo.....	39
2.2.12.1. Contenido de materia orgánica en el suelo.....	39
2.2.12.2. Fauna biológica del suelo.....	39
2.2.13. Características físicas de los suelos.....	40
2.2.13.1. Textura.....	40
2.2.13.2. Estructura.....	40
2.2.13.3. Densidad.....	41
2.2.13.4. Porosidad del suelo.....	41
2.2.14. Características químicas de los suelos.....	41
2.2.14.1. El pH del suelo.....	42
2.2.14.2. Salinidad.....	42
2.2.14.3. Acidez.....	42
2.2.14.4. Capacidad de Intercambio de cationes.....	43
2.2.14.5. Contenido de nutrientes.....	43
2.2.14.6. Solución del suelo.....	44
2.2.15. Relación Carbono Nitrógeno.....	44

2.2.16.	Índice de Nitrógeno.....	45
2.2.17.	Metodologías aplicadas para análisis del suelo.....	46
2.2.17.1.	Tipos de análisis de suelos.....	46
	• Análisis Elemental.....	46
	• Análisis Completo.....	46
	• Análisis de Salinidad.....	47
	• Análisis Especiales.....	47
2.2.17.2.	Determinaciones Físicas y Químicas.....	47
2.2.17.2.1.	Determinación Física.....	47
	A) Determinación de la textura: Método Densimétrico (Bouyoucus).....	47
2.2.17.2.2.	Determinaciones Químicas.....	48
	• Determinación de la Acidez Intercambiable ($Al^{+3} + H^{+}$).....	50
	• Determinación de la Conductividad Eléctrica (C. E.).	51
	• Determinación de la Materia Orgánica del Suelo (Z. O. S.).....	52
	• Determinación de la Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C.).	52
	• Determinación del Nitrógeno Amoniacal.	53
	• Determinación del Nitrógeno Total.	54
	• Determinación de Fósforo.	54
	• Determinación del Potasio, Calcio y Magnesio.	55
	• Determinación de Micro-elementos (Cobre, Hierro, Manganeso Y Zinc).	55
III.	MATERIALES Y METODOS.....	57
3.1.	Materiales y equipos.....	57
3.1.1.	Localización del ensayo.....	57
3.1.2	Características agroclimáticas.....	57
3.1.3.	Zona de vida.....	58
3.1.4.	Características edáficas.....	58
3.1.5.	Material experimental.....	58

3.1.6.	Materiales de campo.....	58
3.1.7.	Materiales y equipos de oficina.....	59
3.1.8.	Insumos agrícolas.....	59
3.2.	Métodos.....	59
3.2.1.	Factores en estudio.....	59
3.2.2.	Tratamientos en estudio.....	59
3.2.2.1.	Características del experimento.....	59
3.2.2.2.	Características del área experimental (Maíz duro).....	60
3.3.	Diseño experimental.....	60
3.4.	Análisis de varianza.....	61
3.5.	Análisis funcional.....	61
3.6.	Variables y métodos de evaluación.....	61
3.6.1.	Agronómicas.....	61
3.6.2.	Físicas de suelos.....	62
3.6.3.	Química de suelos y plantas.....	64
3.6.4.	Análisis biológicos del suelo.....	65
3.6.5.	Análisis económico.....	65
3.7.	Manejo específico del experimento de maíz duro.....	65
3.7.1.	Selección de lotes.....	65
3.7.2.	Análisis de suelo.....	66
3.7.3.	Trazado de zanjas.....	66
3.7.4.	Para el caso de maíz.....	66
3.7.4.1.	Preparación del suelo.....	66
3.7.4.2.	Fertilización química.....	66
3.7.4.3.	Siembra.....	67
3.7.4.4.	Tape.....	67
3.7.4.5.	Labores Culturales.....	67
3.7.4.6.	Control de plagas.....	67
3.7.4.7.	Cosecha y clasificación.....	68

IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
4.1.	Volumen de agua (VA).....	69
4.2.	Densidad aparente.....	70
4.3.	Humedad Gravimétrica.....	72
4.4.	Compactación.....	73
4.5	Rendimiento de grano.....	76
4.6.	Extracción de nutrientes por las diferentes partes de la planta.....	78
4.7.	Extracción total de nutrientes.....	80
4.8	Absorción de nitrógeno en las diferentes partes de la planta de maíz....	82
4.9	Análisis de Índice de Nitrógeno.....	83
4.9	Macrofauna en el suelo.....	89
4.10	Análisis económico de Presupuesto Parcial.....	90
V.	CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.....	91
5.1.	CONCLUSIONES.....	91
5.2.	RECOMENDACIONES.....	93
VI.	RESUMEN Y SUMMARY.....	94
6.1.	RESUMEN	94
6.2	SUMMARY.....	96
VII	BIBLIOGRAFÍA.....	98

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.	PAG.
1	Tipos de pendientes, clase y rangos en porcentaje..... 12
2	Suelo perdido según el cultivo de acuerdo a la pendiente.....13
3	Métodos y Extractantes utilizados en la determinación física y química de los elementos extraídos del análisis químico de suelos.....56
4	Ubicación Política y Geográfica.....57
5	Características Agroclimáticas de las Comunidades.....57
6	Taxonomía de suelos en las comunidades en estudio.....58
7	Descripción de los tratamientos..... 60
8	Esquema del Análisis de la varianza..... 61
9	Prueba de Tukey al 5% para Da de 0 a 10 Cm de profundidad en diferentes períodos de evaluación. Chillanes. 2010.....70
10	Prueba de Tukey al 5% para Da de 11 a 20 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.....70
11	Prueba de Tukey al 5% para humedad gravimétrica de 0 a 10 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.....72
12	Prueba de Tukey al 5% para humedad gravimétrica de 11 a 20 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.....72
13	Prueba de Tukey al 5% para compactación de suelos de 0 a 10 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.....73
14	Prueba de Tukey al 5% para compactación de suelos de 11 a 20 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.....74
15	Prueba de Tukey al 5% para compactación de suelos de 21 a 30 Cm. de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.....74

16	Prueba de Tukey al 5% para compactación de suelos de 31 a 40 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.....	75
17	ADEVA para rendimiento de grano de maíz al 13% de humedad, en la microcuenca del río Alumbre. Chillanes. 2010.....	76
18	Efecto principal para factor A (zanjas) en la variable rendimiento maíz en Kg/ ha al 13 % de humedad. Chillanes. 2010.....	76
19	Efecto principal para factor B (tipos de labranza) en la variable rendimiento maíz en Kg/ ha al 13 % de humedad. Chillanes. 2010.....	76
20	Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de rendimiento de maíz al 13% de humedad. Chillanes. 2010.....	77
21	Prueba de Tukey al 5% y promedios para Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S por la planta de maíz I-176. Chillanes. 2010.....	79
22	Prueba de Tukey al 5% y promedios para Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S por el grano de maíz I-176. Chillanes. 2010.....	79
23	Prueba de Tukey al 5% y promedios para Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S por la tusa de maíz I-176. Chillanes. 2010.....	79
24	Absorción total de nutrientes por la planta de maíz I. 176. Chillanes. 2010.....	80
25	Absorción de nitrógeno en la planta de maíz, promedio de seis localidades .Chillanes. 2010.....	82
26	Análisis económico de presupuesto parcial para los tratamientos de prácticas de conservación y sistemas de labranza. Microcuenca del Río Alumbre, provincia Bolívar-Ecuador. 2011.....	90

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		PAG.
1	Volumen de agua mensual (mm) durante el ciclo de cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.....	69
2	Respuesta de los tratamientos al Índice de Nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176.....	83
3	Respuesta del tratamiento 1 (Con zanjas de desviación y labranza mínima en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.....	84
4	Respuesta del tratamiento 2 (Con zanjas de desviación y labranza cero en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.....	85
5	Respuesta del tratamiento 3 (Sin zanjas y labranza mínima en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.	86
6	Respuesta del tratamiento 4 (Sin zanjas y labranza cero en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.....	87
7	Macroorganismos del suelo encontrados en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.....	89

INDICE DE ANEXOS

ANEXO No.

- 1 Mapa de la microcuenca del Río Alumbre**
- 2 Base de datos de la investigación**
- 3 Análisis químico- de suelos de las investigaciones**
- 4 Análisis foliares del cultivo de maíz duro INIAP-176 en las investigaciones implementadas**
- 5 Fotos que respaldan la investigación**
- 6 Glosario de términos técnicos**

I. INTRODUCCION

El proyecto “Manejo integrado de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala con base a cuencas hidrográficas: El caso de la subcuenca del río Chimbo” es un esfuerzo con enfoque holístico para facilitar los procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I), orientada al mejoramiento y sostenibilidad de los sistemas de producción que se encuentran localizados en las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, las mismas que son parte de la subcuenca del río Chimbo y de esta manera contribuir a un desarrollo sustentable en el ámbito social, cultural, físico, financiero-económico y ambiental.

De acuerdo al estudio de línea base realizado al inicio de este proyecto podemos mencionar que los sistemas de producción prevalentes en la microcuenca del río Alumbre son maíz suave-trigo en la zona alta y maíz duro-fréjol en la zona (INIAP. 2007).

La microcuenca del río Alumbre situada en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes con pendientes superiores al 50% al igual que los sistemas de producción prevalentes de la zona determinan el alto grado de vulnerabilidad, riesgo social y económico que se deriva como consecuencia del manejo inadecuado del capital natural y efectos del cambio climático. Para contribuir a la sustentabilidad del suelo, la agricultura de conservación en condiciones de ladera, la eficiencia de los nutrientes y en particular del nitrógeno, el proyecto ha implementado en las fincas de los productores prácticas de agricultura de conservación que son alternativas tecnológicas que se ajustan a las condiciones agro-socio-económicas de los pequeños productores/as de la microcuenca del Río Alumbre.

A pesar de estos avances, no se ha medido el efecto de éstas sobre la productividad de los sistemas de producción en relación a las características físicas, químicas y biológicas del suelo a mediano y largo plazo, siendo necesario

cuantificar no solamente en la parte agronómica de los sistemas, sino en su totalidad las diferentes prácticas que permiten conservar y mantener el suelo en su sitio, midiendo y cuantificando los niveles de escorrentía, evaluando el efecto de las zanjas de desviación de aguas, la labranza reducida y la rotación de cultivos: pasto-maíz duro-Avena Vicia y pasto-maíz duro-frejol arbustivo.

Este trabajo de tesis se constituyó en una de las actividades de mayor importancia del proyecto que nos permita tener un conocimiento tangible de las acciones de conservación de suelos implementadas. Los objetivos de esta investigación fueron:

- Evaluar a corto y mediano plazo el efecto de dos prácticas de conservación de suelos: zanjas de desviación de agua y labranza reducida sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Determinar el efecto de las Buenas Prácticas de Manejo del Suelo sobre el rendimiento de maíz duro y materia seca del maíz
- Realizar un análisis económico de la implementación de buenas prácticas de manejo del suelo.

II. REVISION LITERATURA

2.1. Cultivo de maíz duro (*Zea mays L.*)

2.1.1. Origen del maíz

El maíz constituye una aportación de las culturas precolombinas al mundo. En la actualidad se acepta que es originario de América, concretamente de la zona situada entre la mitad del sur de México y el sur de Guatemala. Sus registros fósiles más antiguos, encontrados en la ciudad de México, consisten en muestras de polen de un maíz primitivo y tienen entre sesenta y ochenta mil años de antigüedad las primeras mazorcas se encontraron en Tehuacán (México) y datan de hace aproximadamente siete mil años. Estas mazorcas eran muy delgadas y pequeñas (unos 2.5 cm de longitud), estaban protegidas solamente por un par de hojas. En Sudamérica las pruebas arqueológicas de la transformación del maíz son más recientes y escasas; se localizan principalmente en las zonas costeras del Perú. A partir de estas áreas, el cultivo de maíz fue extendiéndose, primero a América del Norte y, tras la llegada de Colón al continente, y al resto del mundo (Verissimo, L. 1999).

2.1.2. Clasificación Taxonómica

División:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledóneas
Subclase:	Macrantineas
Orden:	Graminales
Familia:	Gramínea
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>mays</i>

(Garcés, N. 1987)

2.1.3. Descripción Botánica

2.1.3.1. Planta

Es una planta de tallo erguido, macizo y hueco. La altura es muy variable desde 0.60 a 2.4 m, también se puede indicar que en la provincia Bolívar la variedad Guagal llega a medir hasta 5 m de altura. A diferencia de los demás cereales, es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias, masculina y femenina, se ubican separadas dentro de una misma planta; esto determina además que su polinización sea fundamentalmente cruzada (Brizuela, L.B. 1999).

2.1.3.2. Raíz

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen raíces de los nudos a nivel del suelo, ocurre en aquellas raíces secundarias o adventicias. Las 4 o 5 raíces se desarrollan inicialmente a partir de la semilla (raíces primarias) solo son funcionales durante los primeros estadios de desarrollo (Verissimo, L. 1999).

2.1.3.3. Tallo

La planta, de maíz presenta un tallo principal, que alcanza la superficie del suelo al estado de quinta hoja; a partir de la sexta hoja se inicia un rápido crecimiento del tallo en altura, el que se manifiesta especialmente a través de la elongación de los entrenudos inferiores. Al estado de ocho hojas es posible apreciar a simple vista, en el extremo apical del tallo, los primeros indicios de la panoja. El tallo puede crecer hasta 4 m. e incluso más en algunas variedades. Los tallos son muy robustos, y dependiendo de la precocidad del cultivar pueden alcanzar entre 12 y 24 nudos aéreos (Aldrich, S. 2000).

2.1.3.4. Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. Su color usual es verde, se puede encontrar hojas rayadas de blanco y verde o verde y púrpura, por deficiencia de nutrientes. El número de hojas por planta varía entre 8 a 25 (Parsons, D. 1998).

2.1.3.5. Flores

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. Las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas y están agrupadas en una espiga rodeada de largas brácteas. A esta espiga se le llama mazorca (Lafitte, H. 1994, CIMMYT. 1994).

2.1.3.6. Fruto

La mazorca o fruto, está formado por una parte central llamado zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varios centenares por cada mazorca. El zuro, o corazón, representan del 15 al 30 % del peso de la espiga. La fecundación de las flores femeninas pueden suceder mediante el polen de las panojas de la misma planta o de otras plantas, el fruto y la semilla forman un solo cuerpo que tienen la forma de un cariósido brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente como granos dentro del fruto que es el ovario maduro se encuentran las semillas (óvulos fecundados y maduros), la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen y pesa aproximadamente 0.3 g (Garcés, N. 1987).

2.1.4. Ciclo Vegetativo

El ciclo vegetativo del maíz empieza con la nacencia, de unos 6 a 8 días de duración y comprenden desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo. Una vez el maíz ha germinado, empieza el periodo de crecimiento en el cual aparece una nueva hoja cada tres días, si las condiciones de clima son normales a los 20 días de la nacencia, la planta deberá tener 5 a 6 hojas, alcanzándose su plenitud foliar dentro de cuatro o cinco semanas. Se considera como la fase de floración en el momento en que la panoja formada en el interior del tallo se encuentre emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos, la emisión del polen suele durar en función de la temperatura y de la disponibilidad hídrica, unos 8 o 10 días (Verissimo, L. 1999).

2.1.6. Semilla

La elección de una semilla de calidad se inicia en el campo con la selección de plantas que reúnan características como, buena sanidad, de mediana altura de la inserción de la mazorca, mazorcas bien desarrolladas posteriormente, bien formadas, hileras y granos uniformes en los que se debe eliminar los granos de la punta y de la base de la mazorca (INIAP, 1 993). Luego esta semilla debe ser desinfectada Captan 80 %, Vitavax 40 %, Zineb 75 %; Semevin 85 %, la aplicación debe realizarse de acuerdo a las instrucciones que imparte el producto (Mederos, D. 1994).

2.1.7. Requerimientos básicos de clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Necesita bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes

minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C (Aldrich, S.R. 2000).

2.1.7.1. Pluviometría

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en un contenido de 40 a 65 cm.

2.1.7.2. Riegos

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y surcos. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua si mantienen una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Pitty, A. 2002).

2.1.8. Selección y preparación de suelos

2.1.8.1. Selección

Los peores suelos para el maíz son los excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros, por su facilidad para inundarse y los segundos por su propensión a secarse excesivamente. En regiones de clima frío y con fuertes precipitaciones, los suelos relativamente ligeros son preferibles por su facilidad para drenar y alta capacidad para conservar el calor. En lugares de escasas precipitaciones, los suelos de textura relativamente pesada (arcillosos)

dotados de alta capacidad relativa para retener el agua, son los más convenientes. En general los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura franca, fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua (Pitty, A 2002).

2.1.8.2. Preparación

Una adecuada preparación del suelo, ayuda a controlar malezas, enriquecer el suelo incorporando rastrojos, mejora la permeabilidad y permite una buena germinación de la semilla. La práctica de arar todos los años a igual profundidad produce compactación del suelo, justo por debajo de la profundidad a que se efectúa la arada; esto reduce en forma notable el crecimiento de las raíces y el movimiento del agua en el suelo (Pitty, A. 2002).

2.1.8.3. Labranza Convencional

Existen productores que practican varias modalidades de preparación de suelo de acuerdo al terreno, oportunidad financiera y disponibilidad de maquinaria y equipo. Algunas de estas tres modalidades son:

a).- Una (1) arada, dos (2) pases de rastra y siembra con maquinaria (alta tecnología). b).- Una (1) arada, dos (2) pases de rastra con tractor y surcado con bueyes (tecnología intermedia). c).- Una (1) arada, 1 o 2 cruzadas y surcado con bueyes (tecnología de costo reducido).

Las ventajas fundamentales de la labranza convencional son: a.- Control de malezas. b.- Control de algunas plagas c.- Garantizar una rápida y uniforme emergencia del cultivo. Como Desventajas podemos mencionar: a.- Una mayor proporción de la superficie de la tierra está formada por surcos de riego/drenaje/paso y, por lo tanto, no se siembra. Por ello, la completa cobertura del suelo se demora comparada con la siembra de toda la superficie. Esto podría dar lugar a una reducción del rendimiento de hasta un 20 %, sobre todo en cultivos de corta duración, b.- Hay un costo inicial para la preparación del suelo y

ocasionalmente para su mantenimiento entre cultivos sucesivos; si bien no es necesaria maquinaria especializada muy costosa, el trabajo consume tiempo y esfuerzos, c.- No todas las variedades de maíz están adaptadas a la siembra en camas y d.- Algunas tienen menores rendimientos que cuando se cultivan con métodos convencionales (Suquilanda, M. 1996).

2.1.8.4. Labranza Reducida

Este sistema se recomienda en aquellas regiones en donde la precipitación es baja o con mala distribución y en aquellos lugares donde no es posible utilizar maquinaria agrícola, ya sea porque son suelos con mucha pendiente o no existe maquinaria. La forma más rentable consiste en hacer una chapia y luego aplicar Gramoxone (2 litros por hectárea) más Gesaprin 80 (1,5 kg. por hectárea) antes que el cultivo emerja (Lafetti, M. 2002).

Investigaciones realizadas en otros países señalan algunas ventajas que presenta el sistema de labranza reducida.

- Rendimientos más altos.
- Costos de producción reducidos.
- Mejor retención del agua.
- Menor erosión.
- Siembras en épocas sin considerar relativamente húmedas pues se pueden realizar siembras tempranas y obtener mejores cosechas.
- Buena aireación y desarrollo radicular, sin alterar las condiciones del terreno, permitiendo la formación de canales internos por acción de procesos biológicos y naturales (acción de lombrices, gusanos, raíces dilatación o contracción del suelo debido a cambios en su estado de humedad, etc.) (Suquilanda, M. 1996).

2.1.9. Siembra

La época de siembra, depende de la zona y la variedad que va a ser utilizada. En forma general las siembras se inician con el advenimiento de las lluvias, las mismas que comienzan en el mes de Septiembre y Octubre. La siembra en unicultivo se puede realizar en surcos separados a 0.80 m se deposita tres semillas de maíz cada 0.50 m por cada sitio. Ralea cuando las plantas tengan 12 a 20 cm. En siembras asociadas con fréjol los surcos deben realizarse a 1 m y sembrar tres semillas de maíz y dos de fréjol por sitio cada 0.80 m (Monar, C. 2000).

Para asegurar una población uniforme, la profundidad de siembra debe ser suficiente para que la semilla encuentre adecuada humedad para germinar, pero no tanto como para que la planta no pueda salir, bajo condiciones húmedas se recomienda una profundidad desde 2.5 cm en suelos pesados hasta 5 cm, en suelos livianos, bajo condiciones secas con una profundidad de 5 cm, en suelos pesados hasta 9 cm, en suelos livianos, realizar la siembra más profundamente a la entrada de verano que a la entrada de invierno (Stansly, A. 1998).

En el maíz, la densidad de siembra está determinada por la fertilidad del suelo, la cantidad de humedad disponible en el suelo, el objeto para que se siembra, la variedad que se cultive y el porcentaje de germinación (Reyes, R. 1995).

2.1.9.1. Épocas de Siembra

En la provincia de Bolívar la época de siembra depende de la zona agroecológica, la época de siembra se inicia en noviembre y puede extenderse hasta el mes de marzo (Monar, C. 2000).

En climas templados se siembra después de las heladas, en climas semiáridos, se siembra al inicio de la estación lluviosa. En ambos casos se debe esperar que la temperatura del suelo alcance 10°C (Parsons, D. 1998).

2.1.10. Sistemas y densidades de siembra

2.1.10.1. Sistemas

En las regiones maiceras del país, principalmente la Costa Norte, Centro Oriental, Sur Oriental, Zona Central y parte del Occidente. Los pequeños productores hacen la mayor parte de la siembra en forma manual, bajo la modalidad de labranza convencional. En cambio los medianos y grandes productores generalmente utilizan sembradoras mecánicas. Los productores de ladera, donde se usa la cero labranza o labranza mínima, realizan la siembra en cuadro o en hileras, en forma manual, utilizan el chuzo o espeque (Brizuela, L. 1999).

2.1.10.2. Densidades

La densidad de población por unidad de área depende de varios factores. Entre los más importantes están los siguientes: fertilidad del suelo, humedad disponible, porcentaje de germinación y características agronómicas de la variedad. En zonas donde los suelos son fértiles y la lluvia es abundante, deberá sembrarse una mayor cantidad de semilla que en los suelos medianamente pobres y con lluvias escasas y erráticas. Las variedades mejoradas soportan mayor densidad de población en comparación con las variedades criollas. Al sembrar, con maquinaria es importante una buena calibración del equipo de siembra con la finalidad de obtener la población deseada. Además el grano debe quedar a una profundidad de 5 cm para que tenga la suficiente humedad para germinar (Brizuela, L. 1999).

2.1.11. Fertilización química

El cultivo de maíz es muy exigente para su crecimiento y desarrollo, requiere de nitrógeno (urea), fósforo (superfosfato simple o superfosfato triple), potasio (muriato de potasio), Azufre (sulpomag), magnesio, calcio y entre otros. Los suelos maiceros de la provincia Bolívar, debido a su deficiente uso y manejo, cultivos extensivos, monocultivo, son pobres en su contenido de nitrógeno,

fósforo y azufre. Para realizar una fertilización adecuada es necesario el análisis químico del suelo, una recomendación general es la aplicación de 80-40-20-20 Kg/ha de N - P - K - S (Monar, C. 2000).

2.1.12. Tipo de suelo.

La textura del suelo en el área del estudio es franco limoso con buen drenaje, nivel freático profundo, pH ligeramente ácido, sin salinidad y contenido medio de materia orgánica, la misma que indica según Holdrige L. se encuentra dentro del piso bosque húmedo montano bajo (b.h.M.B.), y bosque húmedo pre montano (b.h.P.M.).

2.1.13. Pendiente.

Normalmente se podría esperar que aumente la erosión al aumentar la inclinación y la longitud de la pendiente, como resultado del incremento de la velocidad y volumen de la escorrentía superficial, ya que en un terreno en pendiente más partículas de suelo son salpicadas pendiente abajo que pendiente arriba, aumentando la proporción en función de la pendiente (Morgan, R. 1996).

Cuadro 1. Tipos de pendientes, clase y rangos en porcentaje.

Clase	Rango (%)	Tipos de pendientes
1	0-5	Pendientes planas
2	5-12	Pendientes ligeramente onduladas
3	12-25	Pendientes medianamente ondulada
4	25-50	Pendientes onduladas
5	50-70	Pendientes fuertes
6	>70	Pendientes extremadamente fuertes

Fuente: FAO. 2008

La erosión se da principalmente en las zonas con pendiente, mientras mayor sea el ángulo de inclinación, mayor será la erosión del suelo, el agua se va comiendo poco a poco las capas fértiles de tierra. Otra causa que hoy es más controlable, es el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes, al igual que el abandono de las tierras. Es muy severa la erosión a lo largo de las fronteras agrícolas, pero a

tiempo se disminuyó su expansión, se pudo controlar los incendios que promovían el desbroche en los bosques tropicales y en los páramos. Los agricultores tomaron medidas en contra de la erosión del suelo, y capacitaron para controlar la erosión a los sectores agrícolas a los que no tenían el conocimiento necesario, y se empezaron a trabajar las tierras abandonadas para aumentar su fertilidad, en el cuadro 2 se puede notar la pérdida de suelo en función de la pendiente y sistema de producción (Morgan, R. 1996).

Cuadro 2. Suelo perdido según el cultivo y de acuerdo al pendiente

Cultivo	Pendiente %	Lámina perdida (mm)	Densidad aparente (da)	Suelo perdido T/ha/año
Sin cobertura	5	9,4	1,10	103,40
Sin cobertura	10	14,5	1,11	160,95
Fréjol voluble	2	6,7	1,07	71,69
Fréjol voluble	10	8,4	1,04	87,36
Maíz	7	7,0	0,99	69,30
Maíz	15	11,5	1,18	135,70
Frutales	5	6,6	1,06	69,96
Frutales	4	1	0,89	8,90

Fuente: FAO. 2008

2.1.14. Manejo del cultivo

Muchas prácticas de manejo general del cultivo afectan la respuesta al mejor manejo de nutrientes:

- Usar semillas de buena calidad de una variedad apropiada de alto rendimiento.
- Escoger una adecuada densidad de siembra para establecer una eficiente cobertura.
- No permitir que las malezas compitan con las plantas de maíz por espacio, agua, luz o nutrientes (Witt, C. 2002).

2.1.14.1. Control de malezas

Las malezas compiten con el maíz por espacio, luz y nutrientes lo cual ocasiona pérdidas económicas ya que disminuye el rendimiento, merma la calidad del producto y dificulta las labores de cosecha. Las malezas además, albergan insectos y enfermedades que atacan al maíz y obligan al agricultor a gastar más dinero en controles fitosanitarios. Por esto el control de malezas es uno de los factores importantes para una mayor producción de maíz. El control de malezas se consigue integrando los siguientes métodos: culturales, mecánicos y químicos (Gabela, F. 1990).

2.1.14.2. Control cultural

El control cultural se realiza mediante un adecuado manejo del terreno; esto es, practicando rotación de cultivos, método que interrumpe los ciclos vegetativos de las malezas; arando el terreno en descanso antes de que las malezas inicien la floración y usando semilla certificada libre semillas de malas hierbas. La labor de arada en los terrenos en descanso impide la proliferación de semillas de malezas, las destruye y mejora las condiciones del suelo al incorporar materia orgánica (Gabela, F. 1990).

2.1.14.3. Control mecánico

El control mecánico, consiste en extraer las malezas del suelo para causar su secamiento o cubrirlas con tierra para asfixiarlas, sin causar daño al cultivo. El control mecánico (deshierba en nuestro medio), generalmente se realiza con azadón o con lampa, sobre todo en pequeñas extensiones de terreno. En extensiones grandes se debe utilizar cultivadoras haladas por tractor o por bueyes, ajustados de manera que extraigan las malezas que se encuentran entre los surcos y, al mismo tiempo, cubran con tierra las del surco.

En la mayoría de los sectores de la sierra, se necesita de dos o tres deshieras durante el ciclo del cultivo. La primera deshierba debe realizarse lo más pronto

posible, entre 15 y 20 días de la siembra, antes de que las malezas inicien la competencia con el cultivo y sean difíciles de eliminar. La segunda deshierba coincide con el medio aporque (chicta) cuando el cultivo tiene 20 a 30 cm de altura ósea entre 30 y 40 días después de la siembra, luego de la aplicación de la segunda aplicación de nitrógeno. Si es necesario debe hacerse una tercera deshierba cuando el cultivo tenga de 70 a 80 cm de altura, o entre 60 a 70 días de la siembra. Esta labor coincide con el aporque definitivo que suele realizarse en ciertas localidades (Cárdenas, J. 1990).

2.1.14.4. Control químico

Consiste en utilizar herbicidas (matamalezas) como complemento a los métodos culturales y mecánicos de control. En este caso, la aplicación del herbicida, reemplaza la primera deshierba, que es la más importante. Una correcta aplicación de herbicidas, mas las labores de medio aporque (en ciertos lugares) permiten un control de malezas muy satisfactorio durante todo el ciclo del cultivo. Para obtener los mayores beneficios de los herbicidas es importante seguir las recomendaciones, especialmente en lo relacionado a dosis y épocas de aplicación. Para aplicar la dosis correcta es necesario calibrar el aspersor para herbicidas. También se recomienda aplicar en horas de poco viento (generalmente en la mañana) para evitar que el producto sea llevado a otros cultivos a los cuales pueda causar daños (Cárdenas, J. 1990).

2.1.15. Plagas comunes y su control

2.1.15.1. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El cogollero es la plaga más común en los cultivos de maíz. Las larvas en sus primeros estadios raspan la superficie de las hojas, dando la apariencia de manchas blancas dispersas sobre la superficie de las mismas. Posteriormente las larvas se dirigen hacia el cogollo donde consume el tejido tierno de las hojas, siendo este el daño más importante. En la mazorca esta plaga se alimenta de los

estigmas después del grano; en algunos casos puede causar perforaciones en el tallo. Además, puede actuar como gusano trozador cortando las plántulas a nivel del suelo o, como gusano ejército causando defoliaciones severas en plantas desarrolladas (Mendoza, J. 1994).

2.1.15.2. Barrenador del tallo (*Diatraea spp*)

En los últimos años los perjuicios ocasionados por el barrenador del tallo, en algunas áreas maiceras del Ecuador, han afectado notoriamente la producción del cultivo. El adulto es una mariposa pequeña (20-25 mm de expansión alar) de color amarillo-pajizo. Los huevos son de coloración amarillenta, de forma ovalada y aplanada, dispuesto en masa de hasta 80 huevos, en forma imbricada (Mendoza, J. 1994).

2.1.15.3. Falso medidor, langosta o gusano ejército (*Mocislatipes sp*)

Esta plaga causa defoliaciones severas en el cultivo de maíz, particularmente cuando ocurren “veranillos” durante la época lluviosa. La presencia de esta plaga se caracteriza por una irrupción de la misma y un ataque masivo de larvas sobre el cultivo a manera de “ejército”. Los huevos de esta especie son de coloración verde oliva ligeramente elípticos, los cuales son ovipositados individualmente o en pequeños grupos sobre el cultivo o malezas (Mendoza, J. 1994).

2.1.12.2. Gusano cortador (*Agrotis ipsilon*)

Las larvas en sus primeros estadios se alimentan de las hojas que están cercanas al suelo y cuando están grandes cortan el tallo de las plántulas de maíz a nivel del suelo. Este daño lo realizan durante la noche y durante el día, se esconden en el suelo, cerca del sitio de alimentación (Ortega, A. 1997).

2.1.15.5. Gusano de la mazorca (*Heliothis zea*)

La mariposa efectúa la postura en forma individual sobre los pelos o estilos de la mazorca. Los huevos son esféricos con estrías longitudinales, de coloración amarillo-pálido. Después de la eclosión las larvas se alimentan inicialmente de los estilos y posteriormente de los granos situados en la punta de la mazorca; a veces penetran un poco más dejando un túnel lleno de excrementos. Además, las perforaciones que realizan las larvas favorecen la entrada de microorganismos que ocasionan la pudrición de la mazorca y, en otros casos, permiten la infestación de la mazorca con insectos de granos almacenados, tales como gorgojos y polillas. Este daño es más frecuente en mazorcas que presentan las puntas abiertas o poco compactas (Ortega, A. 1997).

2.1.15.6. Áfidos o pulgones (*Rhopalosiphum maidis*)

Estos insectos son de color verde-gris o verde azulado, a menudo viven en grandes colonias en ambas superficies de la hoja, del cogollo y en las partes ocultas y semiocultas de la espiga. Las ninfas son producidas partenogénicamente por hembras aladas o ápteras, desarrollándose una generación en el lapso de 8 a 10 días. El incremento de la población es favorecida por el periodo de tiempo seco. Los pulgones en todos los estadios chupan la savia de las partes atacadas de la planta, ocasionando un amarillamiento y retardo en el crecimiento. El daño que producen los pulgones causa ennegrecimiento del follaje debido al crecimiento de la fumagina. Los áfidos son una plaga de menor importancia y al igual que otras está sujeta al control biológico ejercido por predadores y parasitoides (Ortega, A. 1997).

2.1.16. Control cultural

- Siembras en labranza cero ayuda a reducir las poblaciones de cogollero.
- El maíz en siembras intercaladas con frejol presenta menos daño que cuando el maíz se siembra solo.

- Las altas precipitaciones y el riego por aspersión reduce las larvas de primer y segundo estadio.
- Evitar las siembras escalonadas.
- Destruir las malezas hospederas antes de la siembra.
- Cuidar y fertilizar bien el cultivo, ya que las plantas fuertes y vigorosas pueden tolerar más daño al follaje sin sufrir bajas significativas en el rendimiento (Secretaria de Recursos Naturales 1992).

2.1.17. Control Biológico

En la literatura se registran hongos entomófagos, bacterias, virus, parasitoides de las larvas que incluyen nematodos, chinches asesinos, tijeretas, hormigas y otros depredadores larvales importantes. En cuanto al uso de parásitos para el control del cogollero se ha encontrado tasas altas de parasitismo natural. La avispa (*Chelonus insularis*), presenta un porcentaje de parasitismo de 75%. El parásito ovífago, (*Telenomus remus*) su establecimiento en algunas zonas ha resultado en parasitismo de 60%, en zonas ha sido menos eficiente debido al uso indiscriminado de plaguicidas, también se recomienda el uso de (*Bacillus thuringiensis*) (Bt) en el control del cogollero. También se pueden usar las larvas de cogollero que se ven enfermas. Estas se recolectan, se machacan bien con agua y se cuelean. Después, esta mezcla se aplica con la bomba de mochila sobre las plantas (Mendoza, J. 1994).

2.1.18. Control mecánico

El control mecánico de las larvas ha sido usado por algunos productores al aplicar aserrín, tierra o arena fina, agua azucarada (como atracción de hormigas) al cogollo. Otra práctica es apretar el cogollo de las plantas afectadas y destruir las larvas (Mendoza, J. 1994).

2.1.19. Control químico

Cuando el muestreo revela daños arriba de los niveles críticos, se recomienda el uso de insecticidas comerciales selectivos, en las dosis correctas, utilizando equipo protector de aplicación. Cuando las plantas están pequeñas se recomiendan usar los siguientes insecticidas: Semevin, Larvin; Lorsban, Pyrinex; Sevin, Ravin; Hostathion; Curacrón; Decis 2.5 EC; Karate; Dipterex, Danex; Dimilin; Cero. El manejo integrado de plagas, la selección del insecticida, dosis, tiempo y forma de aplicación, deben ser cuidadosamente coordinados a fin de evitar perturbaciones ecológicas derivadas del mal uso de los mismos. El umbral económico sirve para identificar cuando y donde la aplicación de insecticidas es verdaderamente justificada (Mendoza, J. 1999).

2.1.20. Enfermedades y su control

2.1.20.1. Mancha de asfalto (*Phyllachora maidis*)

Esta enfermedad se presenta a veces en áreas relativamente frescas, pero húmedas de los trópicos, en las que está generalizada el tizón de la hoja causada por *Helminthosporium turcicum*. Primeramente se producen manchas brillantes y ligeramente abultadas, de color negro. En un estado posterior se desarrollan áreas necróticas alrededor de la “mancha de asfalto”. Estas lesiones necróticas pueden unirse y causar una quemadura completa del follaje. Las lesiones comienzan a desarrollarse en las hojas inferiores antes de la época de floración. Si el ambiente es favorable, la infección prosigue hacia arriba afectando incluso las hojas más jóvenes. Las mazorcas de las plantas afectadas son muy livianas con granos flojos (León, C. 1994).

2.1.20.2. Royas del maíz (*Puccinia sorghi*)

Esta enfermedad está ampliamente distribuida por todo el mundo. La roya común es más conspicua cuando las plantas se acercan a la floración. Puede ser

reconocida por las pústulas pequeñas y pulverulentas, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Las pústulas son de color café en los estadíos iniciales de la infección; más tarde la epidermis se rompe y las lesiones se tornan de color negro a medida que la planta madura. Las plantas del hospedante alterno (*Oxalis spp*) son infectadas frecuentemente, con pústulas anaranjado-claro. Este es simplemente otro estadío del mismo hongo (León, C. 1994).

2.1.20.3. Mancha foliar (*Leptosphaeria michotii*)

Esta enfermedad ha sido detectada en las zonas altas y húmedas. Otras especies de *Leptosphaeria* que producen síntomas diferentes en las hojas de maíz, se conoce también en otras regiones del mundo. Los síntomas consisten de lesiones pequeñas que se agrandan, se tornan concéntricas y cubren grandes porciones de las hojas. Es más conspicua en las hojas inferiores en la época de floración (León, C. 1994).

2.1.20.4. Tizón foliar (*Helminthosporium maidis*)

Las lesiones jóvenes son pequeñas y romboides. A medida que maduran se alargan, pero el crecimiento se ve limitado por las nervaduras adyacentes, de manera que la forma final de la lesión es rectangular (2 a 3 cm de largo). Las lesiones pueden fusionarse, llegando a producir la quemadura completa de un área foliar considerable. El tizón por *maidis* (o tizón sureño del maíz) está generalizado en las zonas maiceras calido-húmedas. Para causar infección, el hongo requiere temperaturas ligeramente más altas que *H. turcicum*; no obstante ambas especies se encuentran a menudo en una misma planta (León, C. 1994).

2.1.20.5. Antracnosis foliar (*Collectotrichum graminicola*)

Esta enfermedad es de importancia secundaria y rara vez se le encuentra en el maíz. Sin embargo, existe cierta información que indica su importancia creciente en ciertas áreas, en general los síntomas consisten en manchas pequeñas y

alargadas las cuales pueden fusionarse y dañar seriamente el follaje. Los tallos de las plantas jóvenes también pueden ser infectados (León, C. 1994).

2.1.20.6. Pudrición de mazorca por *Gibberella* y *Fusarium graminearum*).

Esta especie de hongos causa pudriciones de mazorca, pudriciones del tallo tizón en las plántulas. *Gibberella zeae* es más común en áreas frescas y húmedas y produce un color rojizo y rosado de los granos infectados, comenzando con los de la punta de la mazorca. *Gibberella fujikuroi* es conocida como la pudrición del grano por fusarium. Posiblemente es el patógeno más común de la mazorca del maíz en todo el mundo, tanto en ambientes calientes y húmedos, como en ambientes secos. En contraste con el daño producido por *Gibberella zeae*, el causado por *Gibberella fujikuroi* se circunscribe principalmente a granos individuales o áreas limitadas de la mazorca. Los granos infectados desarrollan un moho algodonoso y pueden germinar estando aun en la mazorca (germinación prematura). Cuando la infección es tardía, los granos muestran rayas en el pericarpio. Las mazorcas invadidas por barrenadores del tallo o gusano elotero generalmente son infectadas por *Gibberella fujikuroi*. Estos hongos producen compuestos orgánicos tóxicos para mamíferos y aves (León, C. 1994).

2.1.21. Cosecha

Muchos productores logran obtener cultivos de maíz agrónomicamente buenos, sin embargo, otros tipos de pérdida hacen que al final su actividad no sea rentable. Una de las causas de esas pérdidas se da cuando el productor no cosecha su maíz a tiempo, dejándolo en el campo y de esta forma la planta queda expuesto al volcamiento, al daño de roedores y pájaros; las altas precipitaciones inducen a pudriciones de mazorca y germinación de la semilla. Esto trae como consecuencia perdida por mala calidad del grano y a la vez un aumento en la concentración de micotoxinas con los consecuentes daños que estas sustancias producen. La humedad óptima para cosecha es cuando el grano ha alcanzado entre 22 y 24% de humedad (Aldrich, 2000).

2.1.22. Almacenamiento

Un mal almacenamiento del grano provoca pérdida de peso (10% del grano almacenado en la troja tradicional), calidad, capacidad alimentaria y consecuentemente reducción de ingresos, estas razones son reales por lo que existe la necesidad de familiarizarse con el secado y almacenamiento del grano, especialmente cuando se trata de pequeños productores que producen para subsistencia, aunque no menos importante es para el mediano y grande productor que almacena su maíz para venderlo después de un tiempo (Aldrich, S. 2000).

2.2 Conservación de Suelos.

El suelo es un recurso natural sumamente valioso para un país. Alguien lo ha calificado, como acierto, como el puente entre lo inanimado y lo vivo. El proceso de formación del suelo es lento. Sobre la roca, se forma a un ritmo de 1 cm cada 100 a 400 años, y se requieren 3000 a 12000 años para constituir tierra productiva (FAO, 1984).

2.2.1. Buenas Prácticas de Manejo de Suelo.

Es un conjunto de principios normas y recomendaciones técnicos aplicables a la producción y proteger el medio ambiente (Rodríguez. 1992).

Se pretende, con el manejo adecuado del suelo, mantener su fertilidad y estructura. Los suelos con elevada fertilidad proporcionan cultivos con altos rendimientos, buena cobertura vegetal, y como consecuencia, condiciones que permiten minimizar los efectos erosivos de la lluvia al caer, de la escorrentía y el viento.

Estos suelos presentan normalmente una estructura granular estable que no se deteriora por el cultivo, y elevada capacidad de infiltración. Por estas razones, la

fertilidad puede verse como un aspecto clave en la conservación de suelos (Urbano, P. 1997).

2.2.2. Agricultura de conservación

La Agricultura de Conservación es un sistema de producción agrícola sostenible que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las condiciones locales de cada región y a las exigencias del cultivo, cuyas técnicas de cultivo y de manejo de suelo evitan su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen al buen uso de los recursos naturales agua y aire, sin menoscabar los niveles de producción de las explotaciones (Cánovas, F. 1993).

El objetivo de la Agricultura de Conservación (AC) es lograr una agricultura sostenible y rentable y en consecuencia dirigida al mejoramiento del sustento de los agricultores mediante la aplicación de los tres principios de la AC: una perturbación mínima del suelo; cobertura permanente del suelo; y la rotación de cultivos. La AC ofrece un potencial enorme para toda clase de tamaño de fincas y sistemas agro-ecológicos. Sin embargo, su adopción es más necesaria para los pequeños productores. Sobre todo aquellos que sufren una escasez de ayuda de mano de obra. La AC combina una producción agrícola rentable con una protección del ambiente, y la sostenibilidad; y se ha mostrado capaz de funcionar en un amplio rango de zonas agro-ecológicas y sistemas de producción. Ha sido percibida por profesionales como una herramienta válida para el manejo sostenible de la tierra (Cánovas, F. 1993).

2.2.3. Sistema de cultivo

“Sistema de Cultivo”, es la organización técnica de la explotación agrícola. El sistema de cultivo como “la elección que hace el hombre, de los procedimientos mediante los cuales explota la naturaleza”. Distingue tres tipos en función del grado de artificialización para restablecer la fertilidad: el primero corresponde a un sistema de recolección (la naturaleza actúa sola), el segundo a un sistema de barbecho (uno o varios años de cultivo seguidos por un período sin cultivo) y el

tercero a un sistema de cultivo continuo. La referencia que hace del mantenimiento de la fertilidad incumbe realmente al agrónomo (Tayupanta, J. 1990).

2.2.4. Sistemas de producción

En forma general, se entiende por sistema a un arreglo de componentes físicos relacionados entre sí, de tal manera que forma y actúa como una unidad o un todo. En esta definición, las palabras arreglo y actúan definen dos características principales de cualquier sistema: la estructura y la función. Así, todo sistema presenta una estructura que está relacionada con el arreglo de los componentes que lo forman, y tienen una función, relacionada con la forma como actúa el sistema. Los componentes físicos son los elementos básicos del sistema y las relaciones entre ellos determinan la estructura y función del sistema. Un sistema de producción agropecuaria, se define como el conglomerado de sistemas de fincas individuales, que en su conjunto presentan una base de recursos, patrones empresariales, sistemas de subsistencia y limitaciones familiares similares; y para los cuales serían apropiadas estrategias de desarrollo e intervenciones también similares (Barrera, V. 2004).

2.2.4.1. Sistemas de producción agropecuaria

La caracterización de los principales sistemas de producción agropecuaria provee un marco en el cual se pueden definir tanto estrategias de desarrollo agrícola como intervenciones apropiadas. La decisión de adoptar estos amplios sistemas de producción inevitablemente genera un grado considerable de heterogeneidad al interior de un sistema en particular. Por lo tanto, se han identificado y cartografiado únicamente los principales sistemas de producción agropecuaria a fin de estimar la magnitud de su población y base de recursos (Ortega, J. 2004).

2.2.4.2. La clasificación de los sistemas de producción agropecuaria de las regiones en desarrollo

La base de recursos naturales disponible y la altitud es un factor determinante incluyendo gradiente; área predial, tenencia de la tierra y organización. El patrón predominante de actividades agrícolas y formas de subsistencia de los hogares agropecuarios, incluyendo cultivos, ganadería, forestaría, caza y recolección, procesamiento y actividades extra-prediales; y tomando en cuenta las principales tecnologías empleadas, que determinan la intensidad de la producción e integración de los cultivos, ganadería y otras actividades (Hart, 1990).

Elementos de un sistema tiene cuyo reconocimiento, debe ser el paso inicial para la conceptualización como tal:

- **Componentes**

Son los elementos básicos y están referidos al tipo y al número de componentes existentes en el sistema.

- **Interacción entre componentes**

Es la relación o grado de dependencia que existe entre los componentes.

- **Entradas y salidas**

Son los flujos que ingresan y egresan del sistema y se relaciona con la función del mismo.

- **Límites**

Este es uno de los elementos más difíciles de identificar, se relaciona con el tipo de interacción entre componentes y el nivel de control sobre

entradas y salidas. Es decir, cuando un flujo sale de un componente y entra en un conjunto de componentes.

- **Estructura y función**

La estructura señala el número, tipo e interacción entre componentes. Es decir, la cantidad básica que interactúa. La función de un sistema es el proceso de recibir entradas y producir salidas (Hart, 1990).

2.2.5. Factores sociales y económicos que influyen en la erosión.

2.2.5.1. Análisis del índice de capitales.

El enfoque de Capitales de la Comunidad, se fundamenta en tres corolarios fundamentales: el primero, que todas las comunidades sean rurales, aisladas o pobres disponen de recursos y que cuando esos recursos o activos se invierten para crear nuevos recursos, allí toman la categoría de capitales; el segundo, que para generar bienestar en las familias se requiere que exista un balance entre los capitales disponibles y que este balance se alcanza; y el tercer corolario, cuando se consideran a todos los capitales con el mismo grado de importancia para la generación de bienestar. Además, Flora *et al.* (2004a), mencionan que entre los capitales pueden generarse interacciones positivas y negativas que pueden contribuir o perjudicar el bienestar de las familias productoras (externalidades).

A continuación se establece una breve definición de cada uno de los capitales disponibles por las comunidades, que son el fundamento para el diseño de las variables y los indicadores en el contexto de los proyectos de I+D+i para el desarrollo:

Capital cultural.- Constituido por los valores, el reconocimiento y celebración del patrimonio cultural (Flora *et al.*, 2004a). De acuerdo a Gutiérrez Montes (2005), el capital cultural comprende las diferentes expresiones de identidad

reflejada en la vestimenta, libros, máquinas, arte, y los esfuerzos por mantener el lenguaje y costumbres ancestrales (de alimentación, producción, cuidado del ambiente, etc.). Este capital es el resultado de las interacciones de los seres humanos con su entorno explicando así las maneras “de conocer” y “de ser” y su manera especial de ver el mundo y definir qué tiene valor y sobre todo qué se puede cambiar (Flora *et al.*, 2004b). El capital cultural se puede interpretar como el filtro, a través del cual, la gente vive sus vidas, los rituales diarios o estacionales que se observan y la manera de cómo se mira el mundo alrededor. Es utilizado por las élites para estrechar los lazos de clase y se consolida estratégicamente desde la niñez para formar una visión de escala social (Bebbington, 1999).

Capital financiero.- Hace referencia a los recursos financieros que las poblaciones utilizan para lograr sus objetivos en materia de medios de vida (Gutiérrez Montes, 2005). El capital financiero consiste en el dinero que se utiliza para la inversión antes que para el consumo (Lorenz, 1999). La inversión significa que los recursos son utilizados para la compra o como un instrumento financiero para crear valor adicional. El DFID (1998), menciona que se trata de la disponibilidad de dinero en metálico o equivalentes que permite a los pueblos adoptar diferentes estrategias en materia de medios de vida. El capital financiero es importante para las comunidades y los individuos porque puede ser transformado en capital físico como fábricas, escuelas, caminos, restauración de hábitats, centros comunitarios o similares, que contribuyen a construir otros capitales para las comunidades. Flora *et al.* (2004a), mencionan que otras fuentes de capital financiero son la carga de impuestos, deudas pendientes al estado, donaciones filantrópicas, contribuciones, contratos, exenciones regulatorias, inversiones y préstamos, entre otras.

Capital físico.- Diversos autores se refieren al capital físico, como la infraestructura básica que facilita las actividades productivas, reproductivas y sociales de la comunidad incluyendo entre otros caminos, servicios básicos -agua, electricidad y gas-, manejo de desechos, escuelas, iglesias, hospitales, edificios

públicos y comerciales (Flora *et al.*, 2004a). El DFID (1998), señala al capital físico como los bienes de producción necesarios para respaldar a los medios de vida. Las infraestructuras consisten en los cambios en el entorno físico que contribuyen a que las poblaciones cubran sus necesidades básicas y sean más productivas y generalmente son parte de los bienes públicos. Los bienes de producción incluyen las herramientas y equipos que utilizan las poblaciones para funcionar de forma más productiva y en su mayoría son parte de los bienes privados. Numerosas evaluaciones participativas de la pobreza han llegado a la conclusión de que la falta de ciertos tipos de infraestructuras representa una dimensión básica de la pobreza.

Capital humano.- Para el DFID (1998), el capital humano representa las aptitudes, conocimientos, capacidades laborales y buena salud, que en conjunto permiten a las poblaciones entablar distintas estrategias y alcanzar sus objetivos en materia de medios de vida. A nivel de los hogares rurales, el capital humano es un factor que determina la cantidad y calidad de la mano de obra disponible. Esto varía de acuerdo con el tamaño de la unidad familiar, con los niveles de formación, con el potencial de liderazgo, con el estatus sanitario, etc. El capital humano aparece en el marco genérico como un activo que influye en los medios de vida, es decir, como un bloque de construcción o medio de obtener logros en materia de medios de vida, su acumulación puede representar también un fin por sí mismo. Flora *et al.* (2004a), definen al capital humano como las características de cada individuo que resultan de las interacciones entre elementos biológicos, genéticos y sociales; así mismo, para estos autores, el capital humano comprende la educación, las habilidades, la salud, la autoestima y el liderazgo.

Capital natural.- El capital natural es el término utilizado para referirse a las partidas de todos los recursos naturales y dentro de ellos la biodiversidad (Pretty, 1998). El capital natural es la base de la que se derivan los flujos de recursos y servicios ecosistémicos -los ciclos de nutrientes, protección de la erosión, fuentes de agua, etc.- útiles en materia de medios de vida (Constanza *et al.*, 1997). Comprende una amplia variedad de recursos desde bienes públicos intangibles,

como el aire -su calidad- y la biodiversidad, hasta activos divisibles utilizados directamente en la producción -árboles, tierras, etc. Gran parte de los choques que afectan los medios de vida de los menos favorecidos son por sí mismos procesos naturales que destruyen el capital natural -fuegos que destruyen bosques, inundaciones y terremotos que destruyen tierras aradas- y su temporalidad se debe en gran medida a cambios producidos en el tiempo que afectan su valor y la productividad del capital natural (DFID, 1998). Por otra parte, Flora *et al.* (2004a), se refieren a que el capital natural son todos los recursos naturales del entorno que son esenciales para el funcionamiento del ecosistema y para el bienestar de la gente, entre los que se tiene a la calidad del aire, tierra y del agua, suelos, biodiversidad, paisaje, etc.

Capital político.- El capital político refleja la habilidad de lidiar con la coerción y la aplicación de leyes u ordenanzas –governabilidad-, la habilidad de participar, tener voz e influir sobre las decisiones y acciones que en el proceso de modernización transformarán los demás capitales (Aigner *et al.*, 2001). Además se afirma que el capital político está constituido por la presencia responsable y participativa de las organizaciones o instituciones relacionadas con el manejo de los recursos, una buena organización de las bases, conexiones entre las bases y otras organizaciones e instituciones a varios niveles, habilidad del gobierno para atraer recursos para la comunidad, etc. El capital político es la capacidad de un grupo de influenciar la distribución de recursos dentro de una unidad social, incluyendo los sistemas de ayuda, la agenda para que estos recursos estén disponibles y quién es elegible para recibirlos. El capital político incluye la organización, conexiones, voz y poder (Flora *et al.*, 2004b).

Capital social.- El capital social se refiere a las interacciones, conexiones y relaciones que unen a los individuos y las comunidades (Narayan, 1999). El capital social comprende las relaciones de confianza mutua, normas de reciprocidad, estructura de redes, afiliación a grupos organizados, cooperación, visión y metas comunes, liderazgo, aceptación de visiones alternativas y una representación diversa (Putman, 1993). De acuerdo a Flora *et al.* (2004b), el

capital social es un atributo o componente de una sociedad, la confianza entre sus miembros, las normas de reciprocidad y sus redes de participación colectiva y compromiso común, que puede aumentar su eficiencia al facilitar acciones comunes y coordinadas y aportar a disminuir los costos de transacción. Otra definición más breve sostiene que el capital social se refiere a las normas y las redes sociales que facilitan la acción colectiva que busca el beneficio común (Woolcock, 1998). Desde el punto de vista del desarrollo local, existen algunos elementos del capital social que contribuyen a sostenerlo (Martínez de Anguita, 2006): la existencia de vínculos y solidaridad dentro de la comunidad, los liderazgos ecuanímenes y confiables, el desarrollo de vínculos horizontales con otras comunidades que permite un mutuo aprendizaje y los contactos.

2.2.6. Prácticas de conservación de suelos

2.2.6.1. Zanjas de desviación

Esta práctica está destinada a cortar el flujo del agua proveniente de las partes superiores del terreno, trasladándoles a caminos del agua o bordes del campo previamente establecidos en donde no existan riesgos de erosión, las desviaciones pueden ser construidas en forma triangular, de V, de U, pero generalmente son de sección trapezoidal (Tayupanta, J. y Córdova, J. 1990).

2.2.6.2. Rotación de cultivo

Una rotación es la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos, sobre una área de terreno determinado. Esta práctica debe programarse tomando en cuenta las condiciones ecológicas y socioeconómicas de cada región (Tayupanta, J. 1990).

Rotación de cultivos es una técnica consistente en no cultivar los mismos cultivos en el mismo lugar.

Consiste en alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se perpetúen en el tiempo.

Si se alternan los cultivos adecuadamente, se puede mantener el suelo constantemente ocupado, lo cual determina un crecimiento menor de las malas hierbas.

<http://www.botanical-online.com/rotaciondecultivos.htm>

2.2.7. Tipos de Labranza

2.2.7.1. Labranza cero

La labranza cero es una parte importante de la agricultura de conservación de suelos, ya que deja en la superficie los restos de cosecha del cultivo anterior y no se realiza movimientos importantes para el próximo cultivo salvo el hoyado para la siembra de nuevas semillas.

En suelos con pendientes sobre el 30% se recomienda el uso de labranza reducida ya que de esta manera se evita que el suelo se pierda por la pendiente a las partes bajas (FHIA, 2 004).

2.2.7.2. Labranza mínima

Labranza mínima significa remover y aflojar la tierra sólo donde se va a sembrar, con una mejor conservación de la estructura, menor compactación del suelo, aumento de la fertilidad, y se ahorra trabajo, agua e insumos. Este tipo de labranza ayuda a mantener el suelo en su sitio cuando las pendientes son grandes.

2.2.7.3. Labranza convencional.

La Labranza convencional es una tecnología apropiada para suelos planos que ha sido incorporada de forma errónea para cultivos de ladera, en la que se realiza normalmente la remoción de suelos con la utilización de maquinaria agrícola. Así la utilización de arada de discos, rastra y la utilización de herramientas manuales hace que se pierda la estructura del suelo y se exponga a los diferentes agentes erosivos (FHIA, 2004).

2.2.8. La Degradación de los Suelos

El termino degradación aplicado a los suelos se viene utilizando desde tiempos atrás para designar en forma genérico el efecto a que da origen.

Cualquier proceso o agente natural o artificial, capaz de causar el deterioro parcial o total de la capacidad de los suelos para producir cultivos de calidad, movilizar el agua a través de sus horizontes y todo lo que afecta negativamente cualquiera de las propiedades físicas químicas y biológicas (Mejía, 1997).

Según la naturaleza de los procesos se diferencian tres tipos de degradación:

2.2.8.1. Degradación física. Por su importancia en el país, se incluyen la erosión hídrica y eólica, y el deterioro de la estructura, con fenómenos tales como sellado, encostrado la formación de pisos de arado.

2.2.8.2. Degradación química. Se incluye la pérdida de nutrientes o de fertilidad, acidificación y alcalinización, salinización y contaminación por uso indiscriminado de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes.

2.2.8.3. Degradación biológica. Se considera la pérdida de materia orgánica y la alteración de la flora y fauna del suelo (microflora y lombrices, etc.) (Michelena, R. 2002).

2.2.9. Principales factores de degradación de los suelos

2.2.9.1. Salinización del suelo.

La concentración de las sales confiere al suelo unas propiedades muy particulares con efectos muy nocivos para los cultivos. Se puede deber a causas naturales o ser el resultado de acciones antrópicas (Garces, N. 1987).

La mayor parte de las tierras dedicadas a los cultivos bajo condiciones de riego han sido y están siendo afectadas por el proceso de salinización inevitable de estas tierras. Consideran que la recuperación de los suelos que sufren el efecto de la salinización es un proceso extremadamente costoso y que muchas veces no pueden ser enfrentados por los productores con éxito. En este sentido recomienda que se deben tomar todas las medidas para evitar este tipo de degradación de los suelos (Ortiz, R. 2008).

2.2.9.2. La acidificación.

Es el aumento de la concentración de iones H^+ en el suelo. Se produce por múltiples causas, tanto naturales (lavado de cationes por el agua de lluvia, descomposición microbiana de la materia orgánica del suelo), como inducidas por las prácticas agrícolas (abonos acidificantes) o la contaminación exterior (lluvia ácida). (Departamento de Ordenamiento del Territorio y Medio Ambiente, 2009). De forma general se pueden enumerar cuatro procesos que contribuyen a la acidificación del suelo.

- Proceso naturales, tales como disociación de ácidos orgánicos y carbónicos junto con la lixiviación de bases por efecto del agua lluvia.
- Uso indebido de fertilizantes nitrogenadas.
- Reforestación con coníferas.

- Deposición atmosférica de contaminantes, principalmente procesos de la generación de energía, la industria y transporte.
- La acidez del suelo mide la concentración en hidrogeniones.

En los suelos los hidrogeniones están en la solución, pero también existen en el complejo de cambio, o sea hay dos tipos de acidez, activa o real (en solución) y de cambio o de reserva (para los adsorbidos). Ambas están en equilibrio dinámico. Si se eliminan H^+ de la solución se liberan otros tantos H^+ adsorbidos. Como consecuencia el suelo muestra una fuerte resistencia a cualquier modificación de su pH, está fuertemente tamponado (Departamento de Ordenamiento del Territorio y Medio Ambiente, 2009).

2.2.9.3. Compactación.

La compactación del suelo se produce por el paso de personas, animales y vehículos en forma repetida por el mismo lugar. Esto provoca la desaparición de los espacios existentes entre las partículas del suelo, lo cual disminuye la cantidad de oxígeno presente y, por ello, la microflora y microfauna (Ortíz, R. 2008).

2.2.10. La erosión

La erosión es un proceso continuo al que obedece la forma cambiante de la tierra este proceso es causado por el agua, los vientos, los cambios de temperatura y la actividad biológica (Duarte, M y Cauce, C. 2001). La erosión significa el desgaste de la superficie terrestre por acción de las fuerzas del agua y el viento. Se puede distinguir dos tipos de erosión: la erosión geológica y la erosión acelerada, cada una de ellas representa un tipo distinto de remoción del suelo. La erosión por lo tanto, se produce cuando se practica un mal manejo de los recursos naturales que no toman en cuenta la facilidad con que el suelo puede ser arrastrado por el agua o barrido por el viento (Armas, L. 1996).

La erosión, al desprender el suelo de su lugar de origen, transportarlo y depositarlo en otro sitio, elimina progresivamente la capa superficial, que contiene una alta proporción de minerales, materia orgánica, elementos nutritivos y agua, necesarios para el crecimiento de la planta (Tayupanta, J. y Córdova, J. 1990).

2.2.10.1. Tipos de erosión

2.2.10.1.1. Erosión Hídrica:

El agua es un erosivo muy energético. Cuando el suelo ha quedado desprotegido de la vegetación y sometido a las lluvias, los torrentes arrastran las partículas del suelo hacia arroyos y ríos. El suelo, desprovisto de la capa superficial, pierde la materia orgánica (humus) y entra en un proceso de deterioro que puede originar hasta un desierto.

Agente más importante es erosión es el agua. El impacto de la gota de agua lluvia produce un desprendimiento y salpicado del suelo dejando las partículas sueltas, que son acarreadas en suspensión hacia otros lugares por acción del escurrimiento superficial (Tayupanta, J. y Córdova, J. 1990).

2.2.10.1.2. Erosión Eólica

El viento es otro de los agentes de la erosión, el suelo desprovisto de la cortina protectora que forman los árboles, es víctima de la acción del viento que pule, tala y arrastra las partículas del suelo y de roca (Vaca, E. 1990).

2.2.10.1.3. Erosión biológica.

Se lleva a cabo principalmente por acción de las raíces de las plantas, vegetales superiores, microorganismos, determinadas especies de mamíferos, artrópodos y gusanos. Por ejemplo las lombrices y hormigas remueven el suelo incrementando

la aireación y oxidación, acelera así el proceso de conversión de la roca a suelo erosionable.

Los organismos vivos debido al continuo pisoteo de las rocas o el suelo y al comer parcial o totalmente la vegetación que le protege, lo disgregan y hacen que sea más fácilmente transportado por el agua o el viento; un caso típico constituye el sobre pastoreo (Tayupanta, J. y Córdova, J. 1990).

2.2.10.2. El hombre como agente erosivo

En general, el término erosión del suelo se usa para significar erosión acelerada, o sea, aquella erosión que resulta como consecuencia de la perturbación del paisaje natural, usualmente producida por el hombre. Por otro lado, las actividades agrícolas, como las quemas, pastoreo excesivo, tala de bosques y cultivos inadecuados, son actividades que alteran el equilibrio ecológico, aumentando el peligro de la erosión del suelo.

La tierra es un agente dinámico, sujeta a permanentes cambios físico-químico-biológicos. Cuando el equilibrio natural no se ha perturbado, los procesos se desarrollan a un ritmo en que la remoción de las partículas se equilibra con la formación de un nuevo suelo. Por tanto, cuando la relación hombre-suelo no es adecuada, este equilibrio se rompe, produciendo erosión, degradación y pérdida de fertilidad (Carvajal, M. 1992).

2.2.10.3. El exceso de la población.

Cada terreno tiene una capacidad de producción máxima estable, el cual se alcanza al aplicar o a los mejores sistemas agrícolas conocidos. Ella no puede sobrepasarse sin el riesgo de afectar la reserva del suelo y disminuir su fertilidad. Esa capacidad de producción varía no solo con los terrenos, sino también con el grado de avance tecnológico de la sociedad. Cuando un número excesivo de personas tiene que extraer su sustento de cada hectárea de terreno, se ejerce gran

presión de uso que da origen a prácticas y sistemas inconvenientes. Se destruyen entonces los bosques para sembrar cosechar alimenticias y se ponen bajo cultivo laderas con pendientes excesivos (Mejía, T. 2003).

2.2.10.4. Tamaño de la finca

Una finca demasiado pequeño ofrece escasas alternativas de usos. La combinación agricultura- ganadería, en la cual se dedica anualmente una proporción considerable de los terrenos a la producción de forrajes que protegen el suelo, es generalmente poco remunerativa en ella; los bosques tampoco dentro de sus posibilidades.

Para compensar el escaso ingreso total, el agricultor se ve obligado a explotar intensamente el suelo, sometiéndolo a los mayores excesos y exponiéndole los mayores riesgos (Mejía, T. 2003).

2.2.10.5. El nivel de conocimiento

La ignorancia de las personas, factor preponderante de erosión, en muchos casos son los agricultores principalmente quienes de ella adolecen y no se dan cuenta ni de los daños que la erosión les está causando ni mucho menos de los sistemas de defenderse de esos daños.

En muchos países la falta de grupos profesionales, con clara conciencia de los peligros de la erosión y los caminos que pueden tomarse para combatirla, es el factor más sobresaliente para el mantenimiento de las más inconvenientes situaciones, como resultado falta la dirección y las guías necesarias para iniciar estudios que aclaran las condiciones y las modalidades típicas del problema erosivo en casa zona y para emprender acciones adecuados de ayuda y asesoría de los agricultores (Mejía, T. 2003).

2.2.11. Propiedades del suelo

El suelo es un sistema dinámico conformado por cuatro componentes básicos, materia mineral, materia orgánica (que incluye materia orgánica en diferentes grados de descomposición y microorganismos), agua y gases en proporciones tales que permitan el desarrollo de las plantas superiores. Los suelos difieren entre sí por sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.2.11.1. Las propiedades físicas

Más importantes son su textura, densidad aparente y estructura. Las propiedades físicas del suelo definen la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua y contribuyen a definir su erodabilidad y capacidad de uso.

2.2.11.2. Las propiedades químicas

Más importantes son la capacidad de intercambio catiónico, el grado de acidez o alcalinidad y la concentración de sales en el perfil. Las propiedades químicas de los suelos están, sobre todo, asociadas con su capacidad de uso con fines agrícolas.

2.2.11.3. Las propiedades biológicas

Están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos. Contribuyen a definir su capacidad de uso y su erodabilidad.

Los cambios en estas propiedades generados por cualquier intervención del proyecto pueden ocasionar impactos negativos in situ o aguas abajo del sitio de intervención. Así por ejemplo, el uso intensivo de maquinaria agrícola puede conducir a la pérdida de estructura de los suelos (por compactación) y, consecuentemente, a la reducción de su capacidad de infiltración. Esto, a su vez,

puede contribuir a incrementar la escorrentía superficial y originar procesos erosivos lineales (cárcavas, zanjas o fosos) (Mejía, L. 2000).

2.2.12. Características biológicas el suelo.

2.2.12.1. Contenido de materia orgánica en el suelo.

Manifiesta que la materia orgánica representa del 95 al 99% del total del peso seco de los seres vivos, pero su presencia en los suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en las que supera el 2%, el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en los arenosos (Agronet. 2009).

2.2.12.2. Fauna biológica del suelo.

Señala que la existencia, en los suelos agrícolas, de macro y microorganismos vivos que cumplen, como función principal, descomponer la materia orgánica y convertirla en humus, el cual se combina con la parte mineral del suelo y forma los compuestos órgano- minerales, de alta actividad química y fisico-química. Los organismos vivos del suelo necesitan de aire, agua y calor, los cuales son proporcionados, en dependencia de las propiedades físicas del suelo.

Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, 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. El mismo autor acota que las bacterias son organismos procariotas unicelulares; la mayor parte de ellas presenta forma esférica cocos o de bastón bacilos y son importantes debido a que algunas realizan funciones específicas como la oxidación del amoníaco a nitratos, mientras que otras intervienen en el proceso general de descomposición de materiales orgánicos (Agromat. 2006).

Indica que las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que está constituida por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos,

insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas (Agromat. 2006).

2.2.13. Características físicas de los suelos.

2.2.13.1. Textura.

La textura de un suelo esta expresada por la distribución del tamaño de las partículas sólidas que comprenden el suelo. En otras palabras por la composición granulométricas del suelo, previa dispersión de sus agregados.

La textura se define como la proporción relativa de las partículas minerales, arena, limo y arcilla.

La textura del suelo juega un papel muy importante en el riego, drenaje, crecimiento de los cultivos, forma y tamaño de los poros, capacidad de almacenamiento y movimiento del agua, lámina, frecuencia y tiempo de de riego, así como también en la capacidad de almacenamiento de nutrientes (Ortíz, R. 2008).

2.2.13.2. Estructura.

Define el estado de agregación de las partículas componentes minerales u orgánicas. Depende de la disposición de sus partículas y de la adhesión de las partículas menores para formar otras mayores o agregados.

Es la agrupación de las partículas minerales arena, limo y arcilla en agregados secundarios. Los agregados se forman por la acción cementante de la materia orgánica, atracción electrostática entre cationes-arcillas, presión ejercida por las raíces y por la expansión –contracción de las arcillas. La estabilidad de los

agregados depende de la textura, del contenido de la materia orgánica, de la labranza agrícola, de la actividad biológica de las raíces, insectos y microorganismos, del grado del desarrollo y de su ubicación topográfica (Ortíz, R. 2008).

2.2.13.3. Densidad.

La densidad se refiere al peso por volumen del suelo, y está en relación a la porosidad. Un suelo muy poroso será menos denso; un suelo poco poroso será más denso. A mayor contenido de materia orgánica, más poroso y menos denso será el suelo (Ortíz, R. 2008).

2.2.13.4. Porosidad del suelo.

La porosidad es aquella parte del volumen total del suelo ocupada por las fases gaseosa líquida. La proporción relativa oxígeno-agua depende de las variaciones del contenido de humedad que se producen en este volumen. El tamaño de poros disminuye a medida que el contenido de humedad del suelo disminuye, los macroporos se drenan rápidamente con la aplicación de tensiones muy bajas, los mesoporos con tensiones medias y los microporos con tensiones altas, esto significa que, el agua es retenida más fuertemente por las partículas del suelo cuando la humedad disminuye (Ortíz, R. 2008).

Representa el porcentaje total de huecos que hay entre el material sólido de un suelo. Es un parámetro importante porque de él depende el comportamiento del suelo frente a las fases líquida y gaseosa, y por tanto vital para la actividad biológica que pueda soportar.

2.2.14. Características químicas de los suelos.

La degradación del suelo o de las tierras es un proceso inducido antrópico que afecta negativamente la biofísica del suelo para soportar vida en un ecosistema,

incluyendo aceptar, almacenar y reciclar agua, materia orgánica y nutrientes. Ocurre cuando el suelo pierde importantes propiedades como consecuencia de una inadecuada utilización. Las amenazas naturales son excluidas habitualmente como causas de la degradación del suelo; sin embargo las actividades humanas pueden afectar indirectamente a fenómenos como inundaciones o incendios forestales (Ortíz, R. 2008).

2.2.14.1. El pH del suelo.

Se trata de una medida de la acidez o alcalinidad de la solución. El pH, es extremadamente importante para las plantas porque afecta directamente la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas. Los suelos que son muy ácidos o demasiado alcalinos no favorecen la solución de compuestos, y, por lo tanto, restringen la presencia de iones de nutrientes esenciales para las plantas. El pH del suelo es el resultado de muchos factores, entre otros, material parental del suelo, materia orgánica, crecimiento vegetativo, y nutrientes añadidos.

2.2.14.2. Salinidad

Indica que la salinidad es la consecuencia de la presencia de sales en el suelo. Por sus propias características se encuentran tanto en la fase sólida como en la fase líquida por lo que tiene una extraordinaria movilidad.

2.2.14.3. Acidez.

Mantiene que la acidez presente en el suelo corresponde a la concentración de iones hidrogeno en disolución, extraída de la mezcla de suelo y agua o del suelo y una disolución extractora. La acidez en el suelo reduce el crecimiento de las plantas, ocasiona disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos como Ca, Mg, K y P, favorece la solubilización de elementos tóxicos para las plantas como el Al y Mn (Ávila J. 2009).

Aunque la acidificación es un proceso natural, la agricultura y otras actividades humanas aceleran este proceso. Debido al aumento de áreas acidificadas en el mundo y a la necesidad de producir más alimentos, es fundamental entender la química que explica el proceso de acidificación de los suelos. De esta forma se podrán desarrollar prácticas para recuperarlos o no acidificarlos.

2.2.14.4. Capacidad de Intercambio de cationes.

Manifiesta que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas. Éstas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayor. También puede ser definida como las cargas negativas por unidad de cantidad de coloide que es neutralizada por cationes de intercambio.

La capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener el intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, y podría decirse que es la base de lo que llamamos fertilidad del suelo (Ortíz, R. 2008).

2.2.14.5. Contenido de nutrientes.

Refiere que entre las deficiencias del suelo que afectan a la productividad, la falta de nutrientes es especialmente problemática. Los nutrientes más necesarios para un correcto crecimiento de las plantas son el nitrógeno, el potasio, el fósforo, el hierro, el calcio, el azufre y el magnesio, todos los cuales están presentes en la mayoría de los suelos en cantidades variables. Además, la mayor parte de las plantas requiere diminutas cantidades de microelementos presentes en el suelo en cantidades muy pequeñas, entre los que se encuentran el manganeso, el zinc, el cobre y el boro (Agromat. 2006).

2.2.14.6. Solución del suelo.

Manifiesta que la solución del suelo es la fase hídrica o líquida del suelo en la cual se encuentran disueltos los elementos nutritivos a disposición de los cultivos. La solución del suelo es muy compleja y tiene importancia primordial al ser el medio por el que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas. Cuando la solución del suelo carece de los elementos requeridos para el crecimiento de las plantas, el suelo es estéril (Agronet. 2009).

2.2.15. Relación Carbono Nitrógeno

La Relación Carbono (C): Nitrógeno (N), debe ser equilibrada (25-30: 1). Con dicha relación C/N se logra que los nutrientes estén disponibles para la planta en el menor tiempo con las menores pérdidas de nitrógeno.

Con los desechos de la plantación y cosecha nombrados anteriormente, lo que tenemos es un aporte muy alto de Carbono, es decir una relación C/N desequilibrada (Labrador, J. 1997).

Cuando la relación C/N es muy elevada, como en este caso, disminuye la actividad biológica y el proceso de mineralización demora mucho tiempo, y lo inverso, relación C/N baja, predispone a las pérdidas de N (Amonio).

Otra condición a considerar dentro de este proceso de biotransformación de la Materia Orgánica es la Población Microbiana. Siendo este un proceso aeróbico actúan en él una amplia gama de microorganismos.

Es de suma importancia considerar el efecto de la Inmovilización Microbiana del Nitrógeno, ya que para descomponer en el suelo restos de cosecha por lo general ricos en Carbono (relación C/N mayor) es necesario que los microorganismos tomen nitrógeno del suelo, compitiendo con las plantas por este elemento.

Lo ideal es fomentar procesos de descomposición o biotransformación bien manejados a nivel de campo, al lado de la planta de ser posible y obtener así Materia Orgánica Funcional (MOF) (Labrador, J. 1997).

2.2.16. Índice de Nitrógeno

El nitrógeno como elemento esencial, promueve los procesos metabólicos y de crecimiento de las plantas, el mismo que es asimilado en forma de nitrato (NO_3) o amonio (NH_4). La pérdida de nitrógeno en la agricultura tiene un impacto negativo de contaminación de los acuíferos, aire, suelo, cantidad y calidad del agua (Delgado et al., 2006).

Nuevas herramientas son necesarias para evaluar rápidamente esas pérdidas y proveer de alternativas tecnológicas sustentables. El Índice de nitrógeno es una herramienta que nos permite evaluar rápidamente los siguientes indicadores del sistema (Delgado, J.A and R.F. Follett. 2002).

- Nitrógeno total del sistema
- Volatilización del amoníaco
- Desnitrificación
- Extracción de nitrógeno por el cultivo
- Índice de lixiviación
- Nitrógeno total lixiviado
- Nitrato residual
- Eficiencia del sistema
- Proporción de nitrógeno aplicado: nitrógeno removido por el cultivo.

El Índice de nitrógeno puede ser usado para hacer comparaciones rápidas de diferentes escenarios y seleccionar las mejores prácticas de manejo del sistema de producción y que contribuyan a la reducción de la contaminación del ambiente (Shaffer y Delgado. 2002.; Delgado et al., 2006). Para la utilización de esta herramienta, se necesita de información relevante como: Manejo del nitrógeno,

características físicas (densidad aparente, textura, compactación, profundidad del suelo, agregados, porosidad, etc.), químicas (contenido de materia orgánica, nitrógeno total, nitrato, amonio, pH, relación carbono nitrógeno, Capacidad de Intercambio Catiónico, Salinidad, etc.) y biológicas (presencia de lombrices, profundidad y cantidad de raíces, etc.) del suelo, precipitación registrada durante el ciclo de cultivo y fuera del ciclo de cultivo, prácticas de manejo y conservación del suelo, aplicación de riego, rotación de cultivos, cultivos asociados o intercalados, etc. (Delgado, J.A and R.F. Follett. 2002).

2.2.17. Metodologías aplicadas para análisis del suelo.

2.2.17.1. Tipos de análisis de suelos.

En el laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos, Plantas y Aguas (D. M. S. A.) de la Estación Experimental Santa Catalina (E. E. S. C.) del INIAP se realizan 4 tipos de análisis químicos y físicos de suelos.

Estos son:

- **Análisis Elemental.**

Este tipo de análisis proporciona información sobre N, P, K, Ca, Mg, según el pH (Al + H) y conductividad eléctrica (C. E.).

- **Análisis Completo.**

Este tipo de análisis proporciona información sobre materia la orgánica del suelo (M. O. S.), capacidad de intercambio catiónica efectiva (C. I. C. E.), relaciones Ca/Mg, Mg/K, Ca + Mg/K, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn, Fe, y según el pH (Al + H, C. E. y Na). Este análisis se recomienda realizar cuando se requiere tener un conocimiento más detallado de un suelo.

- **Análisis de Salinidad.**

Este tipo de análisis proporciona información sobre pH, C. E., K, Ca, Mg, Na, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , R. A. S. Se recomienda realizar este análisis cuando se sospecha que el suelo tiene problemas de salinidad.

- **Análisis Especiales.**

Este tipo de análisis proporciona información sobre textura, curva de retención de humedad, densidad aparente, porcentaje de humedad, compactación, capacidad de intercambio catiónica (C. I. C.), por elemento, nitrógeno total y materia orgánica (M. O. S.). Este análisis se recomienda hacer cuando se necesita analizar las características físicas y el contenido de ciertos elementos de un suelo (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

2.2.17.2. Determinaciones Físicas y Químicas.

Las determinaciones físicas y químicas que realiza el laboratorio del INIAP de la Estación Experimental Santa Catalina son las siguientes:

2.2.17.2.1. Determinación Física.

A). Determinación de la textura: Método Densimétrico (Bouyoucos).

- **Objetivo.**

Consiste en la determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en la fracción mineral del suelo. Estos porcentajes se obtienen mediante la separación de las partículas en grados clasificados de acuerdo a su diámetro.

- **Arena (A):** Se consideran arena, las partículas comprendidas entre 2.00 y 0.05 mm de diámetro.

- **Limo (L):** Se consideran limos, las partículas comprendidas entre 0.05 y 0.002 mm de diámetro.
- **Arcilla (A):** Se consideran arcillas, las partículas con diámetros menores que 0.002 mm de diámetro.

Con los porcentajes de arena, limo y arcilla, se va al triángulo de texturas y se determina la clasificación textural para cada suelo.

- **Principio.**

Análisis granulométrico por densimetría con hidrómetro de Bouyoucos. En la suspensión de suelo colocada en una probeta de sedimentación, la densidad a una profundidad determinada va disminuyendo a medida que se sedimentan las partículas, como éstas sedimentan a velocidades proporcionales a su tamaño, seleccionando los tiempos, una lectura de la densidad puede servir de medida del contenido limo más arcilla o de arcilla (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

- **Extractante.**

Hidróxido de Sodio 0.1 N.

2.2.17.2.2. Determinaciones Químicas.

Determinación del pH: método potenciométrico.

- **Objetivo.**

El término de pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógenos expresados en moles por litro. Los métodos electrométricos

usualmente miden la actividad iónica por lo que el pH puede definirse más apropiadamente como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógenos expresada en mol/dm (1, 10).

La determinación del pH sirve de pauta para interpretar algunas características de los suelos relacionadas especialmente con sus propiedades ácidas o alcalinas y el funcionamiento general en cuanto a la utilización y solubilidad de los nutrientes del suelo.

- **Principio.**

El pH se determina midiendo con un potenciómetro la fuerza electromotriz de un par de electrodos, que incluyen un electrodo de vidrio sensible a pH. La sensibilidad se la confiere al electrodo una membrana delgada de vidrio especial que desarrolla un potencial eléctrico en respuesta a un cambio de concentración de H^+ .

El electrodo de referencia de calomel se usa para completar el circuito eléctrico y registra una diferencia de voltaje fija entre el electrodo y la solución independiente del pH.

La diferencia del voltaje entre los dos electrodos se mide por un voltímetro que se ha calibrado para leer directamente en unidades de pH siempre que se ajuste inicialmente con una solución tampón de pH conocido. La dilución utilizada es (1:2.5) el líquido puede ser agua (pH- H_2O); KCl 1M (pH-KCl) o $CaCl_2$ 0.01 M (pH- $CaCl_2$) (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

- **Extractante.**

Agua.

- **Determinación de la Acidez Intercambiable ($Al^{+3} + H^+$).**

Método Volumétrico.

- **Objetivo.**

En suelos minerales la hidrólisis del aluminio intercambiable es la fuente principal de iones hidrógeno, por lo que el grado de acidez del suelo está íntimamente relacionado con el aluminio intercambiable presente en el complejo coloidal. La determinación de la acidez intercambiable es necesario realizarla cuando el valor de pH es inferior ó igual a 5.5.

- **Principio.**

Extracción de la acidez intercambiable con solución salina de KCl 1 N no tamponada, se forma $AlCl_3$ que hidroliza parcialmente al ácido correspondiente, titulando la solución ácida resultante con NaOH 0.01 N. La cantidad de base utilizada en la titulación es equivalente a la concentración de acidez intercambiable del suelo.

- **Extractante.**

Cloruro de Potasio 1 N.

- **Determinación de la Conductividad Eléctrica (C. E.).**

Método Conductimétrico.

- **Objetivo.**

Determinar el contenido de sales solubles presentes en el suelo, cuyo resultado es muy importante para proyectos de riego y sobre todo para establecer la factibilidad de utilización del mismo en la agricultura, u otros usos.

- **Principio.**

La medición se basa en el principio de que las sales disueltas conducen la corriente eléctrica en proporción a la concentración de las sales o constituyentes ionizados. El agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica en proporción a la concentración de las sales o constituyentes ionizados. De allí que se aproveche esta propiedad para medir la conductividad eléctrica de un extracto acuoso de suelo mediante un aparato de Wheatstone o puente salino de una pareja de electrodos que se sumergen en el extracto. La conductividad equivalente se define como la conductividad de una cantidad de dilución que contenga un equivalente gramo del electrolito, colocada entre los electrodos separados 1 cm y dispuestos de modo que cubran los lados opuestos del volumen de la solución (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

Los datos se expresan en dS/m; considerando las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ S/cm} = 1 \text{ mhos/cm}$$
$$1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmhos/cm} = 1 \text{ mS/cm}$$

- **Extractante.**

Pasta de saturación.

- **Determinación de la Materia Orgánica del Suelo (M. O. S.).
Método Volumetrico (Walkley Y Black).**

- **Objetivo.**

Determinación del contenido de materia orgánica fácilmente oxidable del suelo, expresada como porcentaje. Al obtener la concentración de carbón orgánico, se saca la relación carbón-nitrógeno a fin de determinar el grado de formación, la evolución de un suelo y la disponibilidad del nitrógeno para las plantas y los microorganismos. El carbono orgánico tiene también, a través de la materia

orgánica, una acción en la estabilidad estructural, la capacidad de intercambio, el desarrollo de los microorganismos, etc.

- **Principio.**

La determinación se basa en una oxidación incompleta en frío del carbono por un exceso de dicromato de potasio en medio sulfúrico, y la cuantificación del exceso de dicromato de potasio con la sal de Morh (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

- **Extractante.**

Dicromato de Potasio 1 N.

- **Determinación de la Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C.).
Método Físico-Químico.**

- **Objetivo.**

Utiliza una sola extracción para determinar los cationes de cambio y la capacidad de intercambio, además permite trabajar sobre una sola muestra favoreciendo así una homogeneización de los datos, y lo que no es despreciable, un ahorro de los reactivos.

- **Principio.**

Desplazamiento de los cationes de cambio del complejo de absorción por el amonio de una solución salina a pH neutro (acetato de amonio uno normal). Determinación efectuada por espectrofotometría de absorción atómica. Lavado del suelo residual con etanol al 5% para eliminar el exceso de amonio. Destilación en medio básica y titulación de la solución recogida con ácido sulfúrico (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

- **Extractante.**

Acetato de Amonio 1 N pH 7.

- **Determinación del Nitrógeno Amoniacal.**

Método Fotocolorimétrico.

- **Objetivo.**

Cuantificar el nitrógeno amoniacal disponible para las plantas en el suelo.

- **Principio.**

El compuesto de azul indofenol se obtiene en la reacción a pH alto del amonio e hipoclorito. El calcio y el magnesio se complejan con el citrato para evitar interferencias.

- **Extractante.**

Olsen modificado (Bicarbonato de sodio + EDTA + Super flow).

- **Determinación del Nitrógeno Total.**

Método de Destilación.

- **Objetivo.**

Determinar el nitrógeno total en el suelo.

- **Principio.**

El análisis de nitrógeno total se realiza a través de un proceso de digestión de la muestra utilizando ácido sulfúrico en presencia de catalizadores como el sulfato de potasio, sulfato de cobre y dióxido de selenio en este proceso se produce anhídrido carbónico, agua, anhídrido sulfuroso y sulfato de amonio. Este último es destilado y recogido en una solución de ácido bórico, para finalmente ser valorado con ácido sulfúrico utilizando una mezcla de indicadores de verde de bromocresol y rojo de metilo (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

- **Extractante.**

Ácido Sulfúrico.

- **Determinación de Fósforo.**

Método Fotocolorimétrico.

- **Objetivo.**

El fósforo disponible define los grados de deficiencia, suficiencia o exceso de este elemento en relación con su disponibilidad para los cultivos.

- **Principio.**

Se basa en la medición de la intensidad del color producido por el complejo azul de fosfomolibdato. Este complejo que es heteropoliácido se forma por la reacción del ión ortofosfato con el ión molibdato en medio ácido. El ácido ascórbico reduce parcialmente el complejo formado y genera el color azul.

- **Extractante.**

Olsen modificado.

- **Determinación del Potasio, Calcio y Magnesio.**

Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

- **Objetivo.**

Determinar la cantidad de potasio, calcio y magnesio extraído por la solución Olsen modificada (pH a 8.5).

- **Principio.**

Los elementos potasio, calcio, magnesio en solución son atomizados en la llama aire-acetileno lo que permite que se absorba la radiación proveniente de una lámpara del mismo elemento en forma proporcional a la cantidad de átomos presentes. La adición de óxido de lantano se hace con el fin de eliminar la interferencia de carácter químico.

- **Extractante.**

Olsen modificado.

- **Determinación de Micro-elementos (Cobre, Hierro, Manganeso Y Zinc).**

Método De Espectrofotometría de Absorción Atómica.

- **Objetivo.**

Determinar la cantidad de cobre, hierro, manganeso y zinc, extraída por la solución Olsen modificado (pH a 8.5).

- **Principio.**

Los elementos cobre, hierro, manganeso y zinc en solución son atomizados en la llama aire-acetileno, lo que permite que se absorba la radiación proveniente de una lámpara del mismo elemento en forma proporcional a la cantidad de átomos presentes (Departamentos de suelo INAP Santa Catalina).

- **Extractante.**

Olsen modificado.

Cuadro. 3 Métodos y Extractantes utilizados en la determinación física y química de los elementos extraídos del análisis químico suelos.

Parámetro	Método	Extractante
Textura	Densimétrico	Hidróxido de Sodio 0.1 N
Ph	Potenciométrico	Agua
Al + H	Volumétrico	Cloruro de potasio 1 N
Conductividad Eléctrica (C. E.)	Conductimétrico	Pasta de saturación
Materia Orgánica (M. O. S.)	Volumétrico	Dicromato de potasio 1 N
Capacidad de Intercambio Catiónico (C. I. C).	Físico-Químico	Acetato de amonio 1 N pH 7
Nitrógeno amoniacal	Fotocolorimétrico	Olsen modificado
Nitrógeno total (N. total)	Destilación	Ácido sulfúrico
Fósforo (P)	Fotocolorimétrico	Olsen modificado
Cationes Cambiables (K, Ca, Mg)	Espectrofotometría de absorción atómica	Olsen modificado
Microelementos (Cu, Zn, Mn y Fe)	Espectrofotometría de absorción atómica	Olsen modificado
Azufre (S)	Fotocolorimétrico	Fosfato ácido de calcio
Boro (B)	Fotocolorimétrico	Fosfato ácido de calcio
Sodio (Na)	Espectrofotometría de absorción atómica	Pasta de saturación
Cloro (Cl)	Volumétrico	Nitrato de mercurio

Fuente: Departamentos de Manejo de Suelo y Aguas del INIAP Santa Catalina

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales y equipos

3.1.1. Localización del ensayo

La presente investigación se llevó a cabo en las comunidades de Bola de Oro y Guarumal dentro de la microcuenca del Río Alumbre.

Cuadro 4. Ubicación Política y Geográfica.

Ubicación	Bola de Oro	Bola de Oro	Guarumal
Provincia	Bolívar	Bolívar	Bolívar
Cantón	Chillanes	Chillanes	Chillanes
Parroquia	Matriz	Matriz	Matriz
Altitud (m)	1 969	1 969	1 854
Latitud (X)	720303	720303	720976
Longitud (Y)	9787304	9787304	9787742
Agricultor	Vinicio Paguay	Mario Calvache	Margarita Lema

Fuente: INIAP-SANREM-CRSP.2008 y Datos tomados con GPS INIAP. 2009.

3.1.2 Características agroclimáticas.

Los sitios en estudio tienen las siguientes características agroclimáticas.

Cuadro 5. Características Agroclimáticas de las Comunidades.

Características	Bola de Oro	Guarumal
Precipitación promedio anual (mm)	1000	1000
Temperatura máxima (°C)	25	25
Temperatura mínima (°C)	11	11
Temperatura media anual (°C)	15	15
Humedad relativa (%)	94,9	94,9
Velocidad del viento (m/s)	0,44	0,44

Fuente: INIAP-SANREM-CRSP. 2008.

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo al sistema de L. Holdridge (Cañadas, 1983), las localidades en estudio corresponden al piso Pre montano o Subtropical.

3.1.4. Características edáficas

Cuadro 6. Taxonomía de suelos en las comunidades en estudio.

Clasificación	Bola de oro	Guarumal
Orden	Molisoles	Molisoles
Suborden	Ustands	Ustands
Gran grupo	Durustands	Durustands
Subgrupo	Lithico Haplustands	Lithico Haplustands

Fuente: Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. INIAP. 2007.

3.1.5. Material experimental

Tres lotes de 1300 m² cada uno; dos ubicados en la comunidad de Bola de Oro y uno en Guarumal, cada lote corresponde a dos repeticiones. Variedad de maíz duro: INIAP-176.

3.1.6. Materiales de campo

Estacas, postes, alambre de púas, grapas, rollos de manguera, aspersores, GPS, penetrómetro, piola, azadones, barras, palas, martillo, balanza de campo, balanza de precisión, libro de campo, bomba de mochila, cámara digital, letreros, barreno para densidad aparente, barreno para análisis de suelo, fundas plásticas, equipo de protección para plaguicidas, costales, materiales de laboratorio y reactivos.

3.1.7. Materiales y equipos de oficina

Lápices, esferos, hojas papel bond, libro de campo, borrador, marcadores, resaltadores, carpetas, calculadora, computadora, impresora, cartuchos y cuadernos.

3.1.8. Insumos agrícolas

Fertilizantes químicos (Urea, Sulpomag y fertilizante 11-52-00), fungicidas (Benomyl y Daconyl), insecticidas (Cipermetrina y Profenofos) y herbicidas (Glifosato y Fomesafen).

3.2. Métodos

3.2.1. Factores en estudio

Factor A: Prácticas de conservación

A1 = Con zanjas

A2 = Sin zanjas

Factor B: Tipos de labranzas

B1 = Labranza mínima

B2 = Labranza cero

3.2.2. Tratamientos en estudio

3.2.2.1. Características del experimento

En esta investigación se evaluaron cuatro tratamientos (Cuadro 7), provenientes de la combinación de los factores AxB (2x2).

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos.

T1	A1B1	Con zanjas de desviación y labranza mínima en el cultivo de maíz
T2	A1B2	Con zanjas de desviación y labranza cero en el cultivo de maíz
T3	A2B1	Sin zanjas y labranza mínima en el cultivo de maíz
T4	A2B2	Sin zanjas y labranza cero en el cultivo de maíz

3.2.2.2. Características del área experimental (Maíz duro)

- Número de repeticiones: 6
- Número de tratamientos: 4
- Número de unidades experimentales (subparcelas): 24
- Área total por subparcela: 8 m x 10 m = 80 m²
- Área neta por subparcela: 6 m x 8 m = 48 m²
- Área total del experimento: 80 m² x 24 parcelas = 1 920 m²
- Área neta total del experimento: 48 m² x 24 parcelas = 1 152 m²
- Área total del ensayo incluidos caminos: 50 m x 13 m x 6 repeticiones = 3900 m²

3.3. Diseño experimental

Se aplicó el diseño de bloques completos al azar “DBCA”, en arreglo factorial: 2x2. El factor A correspondió las prácticas de conservación y el factor B a los tipos de labranzas.

3.4. Análisis de varianza

Cuadro. 8. Esquema del Análisis de la varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME*
Repeticiones (r-1)	5	$f^2e + 4f^2$ bloques
Factor A (a-1)	1	$f^2e + 12 \delta^2 A$
Factor B: (b-1)	1	$f^2e + 12 \delta^2 B$
AxB	1	$f^2e + 6 \delta^2 AxB$
Error exp: (t-1)(r-1)	15	f^2e
Total (t x r)-1	23	

CME*: Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

3.5. Análisis funcional

Análisis de varianza. Análisis de efecto principal para factores: A y B Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos en la combinación de factores: AxB; Análisis con la herramienta de Índice de Nitrógeno para medir la sustentabilidad del suelo. Se realizó el Análisis de Presupuesto Parcial para ello se consideraron los costos que varían en cada tratamiento con el correspondiente rendimiento.

3.6. Variables y métodos de evaluación

3.6.1. Agronómicas

Para el caso de maíz duro

- **Peso de maíz por planta (PMPP)**

Esta variable se evaluó en una balanza de reloj en kg/planta en la cosecha en una muestra al azar de 20 plantas de cada parcela neta.

- **Peso de maíz por parcela neta (PMPP)**

Una vez cosechadas todas las plantas de cada parcela neta, se pesó en una balanza de reloj y se expresó el resultado en kg/parcela.

- **Rendimiento en kg/ha (RH)**

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$R = PCP \times \frac{10\,000 \text{ m}^2/\text{ha}}{\text{ANC m}^2/1} \times \frac{100 - \text{HC}}{100 - \text{HE}} \times D$$

Donde:

R= Rendimiento en kg/ha

HC= Humedad de Cosecha (%)

HE= Humedad Estándar (14%)

D = Porcentaje de desgrane

PCP= Peso de Campo por Parcela en kg

ANC= Área neta cosechada en m²

Fuente: (CIMMYT.1998)

- **Clasificación del maíz**

Esta actividad se realizó después de la cosecha, donde se clasificó en dos categorías principales: grano para semilla y grano comercial.

3.6.2. Físicas de suelos

- **Humedad gravimétrica (Hg)**

Se tomaron muestras de suelo al inicio y al final de la evaluación en cada parcela neta. Las muestras fueron tomadas a 10 y 20 cm de profundidad, mismas que se pesaron y colocaron en la estufa a 105°C por 48 horas. La determinación de la

humedad se realizó con el método gravimétrico y se expresó en porcentaje aplicando la siguiente fórmula:

$$Hg = (PSH - PSS / PSS) \times 100; \text{ donde}$$

Hg = Humedad gravimétrica (%).

PSH = Peso del suelo húmedo (g).

PSS = Peso del suelo seco (g).

- **Densidad aparente (Da)**

Cada mes durante el ciclo de cultivo se determinó la densidad aparente, para ello se tomaron muestras de suelo dentro de la parcela neta, con el barreno de volumen conocido (68.19 cm^3), a 10 y 20 cm de profundidad. Estas muestras se llevaron al laboratorio para pesarlas en húmedo y se colocarán en la estufa a 105°C durante 24 horas para determinar el peso seco. Los datos se expresaron en g/cm^3 .

$$Da = Ms/Vt, \text{ donde}$$

Da = Densidad aparente (g/cm^3).

Ms = Masa de suelo seco a 105°C (g).

Vt = Volumen total (cm^3).

- **Compactación (C)**

Se evaluó la compactación del suelo cada mes durante todo el ciclo de cultivo en cada parcela neta. Las muestras fueron tomadas a 10, 20, 30, 40 y 50 cm de profundidad del suelo. En los cultivos de maíz y fréjol las mediciones se realizaron en el fondo y en el lomo del surco. Esta variable se tomó con un penetrómetro de lectura directa marca Farnell con el cual se tienen lecturas directas en $\text{kg fuerza}/\text{cm}^2$.

3.6.3. Química de suelos y plantas

- **Análisis químico de suelos (AQS)**

Al inicio y al final del ensayo, en cada unidad experimental, se tomaron muestras de suelo de 1 kg aproximadamente, a 20 cm de profundidad. Se identificaron y se procesaron en el laboratorio de Suelos y Aguas de INIAP Santa Catalina, para el análisis químico de suelos (macro y micro nutrientes, materia orgánica, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico).

- **Materia Seca (MS)**

Para el análisis de materia seca de la biomasa aérea total, se tomaron dos plantas de cada parcela en la fase de madurez fisiológica, se pesaron y se registraron el peso fresco de estas plantas, luego se secaron en la estufa a 65°C por 48 a 72 horas, hasta tener un peso constante, se pesó y se registró el peso seco. Se expresó en porcentaje de materia seca, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca} = (\text{Peso seco} / \text{Peso fresco}) \times 100$$

- **Extracción de nutrientes (EN)**

Las muestras secas de la biomasa aérea total de las dos plantas, se molió hasta que las partículas tengan menos de 2 mm de grosor, se tomaron submuestras de 50 g aproximadamente, para realizar el análisis químico de macro y micro nutrientes. Con los resultados del análisis químico de nutrientes y con los de materia seca, se calculó la extracción de nutrientes en la biomasa aérea total, luego se calculó la extracción total del cultivo de maíz; los datos se reportaron en kg/ha. Se aplicó la siguiente ecuación:

$$AN_{tot} = AN_g + AN_t + AN_r$$

Donde:

AN_{tot} = Acumulación de N total.

AN_g = Acumulación de N en el grano.

AN_t = Acumulación de N en la tusa.

AN_r = Acumulación de N en los residuos.

3.6.4. Análisis biológicos del suelo

- **Conteo de macro organismos del suelo (CMOS)**

Se utilizó un cuadrante de 1 m², a una profundidad de 20 cm en donde se observó y cuantificó la presencia de insectos y lombrices así como el peso de los mismos. La medición se hizo después de la cosecha por unidad experimental y se expresó en número de macro-organismos por especie/ha.

3.6.5. Análisis económico

Se realizó el Análisis de Presupuesto Parcial se consideraron los costos que varían en cada tratamiento con el correspondiente rendimiento.

3.7. Manejo específico del experimento de maíz duro.

3.7.1. Selección de lotes

Dentro de la microcuenca del río Alumbre, en las comunidades de Bola de Oro y Guarumal, se seleccionaron tres lotes de aproximadamente de 1300 m² cada uno, que hayan estado con pasto anteriormente por tres años.

3.7.2. Análisis de suelo

En cada sitio seleccionado, se tomaron muestras de suelo al inicio y al final del experimento en cada parcela neta, a una profundidad de 0 a 25 cm, para su análisis químico completo y físico en el laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina.

3.7.3. Trazado de zanjas

En las parcelas principales que corresponden al factor A (A1: con zanjas), se realizaron tres zanjas separadas cada 10 metros con una longitud de 12 metros y una profundidad de 0.50 metros. El trazado se hizo con la ayuda de un nivel en A, con una pendiente aproximada del 1%.

3.7.4. Para el caso de maíz

3.7.4.1. Preparación del suelo

En las parcelas que corresponde a labranza mínima no se realizó ninguna labor. En las unidades experimentales con labranza cero, 15 días antes de la siembra, se aplicó el herbicida Glifosato en una dosis de 250 cc/20 litros de agua, para el control de malezas (gramíneas y de hoja ancha).

3.7.4.2. Fertilización química

La fertilización química se aplicó de acuerdo con el análisis químico completo del suelo, siendo la dosis recomendada de 80-40-20-20 kg/ha de N-P-K-S. Para el caso de la labranza mínima al momento de la siembra, se aplicó el fertilizante al fondo del surco y a chorro continuo. Mientras que en las parcelas de labranza cero se aplicó el fertilizante en el hoyo y se tapó el fertilizante con tierra para que no esté en contacto directo con la semilla. Como fuente de nitrógeno se aplicó la

Urea en forma fraccionada, el 50 % al inicio y el otro 50% a los 60 días después de la siembra, Como fuente de Fósforo, Potasio y Azufre se aplicó los fertilizantes comerciales 18-46-00 y Sulphomag.

3.7.4.3. Siembra

En las parcelas que corresponden a la labranza mínima se utilizó azadón para realizar un surco y poner tres semillas por cada sitio, a una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre plantas: En la labranza cero se utilizó un espeque para realizar el hoyo y aplicar también tres semillas por sitio. Se sembró la variedad de maíz duro INIAP-176, en una dosis de 120 kg/ha, la misma que fue validada por el proyecto durante dos ciclos.

3.7.4.4. Tape

El tape en la labranza mínima se hizo en forma manual con azadón con una capa de tierra no mayor al doble de diámetro de la semilla. Para el caso de la labranza cero se utilizaron un espeque y luego se tapó con un poco de tierra.

3.7.4.5. Labores Culturales

Para el caso de los tratamientos con labranza mínima se realizó el rascadillo y deshierba a los 60 y 100 días después de la siembra con azadones, mientras que para los tratamientos de labranza cero se aplicó Atrazina cuando el maíz tuvo de 4 a 6 hojas verdaderas a razón de 10 g/litro de agua

3.7.4.6. Control de plagas

El combate de insectos plagas, como gusano trosador (*Agrotis ipsilon*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizó únicamente cuando fue necesario con el insecticida Acefato en dosis de 2 g/litro de agua. Para las enfermedades se aplicó el principio de manejo integrado del cultivo, con el uso de variedades resistentes, época de siembra y semilla de calidad.

3.7.4.7. Cosecha y clasificación

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica, se realizó la cosecha en forma manual en cada unidad experimental y se registró el peso correspondiente en kg/parcela y luego se clasificó el grano en semilla y comercial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Volumen de agua (VA)

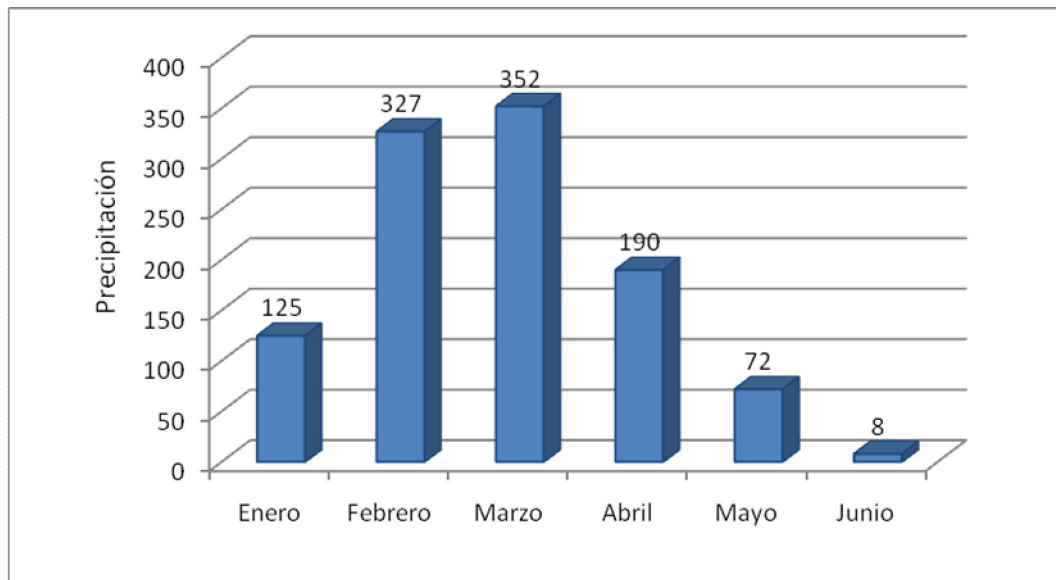


Gráfico 1. Volumen de agua mensual (mm) durante el ciclo de cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.

La precipitación total durante el ciclo de cultivo de maíz duro INIAP-176 fue de 1074 mm, durante los seis meses del ciclo del cultivo. En el Gráfico 1 se puede observar que los meses de mayor precipitación se encuentran entre febrero y marzo, los cuales coinciden con el desarrollo vegetativo de la planta. Datos históricos demuestran que el 80 % de las precipitaciones en la zona se dan entre los meses de enero y abril lo cual corrobora con estos resultados y de igual manera la cantidad precipitada para esta zona es normal. Sin embargo, la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue alta lo que afectó la producción, tomando en consideración que los requerimientos normales del cultivo de maíz duro están alrededor de los 650 mm (Aldrich, S.R. 2000). La intensidad de la lluvia en la microcuenca del río Alumbre se extiende a lo largo del día por lo que se disminuye la posibilidad de escurrimiento a través de la pendiente y más bien el agua que cae es absorbida por el suelo a las capas inferiores; sin embargo hay eventos por el cambio climático de hasta 78 mm en menos de una hora (INIAP.2008)

4.2. Densidad aparente

Cuadro 9. Prueba de Tukey al 5% para Da (gr/cm³) de 0 a 10 Cm de profundidad en diferentes períodos de evaluación. Chillanes. 2010.

Tratamientos	Da 0 a 10 Cm				
	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días
A1B1	0,82 AB	0,83 A	0,80 A	0,84 A	0,78 A
A1B2	0,79 AB	0,82 A	0,80 A	0,78 A	0,76 A
A2B1	0,77 B	0,82 A	0,82 A	0,78 A	0,76 A
A2B2	0,85 A	0,90 A	0,79 A	0,80 A	0,78 A
MGT	0,81	0,84	0,80	0,80	0,77
CV %	6,44	6,43	5,48	8,20	10,27
SE	*	ns	ns	ns	ns

Cuadro 10. Prueba de Tukey al 5% para Da (gr/cm³) de 11 a 20 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.

Tratamientos	Da 11 a 20 Cm				
	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días
A1B1	0,79 A	0,79 A	0,78 A	0,82 A	0,76 A
A1B2	0,81 A	0,79 A	0,79 A	0,78 A	0,74 A
A2B1	0,82 A	0,82 A	0,80 A	0,75 A	0,73 A
A2B2	0,83 A	0,83 A	0,80 A	0,75 A	0,74 A
MGT	0,81	0,81	0,79	0,78	0,74
CV %	9,49	6,59	5,43	6,23	8,70
SE	ns	ns	ns	ns	ns

MGT= Media General de Tratamientos

SE= Significancia Estadística

NS= No Significativo

*= Significativo al 5%

En el Cuadro 9, Podemos ver que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, cuando se evalúa la densidad hasta los 10 Cm de profundidad. Con excepción de la evaluación realizada a los 30 días. Quizá esta

diferencia se debió a las labores agrícolas o por el azar. Al hacer una comparación entre los diferentes períodos de evaluación se puede observar que la densidad tiende a presentar valores bajos. Esto quiere decir que a una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo. Así un suelo de bosque saludable tendrá una densidad baja, lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y, probablemente, mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor. (Pla Sentis, I. 1994)

La densidad aparente que se evaluó entre los 11 y 20 Cm de profundidad a través del tiempo aunque presentan valores numéricos diferentes, estos fueron no significativos (ns), entre los promedios de los tratamientos (Cuadro 10). Podemos decir que estos ligeros cambios numéricos se deben quizá a la poca actividad agrícola que se realiza en el suelo, dando lugar a la formación de agregados y mayor porosidad en el suelo.

El hecho de que no existan diferencias significativas entre tratamientos, se debe básicamente a que el tiempo transcurrido desde el inicio de la evaluación hasta el momento de los muestreos siguientes no fue suficiente como para que una propiedad como la densidad aparente se vea afectada de manera reveladora. En general se puede afirmar que, para que los diferentes usos del suelo afecten a las propiedades físicas, entre ellas la densidad aparente, de manera evidente deben pasar al menos cinco años de laboreos (Pla Sentis, I. 1994).

4.3 Humedad Gravimétrica

Cuadro 11. Prueba de Tukey al 5% para Humedad Gravimétrica (%) de 0 a 10 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010

Tratamientos	% Hg 0 a 10 Cm					MGAT
	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días	
A1B1	60,73 A	53,40 A	50,67 A	47,61 A	31,64 A	48,81
A1B2	62,04 A	55,71 A	48,89 A	45,83 A	38,07 A	50,11
A2B1	63,68 A	55,52 A	48,89 A	43,37 A	31,92 A	48,68
A2B2	61,69 A	52,18 A	48,03 A	43,77 A	32,26 A	47,59
MGT	62,04	54,20	49,12	45,15	33,47	48,80
CV %	10,17	6,92	5,49	8,14	20,73	
SE	ns	ns	ns	ns	ns	

MGT= Media General de Tratamiento

MGAT= Media General a través de Tiempo

NS= No Significativo

SE= Significativo Estadística

Cuadro 12. Prueba de Tukey al 5% para Humedad Gravimétrica (%) de 11 a 20 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010

Tratamientos	% Hg 11 a 20 Cm					MGAT
	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días	
A1B1	60,91 A	55,48 A	50,05 A	45,32 A	35,86 A	49,52
A1B2	59,46 A	57,01 A	50,76 A	45,65 A	40,54 A	50,68
A2B1	64,25 A	58,51 A	48,74 A	44,29 A	39,91 A	51,14
A2B2	61,63 A	56,44 A	48,16 A	44,62 A	38,89 A	49,95
MGT	61,56	56,86	49,43	44,97	38,80	50,32
CV %	15,79	8,44	6,42	6,41	21,00	
SE	ns	ns	ns	ns	ns	

En los Cuadros 11 y 12, se puede observar que la respuesta de los tratamientos a la Hg. es estadísticamente similar entre sí (ns). Los valores que se reportan para la

humedad gravimétrica presentan valores numéricos diferentes entre los tratamientos, aunque estadísticamente son iguales. De igual forma los valores tienden a bajar según los períodos de evaluación, esto se debe a que la Hg. está directamente relacionada con la cantidad de precipitación. Así, los 3 primeros meses son de más altas precipitaciones, por lo tanto los valores de Hg son más altos y luego la cantidad de lluvias va disminuyendo consecuentemente los valores de Hg, también disminuyen (Gráfico 1 Cuadros 11 y 12).

Los tratamientos en término general no influyeron en la variable Hg, quizá la intensidad de las lluvias y la cantidad en cada evento al estar el suelo con labranza mínima y cero permitió un nivel más o menos similar de infiltración y es claro que no existió un efecto a corto plazo de la construcción de zanjas. El efectos de las zanja quizá tiene una incidencia directa cuando el suelo esta desprotegido o labranza convencional en laderas con fuertes pendientes (Monar, C. 2011. Comunicación personal).

4.4. Compactación

Cuadro 13. Prueba de Tukey al 5% para Compactación (kg fuerza/cm²) de suelos de 0 a 10 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.

Tratamientos	Compactación 0-10 Cm				
	30 días	60 días	90 días	120 días	MGAT
A1B1	49,83 A	56 A	65,33 A	84,83 A	64,00
A1B2	51,5 A	63,17 A	60 A	77,33 A	63,00
A2B1	47,5 A	48,33 A	60,17 A	82,5 A	59,63
A2B2	46,33 A	54,5 A	66,67 A	89,83 A	64,33
MGT	48,79	55,50	63,04	83,62	
CV %	18,57	17,37	8,77	23,17	
SE	ns	ns	ns	ns	

Cuadro 14. Prueba de Tukey al 5% para Compactación (kg fuerza/cm²) de suelos de 11 a 20 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.

Tratamientos	Compactación 11-20 Cm				
	30 días	60 días	90 días	120 días	MGAT
A1B1	58,67 A	73,67 A	86,33 A	62,74 A	70,35
A1B2	63,83 A	75 A	77 A	111,5 A	81,83
A2B1	55 A	69,67 A	79,67 A	108 A	78,09
A2B2	59,67 A	71,67 A	88,67 A	116,17 A	84,05
MGT	59,29	72,50	82,92	99,60	
CV %	13,1	17,3	8,72	22,44	
SE	ns	ns	ns	ns	

Cuadro 15. Prueba de Tukey al 5% para compactación (kg fuerza/cm²) de suelos de 21 a 30 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.

Tratamientos	Compactación 21-30 Cm				
	30 días	60 días	90 días	120 días	MGAT
A1B1	82,67 A	95,5 A	103,5 A	114,33 A	99,00
A1B2	73,33 A	97,67 A	95,17 A	111 A	94,29
A2B1	66,17 A	88,17 A	98,33 A	111,83 A	91,13
A2B2	74,83 A	101,33 A	102,33 A	116,17 A	98,67
MGT	74,25	95,67	99,83	113,33	
CV %	21,85	12,25	10,55	15,21	
SE	ns	ns	ns	ns	

Cuadro 16. Prueba de Tukey al 5% para compactación (kg fuerza/cm²) de suelos de 31 a 40 Cm de profundidad en diferentes períodos. Chillanes. 2010.

Tratamientos	Compactación 31-40 Cm				MGAT
	30 días	60 días	90 días	120 días	
A1B1	145 A	198,33 A	155,67 A	151,5 A	162,63
A1B2	117,67 A	225,5 A	149,17 A	128,17 A	155,13
A2B1	97,33 A	221,67 A	164 A	136 A	154,75
A2B2	127,83 A	248,17 A	144,33 A	110,5 A	157,71
MGT	121,96	223,42	153,29	131,54	
CV %	49,94	16,67	26,76	40,95	
SE	ns	ns	ns	ns	

La respuesta de los tratamientos en lo que se refiere a la variable de compactación a diferentes profundidades y a través del tiempo fue estadísticamente similar (ns). Podemos observar que a medida que se avanza en profundidad el suelo presenta mayor compactación, posiblemente a profundidades mayores a 40 Cm la actividad biológica del suelo y la zona donde se encuentra la mayoría de las raíces disminuye (Cuadros del 13 al 16).

La compactación estuvo directamente relacionada con la cantidad de precipitación y la distribución de la misma a lo largo del ciclo vegetativo. Así, en los meses de mayor precipitación de enero a abril cuando el suelo está húmedo la compactación es menor, principalmente en profundidades de 0 a 30 Cm (Cuadros 13, 14 y 15).

Adicionalmente la compactación de suelo está relacionada con la textura, la densidad aparente, la actividad biológica, la rotación de cultivos, los tipos de labranza especialmente la convencional y en los suelos arcillosos influirá en una mayor compactación del suelo (Monar, C. 2011. Comunicación personal).

4.5. Rendimiento de grano

Cuadro 17. ADEVA para rendimiento de grano de maíz al 13% de humedad, en la microcuenca del río Alumbre. Chillanes. 2010.

F.V.	G1	CM	
Repeticiones	5	577378,49	ns
Factor A	1	861,60	ns
Factor B	1	1421767,55	*
AXB	1	105265,96	ns
Error	15	255822,06	
CV % 24,24			

ns= no significativo; *= significativo al 5%

Cuadro 18. Efecto principal del factor A (zanjas) en la variable Rendimiento maíz en Kg/ha al 13% de humedad. Chillanes. 2010.

Factor A	Promedio Kg/ha
A1: Con Zanjas	2357.71
A2: Sin Zanjas	2345.73
Efecto principal A1-A2	11.98Kg/ha NS

Ns= no sinificativo

Cuadro19. Efecto principal del factor B (tipos de labranza) en la variable Rendimiento maíz en Kg/ha al 13% de humedad. Chillanes.2010.

Factor B	Promedio Kg/ha
B1: Labranza mínima	2108.33
B2: Labranza cero	2345.73
Efecto principal B1-B2	486.79Kg/ha *

*= Significativo al 5%.

Cuadro 20. Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de rendimiento de maíz en Kg/ha al 13% de humedad. Chillanes. 2010.

Tratamientos	Promedio kg/ha,	Rango
A1B1	2048,09	A
A1B2	2667,33	A
A2B1	2168,56	A
A2B2	2522,90	A

- **Factor A (Zanjas)**

No existió un efecto significativo de la construcción de la zanjas al comparación al testigo sin zanjas (Cuadro 17). Con el análisis de efecto principal numéricamente la construcción de zanjas, rindió 11,98 Kg/ha más en comparación a la no construcción de zanjas (Cuadro 18). Esta respuesta evidencia que esta práctica de conservación de suelos es a mediano y largo plazo.

El efecto de la no construcción de zanjas es inmediato en siembras con labranza convencional y en pendientes mayores a 10%, sumado con eventos de fuertes lluvias e intensidad hasta 78 mm en menos de una hora.

Conociendo procesos muy severos de erosión hídrica, como sucede en la zona alta y media de la gran cuenca del Guayas con efectos muy graves de inundaciones en la zona baja (Monar, C. 2011. Comunicación personal).

- **Factor B. (tipo de labranza)**

La respuesta a los tipos de labranzas en cuanto al variable rendimiento de maíz, fue diferente (Cuadro 17). Con el análisis de efecto principal, la cero labranza rindió 486.79 Kg/ha más en comparación a la labranza reducida (Cuadro 19).

Estos resultados son similares a los reportados por Monar, C. 2010 en que investigaciones de labranzas en el cultivo de maíz, demostrando una mayor producción en labranza cero por varios atributos como la conservación de la humedad, reducción de erosión y una mayor eficiencia del nitrógeno ya que se reduce la pérdida por lixiviación o volatilización de acuerdo el clima.

- **Interacción de Factor A x B**

Para la variable rendimiento en t/ha, la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 20), muestra que los rendimientos de maíz duro no fueron diferentes entre los tratamientos esto quiere decir que las prácticas de conservación como son las zanjas de desviación no dependieron del tipo de labranzas.

Las zanjas como tal vienen a constituirse en una práctica que se puede medir su efecto a mediano y largo plazo y en la pérdida de suelo por escorrentía.

Numéricamente el rendimiento promedio más alto se registró en el tratamiento A1B2 (construcción de zanjas en labranza cero) con 2667.33 Kg/ha (Cuadro 20). Este rendimiento es menor al reportado por INIAP con la variedad INIAP-176, quizá influyo la cantidad excesiva de lluvia durante todo el ciclo del cultivo, reduciendo la eficiencia del Índice de Nitrógeno.

4.6. Extracción de nutrientes por las diferentes partes de la planta

Los análisis de varianza para las variables de química de extracción de nutrientes determinaron que no existieron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), al comparar las diferencias de los promedios de los tratamientos en estudio; eso significa que los tratamientos de agricultura de conservación no tuvieron diferente comportamiento en relación entre ellos mismos. Únicamente el Mg (Cuadro 22) presentó diferencias estadísticas ($P > 0.05$), cuando se evaluó la extracción de nutrientes por el grano de maíz.

Cuadro 21. Tukey al 5% y promedios para Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S por la planta de maíz I-176, Chillanes. 2010.

Tratamiento	Kg/ha					
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S
A1B1	28,82 A	6,37 A	64,76 A	13,1 A	5,89 A	2,64 A
A1B2	30,67 A	8,48 A	76,06 A	10,04 A	6,91 A	3,95 A
A2B1	28,11 A	5,36 A	79,98 A	9,12 A	5,79 A	3,08 A
A2B2	26,59 A	6,17 A	67,18 A	6,23 A	4,68 A	2,43 A
MGT	28,55	6,60	72,00	9,62	5,82	3,03
C.V. %	35,91	49,81	35,02	58,2	35,33	45,62
SE	ns	ns	Ns	ns	ns	ns

Cuadro 22. Tukey al 5% y promedios para Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S por el grano de maíz I-176. Chillanes. 2010.

Tratamiento	Kg/ha					
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S
A1B1	28,95 A	13,26 A	11,08 A	0,75 A	2,64 A B	2 A
A1B2	35,57 A	14,96 A	9,35 A	2,42 A	3,04 A B	2,25 A
A2B1	23,98 A	10,84 A	6,96 A	1,4 A	2,26 B	1,75 A
A2B2	35,56 A	14,75 A	9,15 A	3,19 A	3,16 A	2,16 A
MGT	31,02	13,45	9,14	1,94	2,78	2,04
C.V. %	23,91	22,27	42,02	91,84	19,16	28,55
SE	ns	ns	ns	ns	*	ns

Cuadro 23. Tukey al 5% y promedios para Extracción de N, P, K, Ca, Mg y S por la tusa de maíz I-176. Chillanes. 2010.

Tratamiento	Kg/ha					
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S
A1B1	3,12 A	0,77 A	4,16 A	0,78 A	0,29 A	0,38 A
A1B2	3,88 A	0,89 A	3,58 A	0,55 A	0,33 A	0,61 A
A2B1	3,94 A	0,7 A	10,99 A	0,25 A	0,34 A	0,49 A
A2B2	2,94 A	0,89 A	3,71 A	0,35 A	0,3 A	0,34 A
MGT	3,47	0,81	5,61	0,48	0,32	0,46
C.V. %	32,56	55,75	123,18	70,11	29,08	48,13
SE	ns	ns	ns	ns	ns	ns

4.7. Extracción total de nutrientes

Cuadro 24. Absorción total de nutrientes por la planta de maíz I. 176. Chillanes. 2010

Tratamiento	Kg/ha					
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S
A1B1	60,89 A	20,4 A	80 A	14,63 A	8,82 A	5,01 A
A1B2	70,12 A	24,33 A	88,99 A	13,01 A	10,27 A	6,81 A
A2B1	56,03 A	16,9 A	97,93 A	10,76 A	8,38 A	5,32 A
A2B2	65,1 A	21,8 A	80,04 A	9,77 A	8,14 A	4,92 A
MGT	63,04	20,86	86,74	12,04	8,90	5,52
C.V. %	20,62	23,45	27,4	46,84	23,6	25,66
SE	ns	ns	ns	ns	ns	ns

La respuesta de los tratamientos en cuanto a la variable de extracción de nutrientes por la planta de maíz, el grano y la tusa y por ende la extracción total, fue similar (NS) (Cuadros: 21,22,23 y 24).

La cantidad de macro y micro nutrientes extraídos por la planta de maíz es muy importante, siendo necesario un plan de manejo sostenido de fertilización química y orgánica de manejo de cultivo.

En total la planta de maíz extrajo 63.04 Kg/ha de Nitrógeno; 20.86 Kg/ha de P2O5; 86.74 Kg/ha de K2O; 12.04 Kg/ha de Ca; 8.90 Kg/ha de Mg y 5.52 Kg/ha de S (Cuadro 24). De estos valores promedios totales 45.29% (28.55 Kg/ha N) de Nitrógeno se distribuyó en los restos vegetales; el 49.21% (31.02 Kg/ha) de nitrógeno al grano y el 5.50% (3.47 Kg/ha) de nitrógeno a la tusa. Estos resultados evidencias la gran importancia del nitrógeno en el cultivo de maíz en el (Cuadro 25).

Para el P2O5 que es un elemento de lenta asimilación y movilidad, la cantidad total extraída fue de 20.86 Kg/ha, distribuido el 31.64% (6.60 Kg/ha) en los restos vegetales; 64.48% (13.45 Kg/ha) al grano y el 3.88% (0.81 Kg/ha) a la tusa (Cuadro 24). El porcentaje de P2O5 estuvo en el grano lo que demuestra la fuerte sinergia e interacción con el nitrógeno mismos que contribuyen a la calidad de grano (Monar, C. 2011. Comunicación personal).

Para el caso del K₂O, el 83.00% (72.00 Kg/ha) se encontró en restos vegetales; el 10.53% (9.14 kg/ha) en el grano y el 6.47% (5.6 Kg/ha) en la tusa (Cuadro 24).

Para el calcio, el 79.90% (9.6 Kg/ha) estuvo presente en los restos de vegetales; el 6.11% (1.94 Kg/ha) en el grano y el 3.99% (0.48 Kg/ha) en la tusa (Cuadro 24).

El manganeso el 65.25% (5.82 Kg/ha) se evaluó en los restos vegetales, el 31.17% (2.78 Kg/ha) en el grano y el 3.58% (0.32 Kg/ha) en la tusa (Cuadro 24).

Y estos resultados nos demuestran la gran importancia de fertilización equilibrada y sostenible en el cultivo de maíz. Es de vital importancia el uso y manejo sostenible de los restos vegetales de la planta y la tusa para su incorporación al suelo.

Lastimosamente en la zona de estudio, los productores queman los restos vegetales y las tusas y lo que es más crítico después de la cosecha en choclo, venden el forraje de maíz a penas en un valor promedio de \$ 40/ha (Mona, C. 2011).

El dejar o devolver al suelo los restos vegetales y tusa, estaríamos incorporando 34.05 Kg/ha de N; 7.41 Kg/ha de P₂O₅; 77.61 Kg/ha de K₂O; 9.60 Kg/ha de Ca; 6.41 Kg/ha de Mg y 3.49 Kg/ha de S (Cuadros: 21, 22, 23 y 24).

La práctica de conservación de suelo sumados a BPM de la fertilidad contribuirán a un manejo sostenible del recurso suelo en la microcuenca del río Alumbre lo que se puede aplicar a toda la zona maicera de la provincia Bolívar en donde se cultivan aproximadamente 38.000 ha de maíz; de los cuales 35.000 ha corresponden a maíz suave y 3.000 ha a maíz duro (Monar, C. 2009 y Comunicación personal 2011).

Con base a estos resultados y el manejo de la fertilidad en el maíz duro, podemos mejorar significativamente con la incorporación de los restos vegetales al suelo.

4.8 Absorción de nitrógeno en las diferentes partes de la planta de maíz

Cuadro 25. Absorción de nitrógeno en la planta de maíz, promedio de seis localidades .Chillanes. 2010.

Tratamientos	Kg/ha			
	Grano	Tusa	Planta	Total
A1B1	28,95 A	3,12 A	28,82 A	60,89
A1B2	35,57 A	3,88 A	30,67 A	70,12
A2B1	23,92 A	3,94 A	28,11 A	55,97
A2B2	35,56 A	2,94 A	26,59 A	65,09
MGT	31,00	3,47	28,55	63,02
PEN	(49.21%)	(5.50%)	(45.29%)	(100%)
C.V. %	23,91	32,56	35,91	
SE	ns	ns	ns	

NS= No Significativo.

PEN= Porcentaje de Extracción de Nutrientes.

La absorción del N en el grano, tusa y residuo (resto de la parte aérea de la planta de maíz) en la localidad de Chillanes se presenta en el Cuadro 25. La tendencia observada es que la aplicación de N al suelo incrementa la absorción de este elemento en todas las partes de la planta. La mayor cantidad de N se encuentra en el grano 49,21%, luego en el residuo 45,29% y el 5,50% en la tusa. Podemos ver que en el tratamiento A1B2 es el que mejor absorbe el nitrógeno en cada una de las partes de la planta analizada con un promedio de 70,12 kg/ha. Hay que considerar que la eficiencia del nitrógeno está directamente relacionada con la precipitación ya que por ser un elemento de alta movilidad y al existir altas precipitaciones en la zona se debe fraccionar su aplicación para evitar pérdidas de este elemento por lixiviación.

El manejo de los rastrojos después de la cosecha del grano de maíz como cobertura del suelo; es importante considerar al momento de realizar las recomendaciones de fertilización. Ya que la cantidad de N y otros elementos que quedan con los rastrojos no se consideran en los programas de fertilización de los cultivos. Además, esta información contribuye a definir la dinámica del N en el sistema de producción del maíz que es el cultivo predominante en la provincia Bolívar.

4.9. Análisis de Índice de Nitrógeno para medir la sustentabilidad del suelo

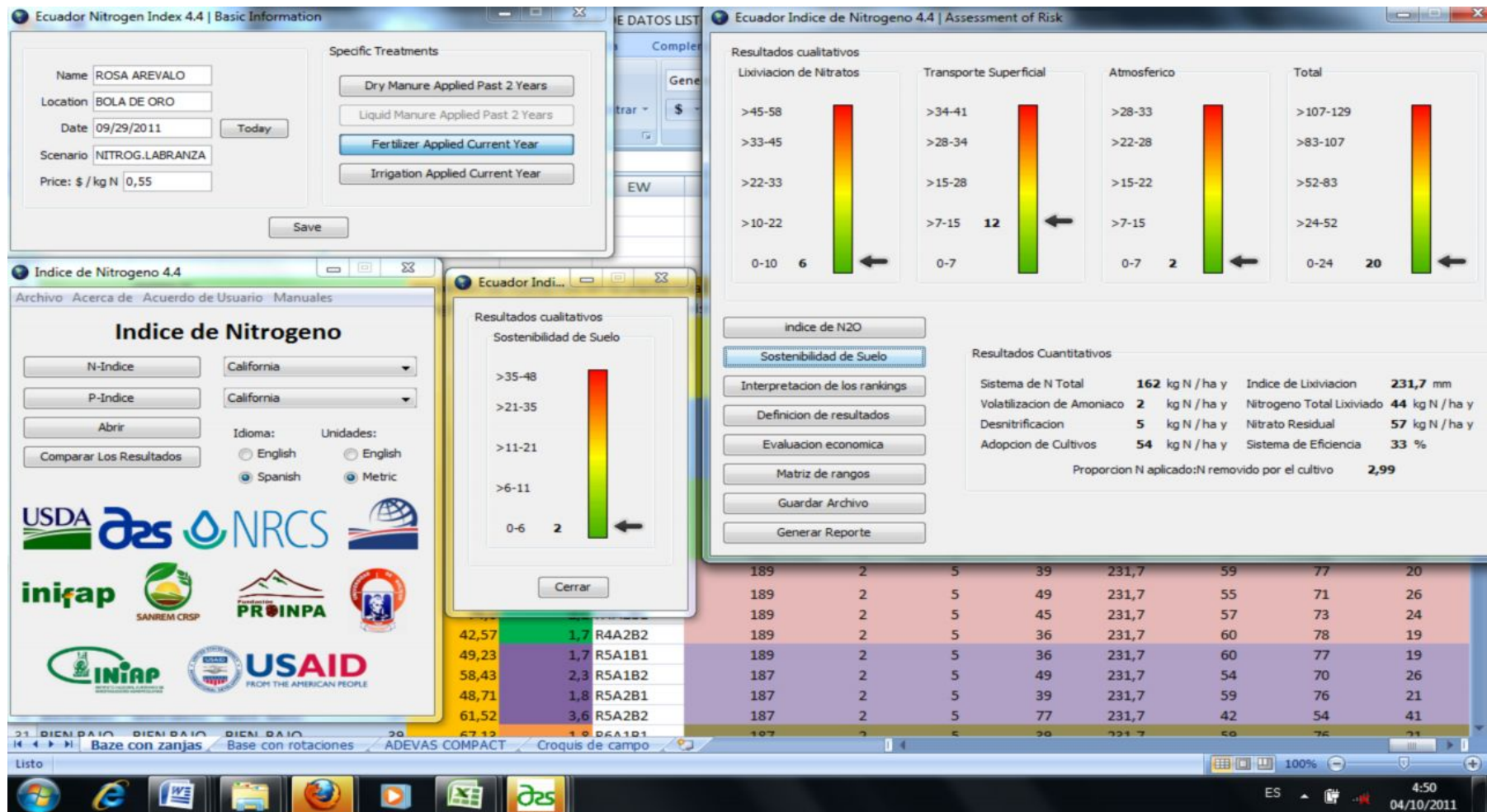


Gráfico 2. Respuesta de los tratamientos al Índice de Nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.



SOIL PLANT
NUTRIENT RESEARCH
1950 Centre Ave, RM 8, Suite 100, Fort Collins, CO 80526



Ecuador Indice de Nitrogeno Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

ROSA AREVALO
09/29/2011
BOLA DE ORO
NITROG.LABRANZA

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 162
Volatilizacion de Amoniac (kg N / ha y): 2
Desnitrificacion (kg N / ha y): 5

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 54
Indice de Lixiviacion (milímetros): 231,7
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 42

Nitrato Residual (kg N / ha y): 54
Eficiencia del Sistema (%): 33
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 3

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniac(\$ / ha y (Pérdida)): 1,32
Desnitrificacion(\$ / ha y (Pérdida)): 2,63
Nitrogeno Total Lixiviado(\$ / ha y (Pérdida)): 23,07
Nitrato Residual(\$ / ha y (Pérdida)): 29,89

	Clases o Categorías				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos	4				
Transporte Superficial		12			
calidad Atmosferico	2				
Sostenibilidad	2				
Total	18				

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email:
Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Para preguntas:
Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolívar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email:
escuderoLuis2005@yahoo.com

Gráfico 3. Respuesta del tratamiento 1 (Con zanjas de desviación y labranza mínima en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.



SOIL PLANT
NUTRIENT RESEARCH
1950 Centre Ave, RM 2, Suite 100, Fort Collins, CO 80526



Ecuador Indice de Nitrogeno Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

ROSA AREVALO
09/29/2011
BOLA DE ORO
NITROG.LABRANZA

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 162
Volatilizacion de Amoniac (kg N / ha y): 2
Desnitrificacion (kg N / ha y): 5

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 60
Indice de Lixiviacion (milímetros): 231,7
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 39

Nitrato Residual (kg N / ha y): 51
Eficiencia del Sistema (%): 37
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 2,7

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniac(\$ / ha y (Pérdida)): 1,32
Desnitrificacion(\$ / ha y (Pérdida)): 2,63
Nitrogeno Total Lixiviado(\$ / ha y (Pérdida)): 21,53
Nitrato Residual(\$ / ha y (Pérdida)): 27,89

	Clases o Categorías				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos	4				
Transporte Superficial		12			
calidad Atmosferico	2				
Sostenibilidad	2				
Total	18				

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email:
Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Para preguntas:
Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolívar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email:
escuderoLuis2005@yahoo.com

Grafico 4. Respuesta del tratamiento 2 (Con zanjas de desviación y labranza cero en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.



SOIL PLANT
NUTRIENT RESEARCH
1950 Centre Ave, RM 8, Suite 100, Fort Collins, CO 80526



Ecuador Indice de Nitrogeno Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

ROSA AREVALO
09/29/2011
BOLA DE ORO
NITROG.LABRANZA

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 162
Volatilizacion de Amoniac (kg N / ha y): 2
Desnitrificacion (kg N / ha y): 5

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 69
Indice de Lixiviacion (milímetros): 231,7
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 35

Nitrato Residual (kg N / ha y): 46
Eficiencia del Sistema (%): 42
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 2,3

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniac(\$ / ha y (Perdida)): 1,32
Desnitrificacion(\$ / ha y (Perdida)): 2,63
Nitrogeno Total Lixiviado(\$ / ha y (Perdida)): 19,48
Nitrato Residual(\$ / ha y (Perdida)): 25,23

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos	4				
Transporte Superficial		12			
calidad Atmosferico	2				
Sostenibilidad	2				
Total	18				

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email:
Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Para preguntas:
Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolivar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email:
escuderoLuis2005@yahoo.com

Gráfico 5. Respuesta del tratamiento 3 (Sin zanjas y labranza mínima en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.



SOIL PLANT
NUTRIENT RESEARCH
1950 Center Ave, Bldg E, Suite 100, Fort Collins, CO 80526



Ecuador Índice de Nitrogeno Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

ROSA AREVALO
09/29/2011
BOLA DE ORO
NITROG.LABRANZA

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 162
Volatilizacion de Amoniac (kg N / ha y): 2
Desnitrificacion (kg N / ha y): 5

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 60
Indice de Lixiviacion (milimetros): 231,7
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 39

Nitrato Residual (kg N / ha y): 51
Eficiencia del Sistema (%): 37
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 2,7

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniac(\$ / ha y (Perdida)): 1,32
Desnitrificacion(\$ / ha y (Perdida)): 2,63
Nitrogeno Total Lixiviado(\$ / ha y (Perdida)): 21,53
Nitrato Residual(\$ / ha y (Perdida)): 27,89

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos	4				
Transporte Superficial		12			
Calidad Atmosferico	2				
Sostenibilidad	2				
Total	18				

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email:
Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Para preguntas:
Carlos Monar
Universidad Estatal de
Bolivar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email:
escudero1uis2005@yahoo.com

Grafico 6. Respuesta del tratamiento 4 (Sin zanjas y labranza cero en el cultivo de maíz) al índice de nitrógeno para medir la sustentabilidad de suelo en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.

La herramienta informática de Index Nitrogen, fue desarrollado por Dr. Delgado, J. et. al., en varios años de estudio científico por USDA, ARS, mismo que está siendo validado para Ecuador a través del proyecto INIAP-SANREM- CRSP y la Universidad Estatal de Bolívar. La información requerida para aplicar esta herramienta es: Físicas de suelo como densidad aparente, profundidad de suelo, textura, estructura, compactación; Química del suelo como pH, M.O., macro y micronutrientes; Bioclimáticas como la precipitación, humedad, temperatura, evapotranspiración; Biológicas, Macro y Microfauna del suelo; Agronómicas como rendimiento, materia seca, y. Prácticas de conservación de suelos como, barreras vivas, curvas de nivel, zanjias de desviación, manejo de residuos, cultivos de cobertura y rotación de cultivos.

Al utilizar el Índice de Nitrógeno podemos ver que no existen diferencias entre los tratamientos de esta investigación, esto quiere decir que todas las prácticas de agricultura de conservación utilizadas son sustentables y conservan el suelo. En el Gráfico 2, podemos observar los resultados cualitativos obtenidos, donde las barras de color verde señaladas con las flechas nos indican que los suelos se encuentran con un buen manejo tanto en la utilización de fertilizantes, prácticas de conservación, factores físicos del suelo y manejo agronómico del cultivo. Dentro de los resultados cuantitativos obtenidos vemos que el nitrógeno total en el sistema (Gráficos 3 al 6) fue de 162 kg/ha por año. El cultivo aprovechó 54 kg/ha por año, el nitrógeno total lixiviado fue de 44 kg/ha por año y la eficiencia del sistema fue del 33%. Al realizar una evaluación económica podemos ver que las pérdidas de nitrógeno total lixiviado y de nitrato residual son de \$24.4 y \$31.23 dólares por hectárea y por año respectivamente.

4.10. Macrofauna en el suelo

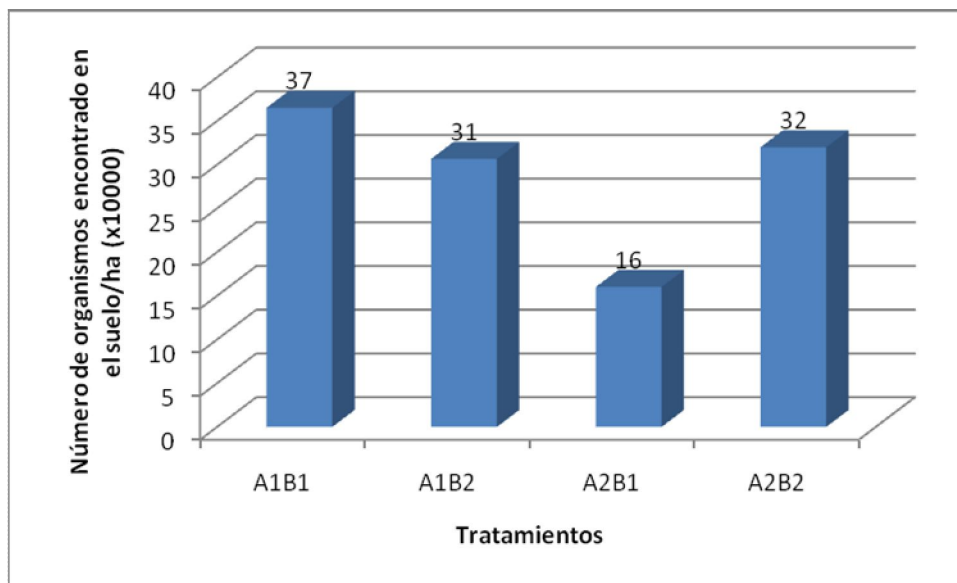


Gráfico 7. Macro organismos del suelo encontrados en el cultivo de maíz duro INIAP-176. Chillanes. 2010.

Al calcular los promedios de la evaluación de la macrofauna existente en el suelo podemos ver que en el tratamiento A1B1 (con zanjás y labranza mínima) existió más cantidad de organismos presentes (37000/ ha), seguido por el A2B2 y A1B2 con 32000 y 31000 organismos /ha respectivamente. El tratamiento A2B1 (sin zanjás y labranza mínima) es el que menor cantidad de organismos reporta. Entre los organismos que mayormente se destacan en cada uno de los tratamientos están las hormigas 67.5% (*Iridomyrnx humilis*) los cutzos(*Phyllophaga sp*) con 22%, Gusano alambre 5,9% (*Agrotis exclamationis*) y lombrices (*Lumbricus terrestris*) 4,5%. Quizá a las parcelas que corresponden al tratamiento A2B1, se observó una mayor presencia de pollos y gallinas, particularmente en cuatro de las seis repeticiones; lo que incidió en una menor población de insectos y lombrices.

4.11. Análisis económico de Presupuesto Parcial

Cuadro 26. Análisis económico de Presupuesto Parcial para los tratamientos de prácticas de conservación y sistemas de labranza. Microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar-Ecuador. 2011.

Tratamientos	Total costos que varían Kg/ha \$	Beneficio Neto \$
T4: A2B2	96.00	736.59
T2: A1B2	880.00	80.11

T1, T2 y T3 fueron dominados por que se incrementaron los costos que varían y redujo los Beneficios Neto.

Económicamente la mejor alternativa tecnológica para la microcuenca de río Alumbre es el T4: A2B2 (Sin zanjas y Labranza cero), con un costo total que varió en el tratamiento de \$ 96/ha (mano de obra para el hoyado), con un beneficio en base a presupuesto parcial de \$ 736.59/ha.

El precio de venta de un kilo de maíz duro fueron de \$ 0.33/Kg y costo de y un jornal día se considera \$ 8/día.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En la comunidad Bola de Oro de la microcuenca del río Alumbre las condiciones de precipitación fueron de 1074 mm en los seis primeros meses del año, siendo los más lluviosos, lo que incidió en la producción del rendimiento, pues el maíz duro de ciclo intermedio necesita 650 mm.
- El rendimiento promedio más alto se presentó en los tratamientos el T2: A1B2 con 2667.33Kg/ha y T4: A2B2 con 2522.90 Kg/ha.
- La investigación se realizó en campo de productores y en condiciones de ladera con pendientes que superan el 50 % y los suelos son muy frágiles propensos a los procesos erosivos ya sea por el viento, la lluvia y también por actividades agrícolas que realiza el hombre.
- En la investigación establecida en términos generales podemos decir que el establecimiento de zanjas de desviación y los sistemas de labranza utilizados no afectaron en la producción de maíz duro INIAP-176, estos cambios se podrán evidenciar a mediano y largo plazo en las siguientes rotaciones que se vayan estableciendo y por efecto de los tratamientos.
- En cuanto a las características físicas de densidad aparente (Da gr/cm^3) (T1: 0,80; T2: 0,78; T3: 0,78 y T4: 0,80), humedad gravimétrica (Hg %) (T1: 49,17; T2: 50,40; T3: 49,91 y T4: 48,77) y compactación (kg fuerza/cm^2) (T1:99,00; T2:98,56; T3: 95,90 y T4: 101,19) (C) de cada uno de los tratamientos estudiados podemos ver que su comportamiento es similar entre ellos, esto quiere decir que las zanjas, la labranza reducida y la labranza cero, no afectaron las propiedades físicas estudiadas.

- Las propiedades químicas del suelo analizadas tales como la extracción de nutrientes por toda la planta (N: 63,09; P: 20,56; K: 86,74; Ca: 12,04; Mg: 8,90 y S: 5,52 kg/ha), así como la extracción por cada parte de la planta (residuos: N: 28,55; P: 6,60; K: 72; Ca: 9,62; Mg: 5,82 y S: 3,03 kg/ha, el grano: N: 31,02; P: 13,45; K: 9,14; Ca: 1,94; Mg: 2,778 y S: 2,04 kg/ha y la tusa: N: 3,47; P: 0,81; K: 5,61; Ca: 0,48; Mg: 0,32 y S: 0,46 kg/ha) el contenido de nutrientes en el suelo tanto de macro y micro elementos, no presentan diferencias entre tratamientos, este comportamiento es de esperarse ya que es el primer cultivo implementado dentro de un plan de rotaciones y los cambios por efecto de los tratamientos se podrán dar a mediano y largo plazo.
- Incorporando las prácticas de agricultura de conservación (zanjas de desviación y labranza cero), se logran mejores beneficios económicos y una disminución de los riesgos de pérdida de suelo por labranza, debido a la reducción de los costos, en comparación con las prácticas convencionales que utilizan los productores de maíz en la microcuenca del río Alumbre.
- Económicamente la mejor alternativa tecnológica para la microcuenca de río Alumbre es el T4: A2B2 (Sin zanjales y Labranza cero), con un costo total de \$ 96/ha (mano de obra para el hoyado), con un beneficio en base a presupuesto parcial de \$ 736.59/ha.

5.2 . RECOMENDACIONES

- La microcuenca del río Alumbre y en particular la comunidad Bola de Oro presenta altas precipitaciones (1074 mm/6 meses) por lo que se hace necesario validar nuevos materiales de maíz como: INIAP-180; INIAP-103, etc. que sean resistentes al acame y enfermedades, conjuntamente con épocas de siembra de enero a marzo y de fertilización nitrogenada en tres aplicaciones: siembra, etapa V4 + 1 y en floración masculina. La dosis de 80 Kg/N por hectárea.
- Se debe evaluar la dinámica de los nutrientes en el suelo en cada una de las rotaciones que se siembren con la finalidad de medir el aporte de los factores en estudio, esto es las zanjias y los sistemas de labranza.
- Por ser una investigación donde se quiere medir el efecto de las prácticas de conservación de suelos y los sistemas de labranza, se debe establecer parámetros de evaluación fijos, tales como: porcentaje de emergencia y rendimiento, densidad aparente y compactación al inicio y final del ciclo de cultivo, análisis de macro y micronutrientes al inicio y final del ciclo de cultivo en cada una de las rotaciones involucradas en la investigación.
- Las investigaciones en agricultura de conservación son de mediano y largo plazo por lo tanto es importante involucrar a los organismos de desarrollo locales como la Universidad, Gobierno Provincial y Municipios para dar sustento y seguimiento a estas investigaciones.
- Utilizar el Índice de Nitrógeno que constituye una nueva herramienta que permite optimizar la eficiencia de los fertilizantes y las prácticas de agricultura de conservación en los diferentes cultivos, lo que contribuye a la sostenibilidad del sistema de producción.

VI. RESUMEN Y SUMMARY

6.1. RESUMEN

La agricultura de conservación en condiciones de ladera y la eficiencia de los nutrientes en el cultivo de maíz, son alternativas tecnológicas que el proyecto SANREM-CRSP viene implementando en la microcuenca del Río Alumbre. Sin embargo no se ha podido medir su efecto en forma tangible. Esta investigación nos permitió: i). Evaluar el efecto de dos prácticas de conservación de suelos sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo; ii). Determinar el efecto de las Buenas Prácticas de Manejo del Suelo sobre el rendimiento de maíz duro, y iii). Realizar un análisis económico de la implementación de buenas prácticas de manejo del suelo.

Los factores en estudio fueron: A: Prácticas de conservación (A1 Con Zanjas y A2: Sin Zanjas) y B: Tipos de labranzas (B1: Labranza Mínima y B2: Labranza Cero). De la combinación de estos factores se tuvo 4 tratamientos, se aplicó el diseño de bloques completos al azar "DBCA"(factorial 2X2),. Se realizó el análisis estadístico de varianza y prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos, se evaluaron variables físicas, químicas, biológicas y también se utilizó el Índice de Nitrógeno para evaluar la sustentabilidad del suelo.

Como resultados tenemos que: La precipitación total el ciclo de cultivo de maíz duro INIAP-176 fue de 1074 mm, en los seis meses del cultivo, los meses de mayor precipitación fueron febrero y marzo. La densidad aparente y la humedad gravimétrica analizadas a de 0 a 10 cm y de 11 a 20 cm, no presentaron diferencia estadística significativa entre los tratamientos, sus efectos se podrán medir a mediano o largo plazo. La respuesta de los tratamientos a la compactación en diferentes profundidades y a través del tiempo fueron estadísticamente similares (ns), se pudo ver que a medida que avanza en profundidad, el suelo es más compacto.

Para las variables de rendimiento y extracción de nutrientes en las diferentes partes de la planta (grano, tusa y resto vegetales de la planta) no existió diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), esto significa que los tratamientos de agricultura de conservación no tuvieron diferente comportamiento. La extracción total del nitrógeno por la planta es de 63.02 Kg/ha de N. Económicamente el tratamiento con el beneficio neto (\$736.59/ha) fue el T4 (Sin Zanjas y Labranza Cero). Al utilizar el Índice de Nitrógeno se pudo ver que no existen diferencias entre los tratamientos de esta investigación, esto quiere decir que todas las prácticas de agricultura de conservación utilizadas son sustentables y conservan el suelo

6.2. SUMMARY

Conservation agriculture on sloping and nutrient poor terrains is a suite of alternative technologies that are being implementing in corn-based cropping systems the Alumbre River sub-watershed by the SANREM CRSP project. The tangible effects, however, have been difficult to measure. This investigation allowed us to: i) Evaluate the effect of deviation ditches and reduced till in the medium term, with respect to the physical, chemical, and biological characteristics of the soil; ii) to determine the effect of the Best Soil Management Practices on feed corn yields and dry matter production in corn, and iii) to perform an economic analysis of the implementation of good practices of soil management.

The factors studied were: A: Conservation practices (A1: with deviation ditches and A2: without deviation ditches) and B: types of till (B1: Reduced Till and B2: No Till). ***With the combination of these factors, there were 4 treatments studied, using the random experimental block design "DCBA", factorial 2x2. Statistical analysis of variance was performed, as well as the Tukey Test at 5% to compare treatment averages, to evaluate physical, chemical, and biological variables, and to evaluate the sustainability of soil, using the Nitrogen Index.

Results conclude that: the total precipitation during the cycle of feed corn (var. INIAP-176) production was about 1,074mm, with the majority of this precipitation occurring in February and March. The bulk density and the soil water content, analyzed from 0 to 10 cm and from 11 to 20 cm, did not differ significantly between the treatments. The response of the treatments to compaction at different depths and times were also statistically similar, although it was evident that the soil was more compact at the deeper soil levels.

For the yield and nutrient extraction variables in the different parts of the plants (grain, cob, and stover), there was no statistically significant difference ($P > 0.05$). The total extraction of nitrogen by the plant averaged 63.02Kg/ha. The average net return for all the systems was \$736.59/ha, and there was evidence of

differences between the treatments with respect to the Nitrogen Index. These results suggests that conservation agriculture practices are economically competitive with conventional agricultural practices, but the supposed benefits of conservation agriculture practices may not be realized in the shorter term.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. AIGNER, S.; FLORA, C.; HERNÁNDEZ, J. 2001. The Premise and Promise of Citizenship and Civil Society for Renewing Democracies and Empowering Sustainable Communities. *Sociological Inquiry*, 71: 493-507.
2. ALDRICH, S. y LONG, M. 2000. Producción Moderna del Maíz. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Buenos Aires. Pp. 10-22.
3. ARMAS, L. 1996. “Plan de Manejo, aprovechamiento y conservación de los microcuencas de Arco Cucho y Ladrillos Flanco oriental de la parte alta de Volcán Pichincha”. Tesis de grado Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador. Facultad Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador Pp. 124.
4. AGROMAT. 2006. Política ambiental para el desarrollo sustentable del sector agropecuario del Ecuador. Revista informativa del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Edición N° 1, Año 1, Editorial AXXIS Publicidad. Quito – Ecuador. Pp. 41.
5. AGRONET. 2009. Materia Orgánica. Artículo principal. Portal (En línea)
6. BARRERA V.; León-Velarde, C.; Grijalva, J. y Chamorro, F., 2004. Manejo de sistemas de producción “Papa-Leche” en la sierra Ecuatoriana. INIAP-CIP-PROMSA. Editorial ABYA-YALA. Quito. Ecuador. Pp 196
7. BARRERA, V., CÁRDENAS, F., ESCUDERO, L. y ALWANG, J. 2007. Manejo de recursos naturales basado en cuencas hidrográficas en agricultura de pequeña escala: el caso de la subcuenca del río chimbo. Estudio de línea base. Guaranda, Ec. Proyecto INIAP-SANREM. Pp. 11-15.
8. BEBBINGTON A., 1999. Capitals and Capabilities: A Framework for Analyzing Peasant Viability, Rural Livelihoods and Poverty. *World Development*, 27: 2021-2044.

9. BRIZUELA, L. 1999. Guía Técnica para la Producción de Maíz en Honduras. Programa Nacional de Maíz. Omonita, Cortés. Pp. 27-30
10. CARVAJAL, M. 1992. Estudio de la erosión y prácticas de conservación de suelos mediante cuatro parcelas experimentales en Mojanda-Cajas. Tesis. Ing. Agr. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas Pp. 31-36.
11. CIMMYT. 1994. Manejo de Ensayos e Informes de Datos de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. Pp. 23.
12. CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANSON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEIL, R.; PARVELO, R.; RASKIN, R.; SUTTON, P. y VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-360.
13. CURSO PRODUCCION DE MENESTRAS DE EXPORTACION. 1999. (Para agricultores) Manual Técnico N° 02/99 Promenestras. Febrero, Chiclayo-Perú.
14. DELGADO, J.A and R.F. Follet. 2002. Carbon and nutrient cycles. *Journal of Soil and Water Conservation*.
15. DELGADO, J.A.; M. Shaffer, C. Hu.; R. Lovado, J. Cueto Wong, P. Joosse, D. Sotomayor. 2006a. A decade of change in nutrient management requires and new tool: A new nitrogen index: *Journal of Soil and Water Conservation*.
16. DEPARTAMENTO DE ORDENACION DEL TERRETORIO Y MEDIO AMBIENTE. 2004. Acidificación del Suelo. Argentina. Pp. 130-135.
17. DFID, 1998. Sustainable rural livelihoods: what contribution can we make?. Department for International Development. Oxford, UK. Pp 20-32.

18. DUARTE, M. y CAUSE, C. 2001. Manual Práctico para la Conservación de los Suelos. La Habana - Cuba. Pp. 60- 67.
19. DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE, 2009.
20. ENCICLOPEDIA LUMINA NORMA; Edición 2001
21. FAO, 1984. Sistemas agroforestales en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Pp. 222.
22. FAO. 2008. Mecanización agrícola. (en línea). Consultado el 29 de septiembre del 2008. Disponible en <http://www.fao.org/ag/ags////subjects/es/farmpower/index.html>.
23. FLORA, C., EMERY, M., FEY, S., BREGENDAHL, C. 2004. Community Capitals: A Tool for Evaluating Strategic Interventions and Projects. North Central Regional Center for Rural Development. Iowa State University.
24. FOSTER, A. 1990. Métodos Apropriados en Conservación de Suelos. Editorial Trilla. Primera Edición. México. Pp. 44-54.
25. GABELA, F y CÁRDENAS, J. 1990. Control de Malezas en Maíz de la Sierra. Boletín divulgativo N° 105, Estación Experimental Santa Catalina INIAP. Quito. Pp. 1, 2, 3, 4, 5.
26. GARCÉS, N. 1987. Cultivos de lá Sierra, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciências Agronômicas. Quito. Pp. 5-9.
27. GUTIERREZ, I. 2005. Healthy communities equal healthy ecosystems? Evolution (and breakdown) of a participatory ecological research project towards a community natural resource management process.

San Miguel Chimalapa (México). Thesis Ph.D. Ames. US. Iowa State University. Pp. 185.

28. HART, 1990. Agroecosistemas; conceptos básicos. CATIE, Turrialba Costa Rica. Pp. 211
29. HUDSON, N. 1982. Conservación del Suelo. Edición reverté, S.A. Barcelona-España. Pp. 1-5, 10, 11, 14, 17, 18, 20, 22, 23, 26-29, 204-209, 211, 312-318.
30. INIAP. 1993. Informe Anual 1992, Programa de Maíz. Estación Experimental Santa Catalina. Quito. Pp. 25.
31. LABRADOR, J. 1997. La Materia Orgánica en los Agrosistemas. Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid. Pp. 173-181.
32. LLANOS, M. C. 1999. El Maíz, su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Castellón, Madrid. Pp. 1-37.
33. LORENZ E. 1999. Trust, Contract and Economic Cooperation. Cambridge Journal of Economics. 23: 301-15.
34. MARTÍNEZ DE ANGUITA, P. 2006. Desarrollo Rural Sostenible. Mc Graw Hill. Madrid, España. Pp. 237-246.
35. MEJÍA, L. 2000. La Mineralogía del Suelo y sus Reacciones con la Fertilidad. Tegusigalpa- Honduras. Pp. 21- 28.
36. MEJÍA, T. y Hudur, J. 2003. Reducción de la Pobreza en las Zonas de la Ladera de Honduras. Pp. 180-190.
37. MEDINA et. al. 2003. Potencial productivo de especies forrajeras en el estado de Zacatecas. INIFAP-CEZAC. Disponible en: www.zacatecas.inifap.gob.mx/PotForr/AvenaFT.pdf.

38. MENDOZA, J. 1994. Guía para el Manejo de Insectos Plagas en Maíz en el Litoral Ecuatoriano. Boletín divulgativo N° 248 Estación Experimental Pichilingue. Pp. 2-17.
39. MICHELENA, R. 2003. Como Controlar la Erosión Hídrica para que no Destruya los Suelos. Honduras. Pp. 92-95.
40. MONAR, C. 2000. Informe Anual, Proyecto Integral noreste de Bolívar (PINEB)-INIAP-FEPP. Guaranda-Ecuador. Pp.34.
41. MONAR, C. 2002. Informe Anual. Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología-Bolívar. INIAP. Guaranda. Ecuador. Pp.48.
42. MONAR, C. 2009. Informe Anual. Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología-Bolívar. INIAP. Guaranda. Ecuador. Pp.40.
43. MORGAN, R. 1996. Erosión y Conservación de Suelos. Ediciones Mundiprensa, España. Pp .150.
44. NARAYAN, D. 1999. Bonds and Bridges: Social Capital and Poverty. Washington: World Bank, Report No. 2167.
45. OCAÑA, D. 1982. Desarrollo Forestal Campesino en la Región Andina del Perú. Pp. 82-84.
46. ORTEGA, A. 1997. Insectos Nocivos del Maíz, una guía para su identificación en el campo. Programa de maíz CIMMYT, México D F. Pp. 4-98.
47. ORTEGA, J. 2004. Caracterización socioeconómica y comportamiento poscosecha del sistema de producción de plátano en el departamento de Córdoba. 24 de mayo del 2007

48. ORTIZ, R. 2008. Hidroponía en el suelo. Edición Abya-Yala. Quito-Ecuador. Pp. 34-38, 56-61.
49. PARSONS, D. 1998. Manual para la Educación Agropecuaria. Edición Trillas. México. Pp. 35, 36, 37, 38, 71,72.
50. PERALTA, E. et al. 2007. Manual agrícola de Frejol y otras Leguminosas. Publicación Miscelánea N° 135 INIAP. Santa Catalina. Quito-Ecuador. Pp. 4-14.
51. PITTY, A. 2002. Guía Fotográfica para la identificación de Malezas Parte 1. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. Pp. 35-70.
52. PLA SENTIS, I. 1994. Curso físicas de los suelos. Instituto de Suelos. C.I.R.N. INTA Castelar. Capítulo II, Labranzas y propiedades Físicas sobre efectos de la labranza en las propiedades de los Suelos. Pp. 20.
53. PUTMAN, R. 1993. The prosperous community: social capital and public life. American Prospects, No. 13.
54. REYES, P. 1995. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. AGT Editor, México. Pp 384-388.
55. RODRÍGUEZ, F. 1999. Manual de Conservación de Suelos. Universidad técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. Pp. 66.
56. STALLINGS, J. 1987. El Suelo su Uso y su Mejoramiento. México. Pp. 196.
57. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 1990. El Cultivo de Maíz Dirección General de Agricultura, Departamento. de Investigación Agrícola, Departamento. Comunicación Agropecuaria, Boletín Técnico.

58. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 1992. El Cultivo del Maíz. DGA, PRAIG. Honduras. Boletín Técnico.
59. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 1989. "Oferta Tecnológica para Producción de Granos Básicos (maíz y frijol)". Seminario-Taller.
60. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 2000. Agencia de Cooperación Suiza al Desarrollo. Proyecto Poscosecha; Problemas y Consejos para Almacenar su Grano # 6.
61. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 2000. Cooperación Suiza al Desarrollo. Proyecto Poscosecha. La Troja Tradicional.
62. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES COOPERACION SUIZA AL DESARROLLO. Proyecto Poscosecha. 'Silo Metálico, Granero Metálico". Pp. 3.
63. SHAFFER, M.J. and J.A. DELGADO. 2002. Essentials of national nitrate leaching index assessment tool. Journal of Soil and Water Conservation.
64. SICA. 2002. III Censo Nacional Agropecuario. Resultados nacionales y provinciales. INEC-MAG-SICA. Quito. 1-255. Disponible en www.sica.gov.ec.
65. SUQUILANDA, M. 1996. La Agricultura Orgánica una alternativa viable para el establecimiento de sistemas productivos sustentables. Quito. Pp.20-30.
66. TAYUPANTA, J. y CÓRDOVA, J. 1990. Algunas Alternativas Agronómicas y Mecanismos para Evitar la Pérdida del Suelo. Publicación Miscelanes N° 54 INIAP. Santa Catalina. Ecuador. Pp. 1-28.

67. THOMPSON, L. 1974. El suelo y su Fertilidad. Editorial reverté S.A. España. Pp. 297-300.
68. URBANO, P. Y URBANO, J. 1997. Erosión y Conservación del suelo. España. Pp. 213-245.
69. VACA, E. 1990. Estimación de la erosión hídrica y control mediante barreras de pasto en cultivo de maíz Tumbaco-Pichincha. Tesis. Ing. Agr. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pp. 43 - 45.
70. VERISSIMO, L. 1999. Enciclopedia Practica de la Agricultura y la Ganadería. Pp. 309-314.
71. VINUEZA, C. y GAIBOR, I. 1993. Tecnificación de Procesamiento del Maíz para la elaboración del Mote Pelado. Tesis Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Administrativas. Pp. 20-21.
72. WITT, C. 2004. Manejo de Nutrientes .Canadá. Pp 1-45.
73. WOOLCOCK, M. 1998. Social capital and economic development: toward a theoretical synthesis and policy framework. Theory and Society, No. 27.
74. <http://html.rincondelvago.com/propiedades-quimicas-del-suelo.html>
75. <http://www.monografias.com/trabajos6/elsu/elsu.shtml>;
<http://www.botanical-online.com/rotaciondecultivos.htm>.
76. http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/200671991737_Materia

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de la microcuenca del río Alumbre.

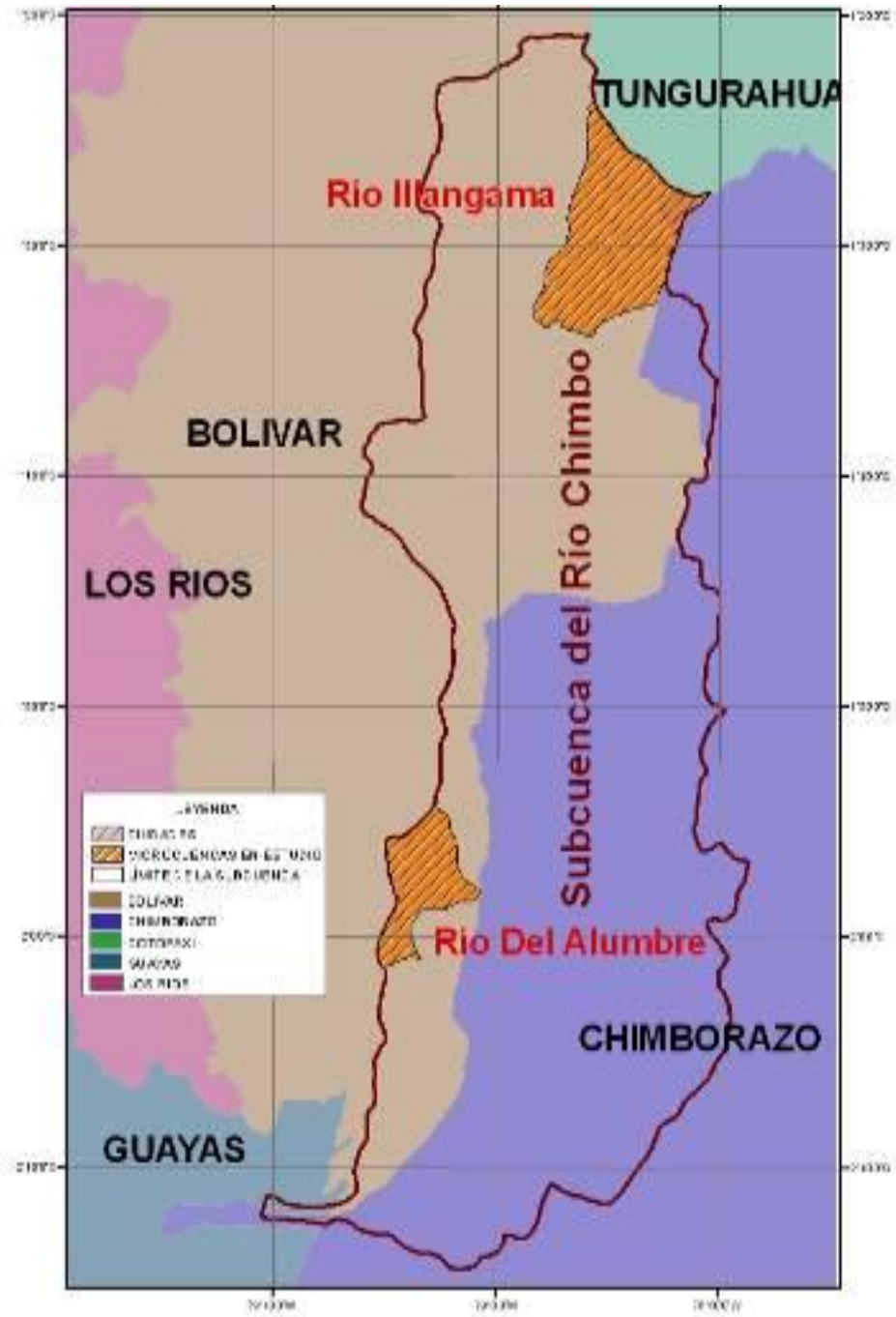


Figura 1. Localización de la microcuenca del río Alumbre-Ecuador, 2008.

Anexo 2. Bases de datos de la investigación

FACTO/A1: Con zanjas

A2: Sin zanjas

FACTO/B1: Labranza mínima

B2: Labranza cero

Repetición	FactorA	FactorB	Tratamiento	Número de plantas	Número de plantas	Peso de maíz	Peso del maíz	Peso de Maíz	Peso de Maíz	Peso del Grano	Primer Muestreo 10/03/2010				Segundo Muestreo 23/04/2010				Tercer muestreo			
											Densidad aparente		Humedad gravimétrica		Densidad aparente		Humedad gravimétrica		Densidad aparente		Humedad gravimétrica	
											Da: 0 a 10 cm	Da: 10 a 20 cm	Hg: 0 a 10 cm	Hg: 10 a 20 cm	Da: 0 a 10 cm	Da: 10 a 20 cm	Hg: 0 a 10 cm	Hg: 10 a 20 cm	Da: 0 a 10 cm	Da: 10 a 20 cm	Hg: 0 a 10 cm	Hg: 10 a 20 cm
1	1	1	1	143	44	22,38	2,1	1,55	1,18	0,37	0,81	0,81	60,58	58,92	0,71	0,85	52,18	54,22	0,9			
1	1	2	2	132	61	21,12	2,22	1,73	1,29	0,44	0,85	0,87	55,4	56,04	0,91	0,82	49,51	54,68	0,82			
1	2	1	3	137	86	20	1,7	2,02	1,37	0,65	0,72	0,65	76,72	93,21	0,83	0,8	55,65	66,97	0,91			
1	2	2	4	111	77	13,6	1,8	1,77	1,35	0,42	0,93	0,93	56,89	55,75	0,93	0,86	47,71	53,33	0,85			
2	1	1	1	116	90	16,88	1,68	1,51	1,18	0,33	0,85	0,9	61,03	51,54	0,96	0,89	51,98	52,13	0,84			
2	1	2	2	134	52	18,36	1,8	2,3	1,59	0,71	0,88	0,83	54,33	58,38	0,86	0,9	50,25	52,85	0,9			
2	2	1	3	66	43	5,87	0,95	1,32	1,1	0,22	0,88	0,83	54,49	64,79	0,91	0,92	49,12	50,24	0,86			
2	2	2	4	135	78	17,48	1,59	1,71	1,31	0,4	0,91	0,83	55,18	63,43	0,98	0,86	53,21	52,04	0,79			
3	1	1	1	135	96	15,49	1,73	1,29	1,09	0,204	0,88	0,73	56,81	61,29	0,75	0,71	55,75	58,23	0,74			
3	1	2	2	142	124	20,28	2,2	1,97	1,35	0,622	0,73	0,82	69,01	60,61	0,8	0,82	61,03	54,94	0,82			
3	2	1	3	137	107	20,07	2,53	1,23	1,02	0,204	0,82	0,93	57,6	50	0,8	0,79	52,56	52,51	0,8			
3	2	2	4	151	136	30,18	2,58	1,31	1,07	0,243	0,83	0,79	62,88	58,74	0,84	0,77	53,93	56,32	0,81			
4	1	1	1	144	115	21,33	2,13	1,14	0,94	0,198	0,74	0,78	63,49	60,45	0,91	0,84	48,63	49,83	0,8			
4	1	2	2	147	105	22,27	2,01	1,43	1,04	0,386	0,66	0,73	72,83	66,27	0,77	0,69	62,02	58,47	0,68			
4	2	1	3	125	100	19,75	2	1,34	0,96	0,379	0,59	0,78	60,4	59,89	0,82	0,73	55,64	64,53	0,8			
4	2	2	4	149	126	23,05	2,25	1,03	0,9	0,129	0,78	0,78	73,35	61,54	0,86	0,85	48,29	49,23	0,73			
5	1	1	1	136	91	19,05	1,95	1,05	0,93	0,125	0,8	0,73	64,65	69	0,77	0,74	58,97	60,95	0,74			
5	1	2	2	137	102	24,91	2,56	1,45	1,13	0,321	0,81	0,74	58,98	60,59	0,71	0,77	55,03	60,19	0,78			
5	2	1	3	142	35	21,46	2,13	1,11	0,92	0,185	0,74	0,88	69,05	50,5	0,74	0,78	60,04	58,77	0,78			
5	2	2	4	124	97	19,16	2,38	2,25	1,51	0,74	0,77	0,74	60,23	64,1	0,84	0,8	56,42	60,22	0,76			
6	1	1	1	138	82	22,14	2,32	1,14	0,98	0,159	0,82	0,77	57,83	64,26	0,89	0,73	52,89	57,49	0,76			
6	1	2	2	139	28	23,9	2,54	1,11	0,96	0,159	0,8	0,88	61,69	54,85	0,86	0,74	56,39	60,95	0,81			
6	2	1	3	145	115	23,92	2,41	1,1	0,97	0,133	0,84	0,85	63,81	67,13	0,83	0,88	60,11	58,03	0,74			
6	2	2	4	97	75	14,1	2,08	1,39	1,14	0,246	0,9	0,89	61,6	66,23	0,96	0,86	53,53	67,52	0,81			

'/2010	COMPACTACION																
	Cuarto Muestreo 04/08/2010				Quinto muestreo 08/09/2010				PRIMER MUESTREO 10/03/2010				SEGUNDO				
	Humedad gravimétrica		Densidad aparente		Humedad gravimétrica		Densidad aparente		Humedad gravimétrica								
Hg: 0 a 10 cm	Hg: 10 a 20 cm	Da: 0 a 10 c	Da: 10 a 20 c	Hg: 0 a 10 cm	Hg: 10 a 20 cm	Da: 0 a 10 cm	Da: 10 a 20 cm	Ha: 0 a 10 cm	Ha: 10 a 20 cm	Comp: 0 a 10 c	Comp: 10 a 20 c	Comp: 20 a 30 c	Comp: 30 a 40 c	Comp: 40 a 50 c	Comp: 0 a 10 cm	Comp: 10 a 20 c	Comp: 20 a 30 c
48,65	46,84	0,93	0,94	51,35	44,48	0,92	0,85	33,55	39,45	63	55	68	110	300	62	73	93
46,75	49,09	0,76	0,82	41,94	44,21	0,92	0,81	39,01	38,36	50	55	63	108	300	62	82	93
48,14	50,25	0,75	0,78	44,2	41,86	0,66	0,69	49,85	55,01	63	60	42	47	300	47	50	95
44,13	41,62	0,89	0,81	38,92	43,01	0,79	0,73	43,23	46,48	40	55	57	57	300	62	73	108
44,83	46,54	0,9	0,85	45,07	42,49	0,91	0,78	43,46	45,57	67	75	75	110	300	72	93	128
45,75	44,97	0,89	0,87	43,87	43,24	0,86	0,84	35,37	35,55	57	63	73	113	300	58	77	103
42,12	47,94	0,8	0,78	39,96	40,45	0,88	0,59	33,91	60,1	45	48	65	107	300	53	70	100
42,33	43,85	0,74	0,69	38,14	44,47	0,83	0,74	39,25	50,89	50	63	88	300	300	58	80	123
52,07	55,11	0,75	0,84	48,82	43,96	0,71	0,81	28,6	36,36	50	57	68	102	300	52	60	85
51,79	52,7	0,83	0,8	42,33	42,49	0,79	0,76	42,3	40,75	53	75	82	130	300	73	68	97
46,9	47,36	0,79	0,81	38,78	38,66	0,69	0,8	17,02	27,39	37	47	70	108	300	47	72	97
49,01	52,62	0,81	0,74	45,49	45,24	0,8	0,75	25	32,55	45	50	67	110	300	55	65	92
48,72	48,44	0,89	0,77	44,55	45,92	0,71	0,73	31,28	33,73	52	65	83	120	300	50	70	85
54,06	55,51	0,71	0,73	51,65	50,91	0,59	0,68	45,52	49,78	62	68	82	110	300	45	65	93
50,03	44,54	0,83	0,77	47,53	50,67	0,76	0,78	28,6	25,28	45	57	65	103	300	38	52	72
50,53	50,03	0,89	0,78	44,75	43,18	0,79	0,75	28,17	32,16	48	65	77	120	300	55	77	90
53,88	53,05	0,86	0,85	48,3	44,73	0,72	0,69	20,57	26,22	37	52	137	300	300	60	88	115
48,47	50,06	0,73	0,75	45	45,19	0,66	0,63	33,04	38,6	37	62	63	135	300	58	70	93
54,77	54,34	0,73	0,69	47,7	47,57	0,82	0,72	34,52	35,77	48	65	72	97	300	50	82	82
53,88	54,03	0,77	0,77	52	49,71	0,72	0,7	31,9	40,17	48	65	73	73	300	50	77	110
55,86	50,33	0,73	0,7	47,58	50,31	0,72	0,71	32,38	33,81	30	48	65	128	300	40	58	67
46,49	52,24	0,73	0,69	50,2	47,86	0,73	0,71	33,2	40,17	50	60	77	110	300	83	88	107
51,36	48	0,79	0,69	42,04	46,5	0,74	0,78	27,63	35,92	47	53	83	122	300	55	92	83
48,32	46,81	0,72	0,73	43,29	42,08	0,72	0,76	26,02	31,07	47	60	87	107	300	47	58	85

.0	TERCER MUESTREO 30/06/2010					CUARTO MUESTREO 8/09/2010					VARIABLES BIOLÓGICAS					REND AL 13%	
	Comp: 0 a 10 c	Comp: 10 a 20 ci	Comp: 20 a 30 c	Comp: 30 a 40 i	Comp: 40 a 50	Comp: 0 a 10	Comp: 10 a 20 ci	Comp: 20 a 30 c	Comp: 30 a 40 c	Comp: 40 a 50 CUTZO	CIEMPIES	HORMIGA	GUSANO AL	LOMBRIZ	GUSANO GRIS	Rendimiento de Gr	% MS planta
65	75	85	125	300	93	85	102	140	180	1	3	0	0	1	0	2481,55	36,58
67	77	90	97	300	97	105	117	105	108	5	1	40	0	0	0	2775,94	38,71
58	73	88	163	300	75	78	90	80	87	4	6	35	0	1	0	3239,11	38,94
73	90	85	107	300	133	140	120	113	92	4	0	0	0	0	0	2824,57	51,31
75	85	85	125	300	113	117	97	100	87	0	1	30	1	0	0	2416,9	48,41
68	78	93	102	300	73	120	113	120	107	2	1	50	1	0	0	3679,83	43,12
65	77	93	178	300	80	107	137	118	150	0	0	22	0	0	0	2116,52	51,08
68	82	95	167	300	80	163	117	158	123	7	4	0	0	0	2	2730,07	38,09
67	78	113	127	300	58	80	88	82	153	0	0	0	1	0	1	2065,32	36,55
55	68	103	167	300	52	87	73	138	143	8	5	25	8	2	0	3156,55	41,84
67	90	105	173	300	70	118	77	173	170	2	0	0	5	0	0	1964,43	37,52
57	82	97	112	300	103	122	115	95	145	2	0	3	0	0	0	2098,61	43,7
65	100	133	237	300	82	82	97	85	100	70	1	30	1	0	0	1816,18	77,45
60	82	92	173	300	95	92	92	98	217	9	0	0	3	0	0	2288,73	34,5
62	90	115	188	300	125	133	87	170	162	4	0	0	3	0	0	2149,01	43,26
77	110	127	155	300	87	102	113	103	160	7	1	90	5	0	0	1654,04	41,95
58	97	115	213	300	93	117	155	300	300	2	0	0	0	0	0	1681,13	94,96
63	87	110	243	300	65	117	133	103	77	1	0	0	1	0	0	2320,06	66,58
57	75	87	105	300	73	112	138	135	113	5	0	0	1	0	0	1774,58	31,4
62	83	107	177	300	78	77	100	92	102	5	0	0	9	0	0	3606,89	43,1
62	83	90	107	300	70	98	147	202	300	6	0	70	0	0	0	1827,47	72,36
47	70	83	113	300	82	148	138	205	208	2	0	20	0	0	0	1782,89	44,24
52	73	102	177	300	72	100	142	140	185	7	0	0	1	0	0	1767,73	55,34
63	85	103	148	300	58	93	132	102	153	3	0	50	0	0	0	2223,19	59,62

Rend MS		Concentración de nutrientes en la planta											Concentración de nutrientes en el grano										
Grano	Total de biom:	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu		
kg/ha	Rend MS grar Kg/ha	N %	P %	k %	Ca %	Mg %	S %	B: ppm	Zn: ppm	Cu: ppm	Fe: ppm	Mn: ppm	N %	P %	k %	Ca %	Mg %	S %	B: ppm	Zn: ppm	Cu: ppm		
2158,95	4694,95	0,63	0,07	1,79	0,24	0,13	0,05	4,4	22,4	20,1	867	31,8	1,55	0,22	0,41	0,06	0,13	0,14	4,1	28,5	13,1		
2415,07	5893,47	0,49	0,1	1,14	0,2	0,15	0,05	5,2	36,5	18,6	1064	45,5	1,62	0,3	0,48	0,38	0,16	0,08	2,2	32,4	16,7		
2818,03	7882,03	0,56	0,07	1,61	0,2	0,15	0,05	9,3	25,3	19,6	931,1	48,4	1,06	0,24	0,34	0,05	0,11	0,08	6,3	28,7	13,1		
2457,38	5279,78	0,77	0,1	1,49	0,21	0,17	0,04	5,6	27	20,1	629,8	31,4	1,55	0,37	0,52	0,3	0,2	0,09	2,2	35,3	8		
2102,71	6430,71	0,63	0,10	1,18	0,14	0,1	0,04	5,2	32,1	18,1	1060,1	38,9	1,97	0,4	1,04	0,05	0,16	0,13	6,3	41,1	11,3		
3201,45	7119,85	0,42	0,06	1,77	0,18	0,11	0,04	7,4	26,8	19,3	788,5	33,5	1,2	0,27	0,35	0,06	0,12	0,08	4,4	21,8	9,9		
1841,38	5559,78	0,77	0,07	0,99	0,28	0,16	0,04	11,8	29,9	20,8	1640,4	50,5	1,29	0,28	0,39	0,05	0,13	0,09	2,2	25,9	15		
2375,16	6447,16	0,56	0,05	1,52	0,18	0,15	0,04	5,9	20,4	18,4	540,4	33,9	1,34	0,26	0,31	0,15	0,14	0,07	4,7	27,8	8,1		
1796,83	6196,83	0,56	0,05	1,28	0,13	0,13	0,05	4,4	74,9	26,1	238,2	16,8	1,55	0,34	0,33	0,05	0,16	0,08	0,7	34,4	14,5		
2746,2	8491,8	0,7	0,07	0,99	0,15	0,12	0,06	8,5	45,6	37,1	984,3	34,2	1,69	0,26	0,18	0,05	0,12	0,08	1,1	20,8	11,6		
1709,05	6339,45	0,56	0,05	1,28	0,15	0,13	0,05	10,3	23,5	36,7	642,2	28,1	1,41	0,22	0,27	0,04	0,13	0,09	0,7	20,4	13,2		
1825,79	7052,99	0,92	0,08	1,44	0,15	0,12	0,06	8,5	19,7	14,5	520,8	28	1,83	0,3	0,29	0,05	0,14	0,09	1,5	30,4	14,6		
1580,07	7343,27	0,7	0,07	1,3	0,18	0,11	0,04	9,9	21,6	36	879,2	35,7	1,62	0,39	0,46	0,06	0,17	0,09	0,7	35	14,4		
1991,19	8939,99	0,56	0,05	1,15	0,24	0,15	0,05	3,7	48,5	27,6	159,9	14,9	1,48	0,31	0,36	0,04	0,15	0,11	0,4	31,7	10,8		
1869,64	7229,64	0,7	0,04	1,42	0,25	0,11	0,06	1,5	27,9	28,7	330,5	15	1,62	0,26	0,28	0,04	0,13	0,08	0,7	25,1	3,1		
1439,01	4898,21	0,49	0,04	1,16	0,14	0,11	0,05	6,3	23,8	31,8	252,7	18,8	1,62	0,29	0,22	0,04	0,14	0,08	1,1	28,5	14,8		
1462,58	6702,58	0,49	0,05	1,54	0,5	0,16	0,08	11,2	27,2	34,4	1078,7	53,7	1,34	0,3	0,34	0,01	0,13	0,11	2,8	40,3	10,9		
2018,45	5308,05	0,7	0,06	1,15	0,24	0,14	0,13	8	39,1	27,9	1092,2	45,2	1,62	0,28	0,34	0,03	0,11	0,13	2,8	26,2	12,5		
1543,88	6903,88	0,56	0,04	1,45	0,12	0,1	0,11	4,1	27,8	14,7	380,6	25,5	0,99	0,25	0,26	0,1	0,12	0,11	2,5	25,4	3,4		
3138	5370	0,49	0,03	1,7	0,08	0,09	0,06	2,5	27,5	22,4	291,7	17,1	1,55	0,24	0,3	0,11	0,11	0,12	2,8	22,7	5,4		
1589,9	5041,1	1,13	0,05	1,7	0,7	0,21	0,12	9,3	36,7	35,1	965,2	46,6	1,62	0,31	0,41	0,01	0,14	0,11	2,5	27,9	11,1		
1551,11	9224,71	0,63	0,09	1,26	0,17	0,13	0,12	10,6	34,1	30	1079,2	50,4	1,76	0,28	0,32	0,04	0,13	0,13	2,5	29,1	10,4		
1537,93	5870,73	0,42	0,03	1,58	0,17	0,09	0,07	2,8	32,2	28,4	428,2	21,2	1,34	0,26	0,27	0,2	0,1	0,12	2,5	31,1	14,4		
1934,17	7006,17	0,77	0,1	1,55	0,19	0,1	0,11	5,4	29,4	18,3	281,2	22,9	1,97	0,32	0,4	0,17	0,14	0,13	2,5	45,2	13,8		

Concentración de nutrientes en la tusa

Absorción de nutrientes en la planta

Absorción

Concentración de nutrientes en la tusa						Absorción de nutrientes en la planta															Absorción	
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	N
N %	P %	k %	Ca %	Mg %	S %	B: ppm	Zn: ppm	Cu: ppm	Fe: ppm	Mn: ppm	N: Kg/ha	P2O5: Kg/h	K2O: Kg/ha	Ca: Kg/ha	Mg: Kg/ha	S: Kg/ha	B: g/ha	Zn: g/ha	Cu: g/ha	Fe: g/ha	Mn: g/ha	N: Kg/ha
0,63	0,06	0,8	0,08	0,06	0,05	5,2	26,3	29,5	48,6	4,2	15,98	4,07	54,47	6,09	3,3	1,27	11,16	56,81	50,97	2198,71	80,64	33,46
0,7	0,11	0,67	0,06	0,08	0,06	6,3	53,9	40,1	49,6	8,2	17,04	7,97	47,58	6,96	5,22	1,74	18,09	127	64,7	3701,02	158,27	39,12
0,56	0,04	0,91	0,05	0,05	0,04	3,7	28,9	43,6	41,8	7	28,36	8,12	97,84	10,13	7,6	2,53	47,1	128,1	99,25	4715,09	245,1	29,87
0,85	0,13	1,45	0,08	0,09	0,06	4,8	53,1	36,3	52,8	11,4	21,73	6,46	50,46	5,93	4,8	1,13	15,81	76,2	56,73	1777,55	88,62	38,09
1,2	0,18	0,98	0,17	0,09	0,07	4,7	35,6	25,7	46,3	9,9	27,27	9,91	9,35	6,06	4,33	1,73	22,51	138,9	78,34	4588,11	168,36	41,42
0,56	0,06	0,5	0,06	0,06	0,08	3,3	40,2	40	49,2	6,9	16,46	5,38	83,23	7,05	4,31	1,57	29	105	75,63	3089,66	131,27	38,42
0,63	0,05	0,85	0,07	0,07	0,05	4,1	27,9	39,9	50,3	10,6	28,63	5,96	44,17	10,41	5,95	1,49	43,88	111,2	77,34	6099,66	187,78	23,75
0,85	0,15	1,29	0,05	0,11	0,07	6,3	70,6	38,8	57,8	11,8	22,8	4,66	74,27	7,33	6,11	1,63	24,02	83,07	74,92	2200,51	138,04	31,83
0,63	0,07	0,77	0,09	0,08	0,05	0,4	42,8	28,8	58	8	24,64	5,04	67,58	5,72	5,72	2,2	19,36	329,6	114,8	1048,08	73,92	27,85
0,63	0,06	0,4	0,05	0,05	0,1	2,5	61,5	44,3	50,6	8,7	40,22	9,21	68,26	8,62	6,89	3,45	48,84	262	213,2	5655,39	196,5	46,41
0,35	0,01	0,34	0,04	0,04	0,05	2,6	22,7	42	47,4	7,9	25,93	5,3	71,12	6,95	6,02	2,32	47,69	108,8	169,9	2973,64	130,11	24,1
0,63	0,06	0,37	0,08	0,04	0,08	2,8	31,7	22	43,2	10,7	48,09	9,58	90,33	7,84	6,27	3,14	44,43	103	75,79	2722,33	146,36	33,41
0,35	0,05	0,72	0,16	0,06	0,07	2,8	34,6	49,9	58,5	8,9	40,34	9,24	89,91	10,37	6,34	2,31	57,06	124,5	207,5	5067,01	205,75	25,6
0,49	0,03	0,26	0,01	0,04	0,08	2,5	36,8	33,6	49,7	10,1	38,91	7,96	95,89	16,68	10,42	3,47	25,71	337	191,8	1111,11	103,54	29,47
0,63	0,07	0,64	0,02	0,04	0,12	2,5	39,8	42,1	58	11	37,52	4,91	91,33	13,4	5,9	3,22	8,04	149,5	153,8	1771,48	80,4	30,29
0,49	0,02	0,41	0,15	0,06	0,07	2,8	45	55,9	61,7	11,3	16,95	3,17	48,15	4,84	3,81	1,73	21,79	82,33	110	874,14	65,03	23,31
0,49	0,03	0,48	0,2	0,02	0,09	2,5	32,8	47,6	55,1	10,8	25,68	6	96,84	26,2	8,38	4,19	58,69	142,5	180,3	5652,39	281,39	19,6
0,56	0,04	0,5	0,2	0,03	0,11	2,5	47,2	41	79	6,7	23,03	4,52	45,4	7,9	4,61	4,28	26,32	128,6	91,78	3592,9	148,69	32,7
0,35	0,02	0,29	0,01	0,03	0,04	2,5	32,6	50	56,9	7,8	30,02	4,91	93,26	6,43	5,36	5,9	21,98	149	78,79	2040,02	136,68	15,28
0,92	0,12	1,56	0,15	0,07	0,13	7,4	49,5	34	94,6	15,4	10,94	1,53	45,53	1,79	2,01	1,34	5,58	61,38	50	651,07	38,17	48,64
0,63	0,05	0,55	0,2	0,05	0,11	2,5	38,9	34,9	45	7,7	39	3,95	70,4	24,16	7,25	4,14	32,1	126,7	121,1	3331,1	160,83	25,76
0,63	0,08	0,56	0,2	0,04	0,12	2,8	40,2	43,6	57,9	11,5	48,34	15,82	116,02	13,05	9,98	9,21	81,34	261,7	230,2	8281,35	386,75	27,3
0,42	0,03	4,47	0,01	0,03	0,04	2,5	26,9	29,1	54,8	8	18,2	2,98	82,15	7,37	3,9	3,03	12,13	139,5	123,1	1855,3	91,86	20,61
0,99	0,16	0,43	0,05	0,1	0,13	2,5	62,1	45,4	59,8	11,3	39,05	11,61	94,34	9,64	5,07	5,58	27,39	149,1	92,82	1426,25	116,15	38,1

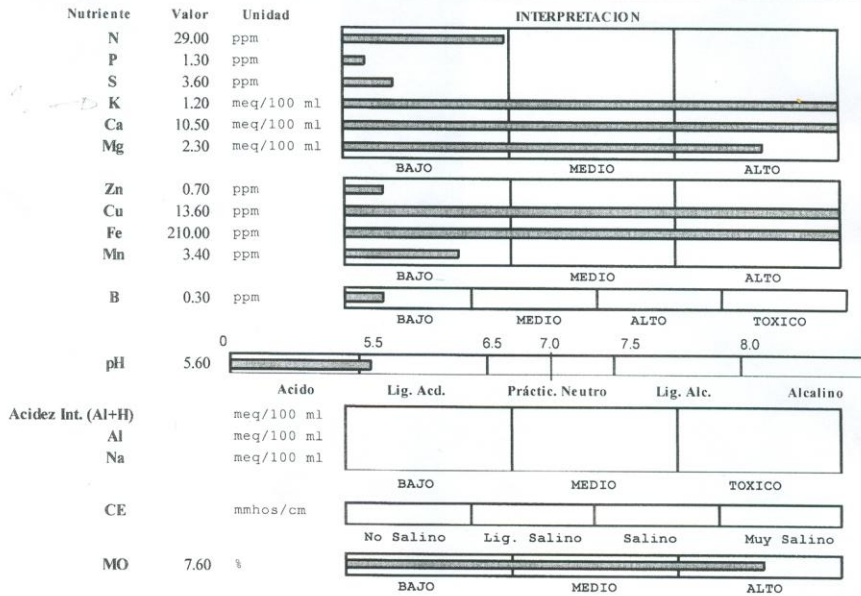
Zn	Cu	Fe	Mn
Zn: g/ha	Cu: g/ha	Fe: g/ha	Mn: g/ha
125	87	2306,5	88,44
229	122,6	3829,5	176,11
225	160,7	4885,5	251,58
177	85,91	1904,7	107,59
239	112,3	4790,3	189,95
204	136,4	3332,9	145,24
179	133,5	6254,8	199,41
181	111,7	2348,4	155,48
419	159,7	1335,7	89,02
365	277,9	5847	213,94
162	226,7	3088,8	142,53
176	114,6	2838,1	163,75
198	256,9	5257,7	219,35
438	248,2	1357,3	120
239	205	1987,9	101,42
145	157,7	980,54	81,59
228	234,6	5839,7	304,43
204	136,8	3766,9	167,67
220	132,8	2191,8	161,42
143	74,12	997,72	72,49
186	152	3437,6	175,82
330	271,7	8409,9	408,47
206	165,5	2001,7	111,75
261	137,1	1590	138,9

Anexo 3. Análisis químico de suelos de las investigaciones

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : MARGARITA LEMA Dirección : CHILLANES Ciudad : Teléfono : Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : BOLA DE ORO Provincia : BOLIVAR Cantón : CHILLANES Parroquia : LA MATRIZ Ubicación : DR. VICTOR BARRERA
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : MAIZ Cultivo Anterior : PASTO Fertilización Ant. : Superficie : 0.1 ha. Identificación : E. CONSERVACION M1	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 2.038 N° Muestra Lab. : 45853 Fecha de Muestreo : 26/01/2010 Fecha de Ingreso : 26/01/2011 Fecha de Salida : 16/03/2011



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
4,6	1,9	10,7	14,0					



RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
 Quito- Ecuador Telf: 690-691/92/93 Fax: 690-693



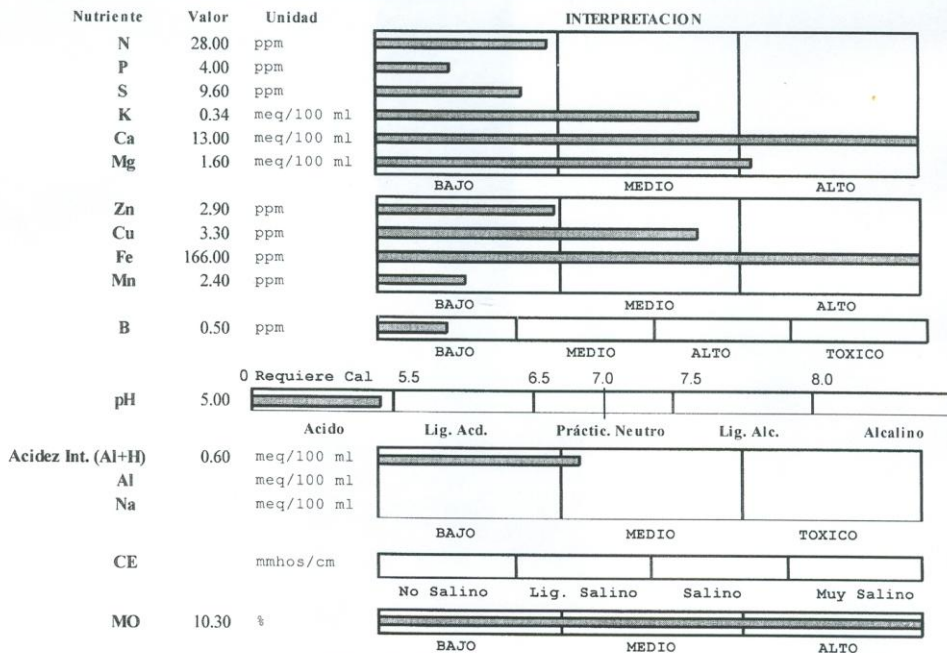
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : VINICIO PAGUAY
 Dirección : CHILLANES
 Ciudad :
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : BOLA DE ORO
 Provincia : BOLIVAR
 Cantón : CHILLANES
 Parroquia : LA MATRIZ
 Ubicación : DR. VICTOR BARRERA

DATOS DEL LOTE
 Cultivo Actual : MAIZ
 Cultivo Anterior : FREJOL
 Fertilización Ant. :
 Superficie : 0.1 ha.
 Identificación : E. CONSERVACION M3

PARA USO DEL LABORATORIO
 N° Reporte : 2.040
 N° Muestra Lab. : 45855
 Fecha de Muestreo : 26/01/2010
 Fecha de Ingreso : 26/01/2011
 Fecha de Salida : 16/03/2011



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
8,1	4,7	42,9	15,5					

[Signature]
 RESPONSABLE LABORATORIO

[Signature]
 LABORATORISTA



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : MARIO CALVACHE
 Dirección : CHILLANES
 Ciudad :
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

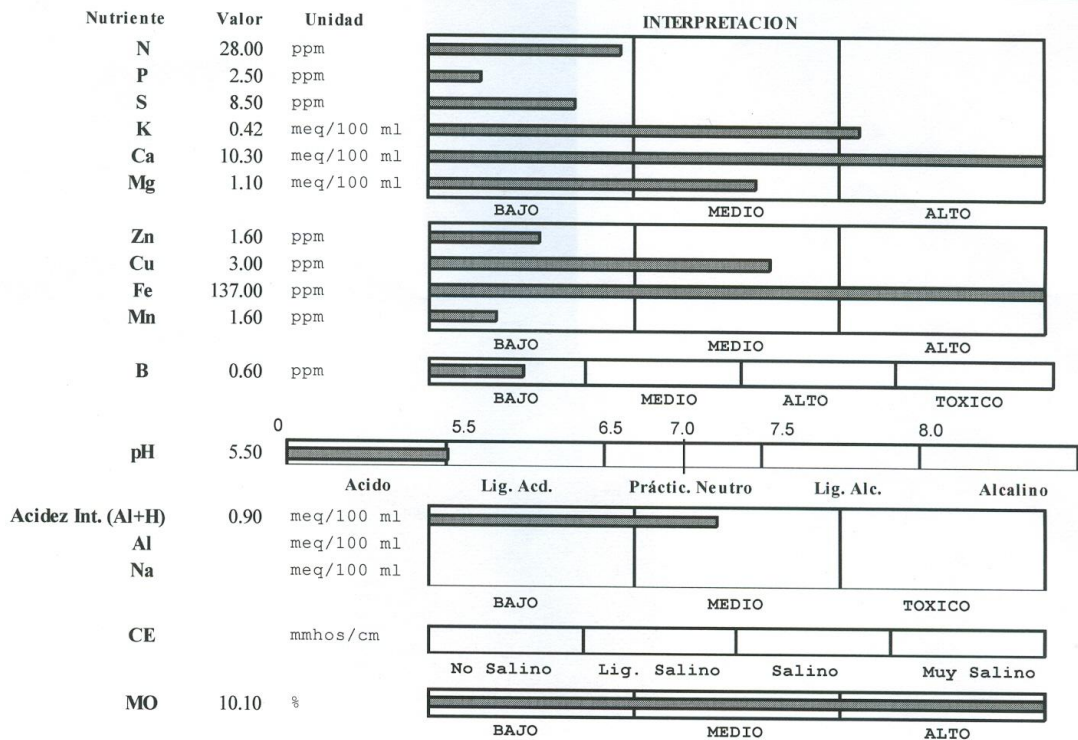
Nombre : BOLA DE ORO
 Provincia : BOLIVAR
 Cantón : CHILLANES
 Parroquia : LA MATRIZ
 Ubicación : DR. VICTOR BARRERA

DATOS DEL LOTE

Cultivo Actual :
 Cultivo Anterior :
 Fertilización Ant. :
 Superficie :
 Identificación : E. CONSERVACION M2

PARA USO DEL LABORATORIO

Nº Reporte : 2.039
 Nº Muestra Lab. : 45854
 Fecha de Muestreo : 26/01/2011
 Fecha de Ingreso : 26/01/2011
 Fecha de Salida : 23/02/2011



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
9,4	2,6	27,1	12,7					

[Signature]
 RESPONSABLE LABORATORIO

[Signature]
 LABORATORISTA

*Ingreso de
16/03/2011*

Anexo 5. Fotos que respaldan la investigación

Preparación del suelo para la siembra



Siembra de maíz con labranza cero



Siembra de maíz con labranza mínima



Labores convencional



Labores de conservación



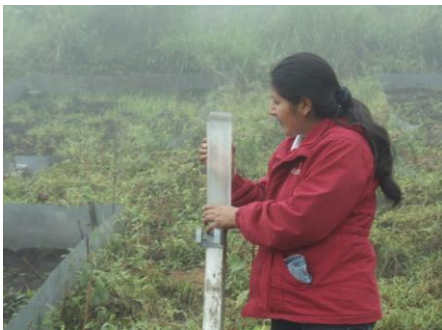
Muestreo de suelo para análisis físico



Muestreo de compactación



Lectura de precipitación



Muestreo de suelo para análisis químico



Construcción de zanjas de desviación



Visita de campo



Anexo 6. Glosario de Términos Técnicos.

Abono verde.-Es una práctica que consiste en cultivar plantas, leguminosas o gramíneas luego son incorporados al suelo en etapa verde, sin previa descomposición, con el propósito es mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Barreras vivas. Hileras de plantas de denso crecimiento que se siembran siguiendo las curvas a nivel.

Compactación. Endurecimiento de suelo

Característica de tierra (LC). Propiedad de tierra que puede ser directamente medida o estimada.

Suelo. Es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida de las plantas, animales y la especie humana.

Labranza mínima. Practica de manejo de suelo que consiste en arar lo menos posible.

Labranza convencional. Involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos.

Escorrentía.-Movimiento superficial de aguas continentales no encauzadas a favor de la pendiente. La forma de movimiento del agua puede ser laminar, turbulenta o de arroyada.

Fertilización. Tipo de sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal.

Sistema de manejo. Sistema integrado por los aspectos de suelo, cultivo, malas hierbas, plagas y enfermedades, capaz de transformar la energía solar, agua,

nutrientes, labores y otros insumos en alimentos, piensos, combustibles o fibras. El sistema de manejo equivale a un subsistema del sistema de explotación.

Optimizar. Es la mejor manera de realiza una actividad.

Sistema de producción. Conjunto particular de actividades (sistema de manejo) desarrolladas para producir una serie definida de productos o beneficios.

Tipo de suelos. Unidad específica de suelo con un definido rango de características. Puede corresponder a la más baja categoría de un sistema de clasificación taxonómica, incluyendo especificaciones de fase.

Uso sostenible de tierras. Uso de tierras que no degrada progresivamente su capacidad productiva para un fin determinad

Zanja de desviación. Esta práctica está destinada a cortar el flujo del agua proveniente de las partes superiores del terreno, trasladándoles a caminos del agua o bordes del campo previamente establecidos en donde no existan riesgos de erosión.