

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
FACULTADAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS,
RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
ESCUELA DE INGENIERIA AGROFORESTAL.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA, USO DE SUELO Y FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLIVAR.

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO AGROFORESTAL OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR A TRAVES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, ESCUELA DE INGENIERIA AGROFORESTAL.

AUTOR

DAVID ANCELMO MOPOSITA TANDAPILCO

DIRECTOR DE TESIS

DR. FERNANDO VELOZ. M.Sc.

GUARANDA- ECUADOR

2011

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA, USO DE SUELO Y FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLÍVAR.

REVISADO POR:

……..

DR. FERNANDO VELOZ. M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

…….

ING. AGR. CARLOS MONAR B. M.Sc.

BIOMETRISTA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN DE TESIS

…….

ING. AGR. BOLIVAR ESPIN

ÁREA TECNICA

.....

ING. AGR. ADOLFO BALLESTEROS. M.Sc.

AREA DE REDACCIÓN TECNICA

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en el camino de la verdad, sabiduría y la fortaleza necesaria para seguir adelante, pese a las dificultades, e iluminar en cada instante de mi vida.

A mi padre, madre, hermanos, y mis familiares, por darme su apoyo con infinito amor, comprensión y ayudarme a cumplir mi meta tan anhelada.

A una mujer muy especial que llevo en mi corazón, que sin el apoyo de ella no habría alcanzado mi carrera.

DAVID

AGRADECIMIENTO

En la presente investigación dejo constancia mi eterno agradecimiento a Dios y a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agroforestal.

A todos y cada uno de los profesores, quienes día a día impartieron sus conocimientos.

El sincero agradecimiento al Dr. Fernando Veloz, Director de Tesis, por el apoyo con sus conocimientos desde el inicio hasta culminar este trabajo de investigación.

De manera muy especial mi agradecimiento leal y profundo reconocimiento al Ing. Carlos Monar B, Área de Biometría, quien sin restringir esfuerzos me apoyó en la planificación, establecimiento y desarrollo de esta investigación.

Además hago énfasis el agradecimiento a los Miembros del Tribunal de Calificación de Tesis en las personas del Ing. Adolfo Ballesteros. Área Redacción Técnica e Ing. Bolívar Espín en el Área Técnica por todo el apoyo brindado durante el proceso de este trabajo investigativo.

De igual manera agradezco al INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACION AGROPECUARIAS. Proyecto INIAP-SANREM-CRSP, en especial al Ing. Víctor Barrera. Ph.D. Director del Proyecto, por su confianza, colaboración y apoyo incondicional durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente un agradecimiento a todos los productores, los que participaron y apoyaron la realización de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

CONTENIDO **PÁG.**

I. **INTRODUCCIÓN** ---------- 1

II. **REVISIÓN DE LITERATURA.** ---------- 3

2.1. **SISTEMAS DE LABRANZA** ---------- 3

2.1.1. **LABRANZA.** ---------- 3

2.1.2 **LABRANZA MÍNIMA O CERO LABRANZAS.**---------- 4

2.1.3. **LABRANZA REDUCIDA.** ---------- 4

2.1.4. **LABRANZA CONVENCIONAL.** ---------- 4

2.2. **AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN.**---------- 6

2.3. **PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS.**---------- 8

2.3.1. **PRÁCTICAS CULTURALES.** ---------- 8

2.3.1.1. **COBERTURA VEGETAL.** ---------- 8

2.3.1.2. **BARRERAS VIVAS.** ---------- 8

2.3.1.3. **PRACTICAS MECÁNICAS.** ---------- 9

2.3.1.4. **CURVAS DE NIVEL.**---------- 9

2.3.1.5. **CULTIVOS EN CONTORNO.**---------- 9

2.3.1.6. **CULTIVOS DE FAJAS.**----------10

2.3.1.7. **ROTACIÓN DE CULTIVOS.** ----------10

2.4. **PRINCIPALES FACTORES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS**----------11

2.4.1. **SALINIZACIÓN DEL SUELO.**----------11

2.4.2. **LA ACIDIFICACIÓN.**----------11

2.5. **LA EROSIÓN** ----------12

2.5.1. **PROCESOS DE EROSIÓN.** ----------12

2.5.2. **FACTORES DE EROSIÓN.** ----------12

2.5.3. **EROSIÓN HÍDRICA.**----------13

2.5.4. EROSIÓN GEOLÓGICA.----13
2.5.5. EROSIÓN BIOLÓGICA.----13
2.5.6. EROSIÓN EÓLICA.----14
2.6. COMPOSICIÓN DEL SUELO.----14
2.6.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS.----15
2.6.1.1. COLOR.----15
2.6.1.2. TEXTURA.----15
2.6.1.3. ESTRUCTURA.----15
2.6.1.4. PARTÍCULAS DEL SUELO.----16
2.6.1.5. DENSIDAD APARENTE.----16
2.6.1.6. COMPACTACIÓN.----16
2.6.1.7. POROSIDAD DEL SUELO.----16
2.6.1.8. PERMEABILIDAD.----17
2.6.1.9. PROFUNDIDAD EFECTIVA.----17
2.6.1.10. LA AIREACIÓN.----18
2.6.1.11. LA TEMPERATURA DEL SUELO.----18
2.6.1.12. DRENAJE.----18
2.6.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS.----19
2.6.2.1. MATERIA ORGÁNICA.----20
2.6.2.2. EL PH DEL SUELO.----21
2.6.2.3. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO.----21
2.6.2.4. CONTENIDO DE NUTRIENTES.----21
2.6.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO.----22
2.6.3.1. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.----22
2.6.3.2. FAUNA BIOLÓGICA DEL SUELO.----22
2.6.3.3. LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO.----22
2.7. CULTIVO DE PAPA.----23
2.7.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.----23

2.7.2. MORFOLOGÍA. ----------23

2.7.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.----------24

2.7.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.----------24

2.7.4.1. RAÍZ. ----------24

2.7.4.2. HOJAS.----------24

2.7.4.3. TALLO. ----------24

2.7.4.4. FRUTO. ----------25

2.7.4.5. TUBÉRCULOS. ----------25

2.7.5. VARIEDADES. ----------25

2.7.6. PLANIFICACIÓN DEL CULTIVO. ----------26

2.7.6.1. LUMINOSIDAD. ----------26

2.7.6.2. HUMEDAD.----------26

2.7.6.3. SUELO.----------26

2.7.7. ASPECTOS AGROECOLÓGICOS Y CLIMÁTICOS. ----------27

2.7.8. ROTACIÓN.----------28

2.7.9. SISTEMA DE CULTIVO. ----------28

2.7.10. PLAGAS Y ENFERMEDADES.----------29

2.7.10.1. ENFERMEDADES.----------29

2.7.10.2. PLAGAS. ----------29

2.7.10.3. CONTROL INTEGRADO.----------30

2.7.11. FERTILIZACIÓN. ----------31

2.7.11.1. NUTRIENTES.----------32

2.7.11.2. FORMA Y CANTIDAD DE NUTRIENTES. ----------34

2.7.11.3. ABONOS VERDES. ----------34

2.7.11.4. MOMENTOS DE APLICACIÓN DE NUTRIENTES. ----------35

2.7.12. SIEMBRA. ----------36

2.7.12.1. SEMILLAS.----------36

2.7.12.2. ÉPOCA DE SIEMBRA. ----------36

2.7.12.3. DENSIDAD DE LA SIEMBRA. ----37
2.7.12.4. PROFUNDIDAD DE SIEMBRA.----37
2.7.12.5. MÉTODO DE SIEMBRA.----37
2.7.13. MANEJO DE CULTIVO.----38
2.7.13.1. RASCADILLO O DESHIERBA. ----38
2.7.13.2. APORQUE. ----38
2.7.14. COSECHA.----40
2.7.14.1. SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN.----40
2.7.14.2. ALMACENAMIENTO. ----41
III. MATERIALES Y MÉTODOS.----42
3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.----42
3.1.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO. ----42
3.1.3. ZONA DE VIDA.----42
3.1.4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS. ----43
3.1.5. MATERIAL EXPERIMENTAL.----43
3.1.6. MATERIALES DE CAMPO.----43
3.1.7. MATERIALES Y EQUIPOS DE OFICINA.----44
3.1.8. INSUMOS AGRÍCOLAS. ----44
3.2. MÉTODOS.----45
3.2.1. FACTORES EN ESTUDIO.----45
3.2.2. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.----45
3.2.4. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ENSAYO.----46
3.2.5. ANÁLISIS FUNCIONAL. ----46
3.3. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN. ----47
3.3.1. PARA EL CASO DE LA PAPA.----47
3.3.1.1. PORCENTAJE DE EMERGENCIA. (PE) ----47
3.3.1.2. PROFUNDIDAD RADICULAR. (PR)----47
3.3.1.3. NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA. (NTP)----47

3.3.1.4. RENDIMIENTO EN T/HA. (RH) ----47
3.3.1.5. MATERIA SECA DE BIOMASA. (MSB) ----48
3.4. ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO DE SUELOS----48
3.4.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS ENSAYOS (LÍNEA BASE)----48
3.4.1.1. DENSIDAD APARENTE. (DA)----48
3.4.1.2. HUMEDAD GRAVIMÉTRICA. (HG)----49
3.4.1.3. TEXTURA DEL SUELO. (TS)----49
3.4.1.4. ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS. (AQS) ----49
3.4.2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LOS EXPERIMENTOS----49
3.4.2.1. PRECIPITACIÓN. (P)----49
3.4.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ENSAYOS POR TRATAMIENTOS. ----50
3.4.3.1. COMPACTACIÓN. (C)----50
3.5. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.----51
3.5.1. SELECCIÓN DE LOTES.----51
3.5.2. PARA EL ENSAYO DE PAPA.----51
3.5.2.1. PREPARACIÓN DEL SUELO.----51
3.5.2.2. TRAMPEO DE GUSANO BLANCO.----51
3.5.2.3. FERTILIZACIÓN QUÍMICA.----51
3.5.2.5. TAPE.----52
3.5.2.6. LABORES CULTURALES. ----53
3.5.2.7. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES. ----53
3.5.2.8. COSECHA Y CLASIFICACIÓN.----53
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ----54
1. VARIABLES AGRONÓMICAS----54
2. VARIABLES DE QUÍMICA DE SUELOS----56
3. VARIABLE DE LA PRECIPITACIÓN. ----60
6. VARIABLE DE LA DENSIDAD APARENTE ANTES DE LA SIEMBRA Y ANTES DE LA COSECHA ----62

7. VARIABLE DE LA HUMEDAD GRAVIMÉTRICA ANTES DE LA SIEMBRA Y ANTES DE LA COSECHA ----------63

8. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRESUPUESTO PARCIAL----------65

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ----------67

5.1. CONCLUSIONES ----------67

5.2. RECOMENDACIONES. ----------68

VI. RESUMEN Y SUMMARY.----------69

6.1. RESUMEN.----------69

VII. BIBLIOGRAFÍA.----------73

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO Nº 1: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS EN LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLÍVAR-ECUADOR, 2011. 54

CUADRO Nº 2: PROMEDIOS Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LAS VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS EN LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLÍVAR-ECUADOR, 2011 56

CUADRO Nº 3: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES DE QUÍMICA DE SUELOS EVALUADAS EN LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLÍVAR-ECUADOR, 2011. 58

CUADRO Nº 4: PROMEDIOS Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LAS VARIABLES DE QUÍMICA DE SUELOS EVALUADAS EN LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLÍVAR-ECUADOR, 2011 59

CUADRO Nº 5: TASA DE RETORNO MARGINAL PARA LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLÍVAR-ECUADOR, 2011. 66

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº 1: PRECIPITACIÓN DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DE PAPA, EN LA MICROCUENCA DEL RIO ILLANGAMA, PROVINCIA BOLÍVAR, 2011.---------- 60

FIGURA Nº 2: LÍNEA BASE DE LA COMPACTACIÓN POR TRATAMIENTO A DIFERENTES PROFUNDIDADES. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA DE BOLÍVAR-ECUADOR, 2011.---------- 61

FIGURA Nº 3: COMPACTACIÓN ANTES DE LA COSECHA POR TRATAMIENTO A DIFERENTES PROFUNDIDADES. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA DE BOLÍVAR-ECUADOR, 2011.----------62

FIGURA Nº 4: DENSIDAD APARENTE POR TRATAMIENTO EN ESTUDIO. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA DE BOLÍVAR-ECUADOR, 2011. - 63

FIGURA Nº 5: HUMEDAD GRAVIMÉTRICA POR TRATAMIENTO EN ESTUDIO. MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, PROVINCIA DE BOLÍVAR-ECUADOR, 2011. - 64

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de labranza o agricultura de conservación a nivel mundial está siendo muy considerada dentro de las alternativas manejo como una fuente de protección a los recursos naturales, frente al cambio climático que en los últimos tiempos no existe un normal comportamiento de los factores estacionales en el medio ambiente, esto permite que la degradación o erosión del suelo sea más enunciada.

En el Ecuador las alternativas de agricultura sostenible, constituye una práctica de manejo racional, ya que en nuestro país se practica la agricultura de ladera, con técnicas inadecuados para este tipo de práctica, esto permite que los suelos sean más vulnerable a la se degradación de suelos a mayor escala. De esta manera se inicia el proceso de pérdida de la biodiversidad (capital natural). Adicionalmente, el recurso suelo es explotado hasta un punto más allá del cual, actividades como el exceso de pastoreo del ganado, producción agrícola en áreas marginales, deforestación, etc., afectan la capacidad regenerativa de algunas especies vegetales, que conllevan no solo a la degradación del capital natural, sino además, a repercusiones socioeconómicas en las familias campesinas.

GONZÁLEZ, M. 2008. Reporta que en la microcuenca del río Illangama las poblaciones dependen fundamentalmente de las actividades agropecuarias para su sustento. La agricultura es la actividad predominante y más del 80% de la población económicamente activa PEA se dedica a ella.

Esta situación define el alto grado de vulnerabilidad y de riesgo social y económico que puede provocarse como consecuencia del manejo inadecuado del capital natural, su degradación o efectos del cambio climático. En esta microcuenca, las áreas boscosas casi han desaparecido y el mal manejo del sistema de producción basado en los cultivos de papa y pastos muestran el siguiente esquema: siembra de papa variedades INIAP-Fripapa e INIAP-Natividad en el mes de enero, con el inicio de las lluvias, y su ciclo de cultivo es de aproximadamente 7 meses (julio); a partir del mes de agosto, siembran papa con variedades nativas o el suelo dejan en barbecho hasta el mes de diciembre; en el mes de enero siembran cebada que tiene un ciclo de 6 meses (junio) y

finalmente siembran el pasto, el cual dura en el campo aproximadamente tres a cuatro años.

Este sistema de producción, ha promovido el deterioro del capital natural, especialmente del recurso suelo. **CRUZ, E.*et.al*.2010,** reportan promedios de pérdida de suelo por escorrentía de 2,69 t/ha/ciclo, en suelo removido; **CHELA, E. 2008,** reporta en promedio la pérdida de suelo por escorrentía de hasta 0,897 t/ha/ciclo en parcelas con maíz y fréjol bajo sistemas de labranza de conservación (labranza mínima) y el **GOBIERNO PROVINCIAL DE BOLÍVAR. 2004**, reporta pérdidas de suelo de hasta 50 t/ha/año.

Con estas prácticas que incluyen el manejo integrado del cultivo, el aprovechamiento racional de los recursos naturales locales, la capacitación y empoderamiento de los agricultores, que contribuirá a la sostenibilidad en los ámbitos social, cultural, financiero económico, físico y ambiental a mediano y largo plazo.

En esta investigación se propone dar alternativas de adopción a las Buenas Prácticas de Manejo (BMP) como son: conservación (labranza reducida y labranza mínima), para lo cual se ha planteado evaluar el efecto de la labranza reducida, el uso de suelo y fertilización en el cultivo de papa, en comunidades de la microcuenca del Rio Illangama.

En esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar a mediano plazo el efecto de dos sistemas de labranza, uso de suelo y fertilización en el cultivo de papa, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Determinar el efecto de los sistemas de labranza, uso de suelo y fertilización, sobre el rendimiento del cultivo de papa.
- Realizar el análisis económico de la implementación de los sistemas de labranza, uso de suelo y fertilización en el cultivo de papa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. SISTEMAS DE LABRANZA

2.1.1. Labranza.

PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002. Manifiesta que la labranza es una manipulación física del suelo para cambiar su estructura y mejorar las condiciones de aireación, balance hídrico y control de malezas. La operación de labranza depende de diversos factores que incluyen:

- **Textura:** Suelos de textura liviana y media, tales como los negro andino, permiten un bajo número de operaciones de labranza para establecer condiciones ideales para el crecimiento de las raíces, en tanto que los suelos pesados requieren de un mayor número de operaciones.
- **Malezas:** Un terreno que ha estado ocupado con pasturas permanentes presenta mejores características físicas, mayor grado de agregación y menor densidad aparente. Pastos con sistemas radiculares de rizomas, como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), requieren medidas especiales.
- **Humedad:** Con una humedad cercana a la capacidad de campo se requiere de menor energía para romper el suelo durante la labranza. Suelos saturados pueden compactarse con la entrada de equipos pesados y bueyes.
- **Pendiente:** Se corre el riesgo de erosión cuando se cultiva papa en pendientes superiores al 20%. Este problema se torna aún más grave cuando se hará con tractor en sentido de la pendiente. De hecho, esta es la causa principal de erosión de los suelos negro andinos en Ecuador.
- **Herramienta:** Debido a su capacidad de arrastre en ladera, se debe restringir el uso del arado de discos a terrenos planos. En lotes ondulados y pendientes se recomienda utilizar tracción animal o herramientas manuales.

2.1.2 Labranza mínima o cero labranzas.

HOBBS.*et.al*. 1997. Menciona que los sistemas de labranza mínima o de cero labranza, consiste en no labrar la tierra, o se labra muy poco antes de la siembra; se dice que hace una siembra directa. Este enfoque se ha extendido en los últimos años, llegando por ejemplo a ocho millones de hectáreas.

Una ventaja importante de la labranza mínima es que los cultivos pueden ser sembrados inmediatamente después de que el cultivo anterior haya sido cosechado y, por lo general, en el momento más cercano al óptimo de la siembra, esto no es posible con la labranza convencional ya que esta requiere más tiempo, por tanto la siembra directa para aquellas regiones en los cuales se rotan dos o más cultivos en el mismo campo y el mismo año.

2.1.3. Labranza reducida.

Son el conjunto de técnicas basadas en prácticas que dejan sobre la superficie del suelo residuos vegetales (cobertura verde, cobertura muerta, abono verde, rotación de cultivos, entre otras) y prácticas mecánicas tales como el laboreo mínimo o ausencia del laboreo del terreno.

PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002. Afirma que la labranza de conservación o labranza reducida consiste en reducir al mínimo la labranza del suelo a fin de preservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Como resultado, se protege la superficie de las gotas de agua, incrementando la materia orgánica por los residuos vegetales y manteniendo los agregados, conservando la humedad y la tasa de infiltración. En otros países de América Latina, en especial Brasil y Argentina, más de un millón de hectáreas están bajo sistemas de labranza reducida usando arados de cincel, rotavator y herbicidas.

2.1.4. Labranza convencional.

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

Una (1) arada, dos (2) pases de rastra y siembra con maquinaria (alta tecnología).

Una (1) arada, dos (2) pases de rastra con tractor y surcado con bueyes (tecnología intermedia).

Una (1) arada, 1 o 2 cruzadas y surcado con bueyes (tecnología de costo reducido).

SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 1992. expresa que la preparación de suelos para el cultivo de las papas con maquinaria de tracción motriz, dependa de las posibilidades financieras del agricultor. En las regiones donde hay problemas con maquinaria de tracción mecánica se recomienda el uso de arado, rastra, sembradora, cultivadora o sea implementos agrícolas movidos por tracción animal, los cuales son muy eficaces y recomendados.

SUQUILANDA, M. 1996. Afirma que llas ventajas fundamentales de la labranza convencional son:

- Control de malezas.
- Control de algunas plagas.
- Garantizar una rápida y uniforme emergencia del cultivo.
- El fácil acceso de la maquinaria sin que se compacte el suelo, permite el abonado nitrogenado en bandas en la etapa del primer nudo o más tarde.

Esto significa que una mayor parte del nitrógeno será usado en la producción de tubérculo y que se perderá menos con el agua de riego por lixiviación o evaporado. La contaminación ambiental será menor.

Una siembra de precisión y un mejor ambiente para el crecimiento de las plántulas, resultará en una menor competencia por parte de las malezas y una mejor oxigenación de las raíces.

Desventajas:

- 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 por ciento, sobre todo en cultivos de corta duración.

- 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.

2.2. AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN.

La agricultura de conservación en los Andes: consideraciones especiales y desafíos: CA se encuentra en todo el mundo, se estima que más de 80 millones de hectáreas se cultivan usando técnicas de CA.**TORRES, L; BENITES, A y CABRERA, H. 2003.** Los países en desarrollo CA cobró impulso en América durante la década de 1980 con una amplia adopción de la soja reducida y siembra directa en Paraguay y Brasil. La mayoría de adopción CA en América del Sur, sin embargo, se produjo en los campos de baja pendiente y bajo condiciones de mecanizado. CA no ha sido ampliamente adoptado en la AR, a pesar del hecho de que las tierras en la AR se encuentran entre los más frágiles y la productividad-cuestionada en el mundo.**WINTERS, P; CRISSMAN, C. y ESPINOSA, P 2004,** La agricultura AR tiene características creando retos especiales a la AC.

BARRERA, V.*et.al.* 2004. Dice que los productores de la ecorregión andina del Ecuador se caracterizan por manejar sistemas complejos de producción dentro de los cuales las rotaciones cultivos-pastos son las más comunes y las que tendrían el mayor potencial para incrementar rendimientos, generar nuevos empleos y ayudar a un manejo sostenible de los recursos naturales.

BARRERA, V.*et.al.* 2007. Estas mismas características reportan los productores de la microcuenca del río Illangama, en donde el sistema papa-leche es la principal fuente de sustento e ingresos económicos.

BARRERA, V. 2004. Menciona que la gran eficiencia y flexibilidad del sistema papa-leche les permite responder rápidamente a factores externos e internos que modifican la productividad del sistema, los ingresos y los riesgos que enfrenta el productor. Esto es especialmente importante cuando el país está pasando por la reestructuración macroeconómica más fuerte de los últimos 50 años, la región costa incrementa su competitividad y esta repercute, cada vez más, en la productividad de los sistemas en la sierra y, los países vecinos, con los cuales tiene comercio importante las provincias fronterizas donde se localizan estos

sistemas, están enfrentado problemas similares, que distorsionan y/o cambian los mercados tradicionales y los sistemas de producción que generan esa producción.

Los estudios en campos experimentales del INIAP y en parcelas de productores localizadas en la microcuenca del río Illangama. **BARRERA, V.*et.al.* 2004,** muestran uno de los potenciales más altos de productividad por área a nivel regional y nacional y factibilidad técnico económica de incrementar la productividad del sistema papa-leche actual. Por otro lado, los estudios de caracterización de la microcuenca. **BARRERA, V.*et.al.* 2007,**muestran un comportamiento lógico con respecto a lo esperado: por un lado, un grupo de productores de bajos niveles de productividad y respuestas importantes a fenómenos de corto plazo que ponen en duda la persistencia del sistema en el largo plazo, y por otro, un grupo que muestra medianos niveles de productividad, los cuales explicaría el aparente comportamiento lógico de los productores, en su toma de decisiones de manejar el sistema bajo estas circunstancias, los actores involucrados en desarrollar y optimizar el sistema papa-leche, se plantean varias inquietudes sobre la viabilidad socio-económica y ambiental del sistema y los ajustes que se deben realizar en tiempos de coyuntura en el mediano y largo plazo. Entre las más relevantes se consideran a las siguientes: a) Cuáles serían los principales retos que enfrentaría el sistema papa-leche en la microcuenca del río Illangama y en la sierra ecuatoriana; b) Cuáles serían las repercusiones que estas limitantes tendrían en la generación de empleo, la productividad, los ingresos y la sostenibilidad ambiental; y c) Cuáles serían las metodologías de análisis más útiles para apoyar a estos productores en la toma de decisiones de producción e inversión.

En el Illangama, casi la totalidad de las fincas poseen el sistema papa-leche (95% de hogares tienen pastos y el 100% papas), el cual genera los principales ingresos económicos y ocupa una superficie de 2920,22 hectáreas (22,76% de la superficie total de la microcuenca).

2.3. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS.

Las prácticas de conservación de suelos es el uso racional de estos para mantener su capacidad productiva, incorporando prácticas de protección y mejoramiento, de tal forma que se controle la erosión y se aumente la productividad.

Toda acción que contribuya a hacer que la velocidad de formación del suelo sea mayor que la velocidad del desgaste del mismo, es una medida de conservación. El agricultor debe aprender que labrar el suelo no es minarlo ni saquearlo, sino utilizarlo de tal manera que sus descendientes lo reciban en el mismo estado de fertilidad en que le fue encargado por sus antecesores. En lo posible, esta fertilidad debe incrementarse.

2.3.1. Prácticas culturales.

URBANO, P. 1997. Explica que forman parte de buen manejo del suelo e incluyen la rotación de los cultivos, los abonos verdes los cultivos verdes, los cultivos en contorno, el enriquecimiento de la microflora y microfauna, las cuberturas vegetales, las barreras vivas, entre otras.

2.3.1.1. Cobertura vegetal.

URBANO, P. 1997. Expresa que son plantas que cubren la superficie del suelo y llenan la capa superficial con raíces densas y profundas, que mantienen el suelo en su lugar y disminuyen la erosión. Los cultivos de cobertura, propician la recuperación del mismo.

2.3.1.2.Barreras vivas.

TORRES, C. 2002. Menciona que son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso sembradas a través de la pendiente, casi siempre en contorno. El objetivo de dichas barreras es reducir la velocidad de agua que corre sobre la superficie del suelo y retener las partículas de sedimento que están siendo transportadas, disminuye también la velocidad del viento y protegen al suelo.

Es necesario recalcar que deben utilizar plantas de crecimiento denso que en menor tiempo formen un obstáculo al libre deslizamiento del agua.

El distanciamiento que debe existir entre barreras está de acuerdo con el tipo de cultivo que disponga la finca, en el caso de estar explotando cultivos que no presten mayor cobertura al suelo como: papa, maíz, etc. Las barreras se establecerán con una separación menor que cuando se tenga en explotación cultivos densos o bosques.

Mientras mayor sea la altura alcanzada por la cortina, el área protegida de los vientos es mayor y por consiguiente el espaciamiento entre cortinas también se incrementa. Se ha demostrado que una cortina ofrece protección siete veces su altura viento arriba y veinte veces viento abajo.

2.3.1.3. Practicas mecánicas.

URBANO, P. 1997. Manifiesta que son las obras de pequeña ingeniería destinadas a canalizar aguas, amortiguar su violencia y contener las remociones en masa, de estas obras pueden mencionar: las zanjas de infiltración, las zanjas de drenaje, la terraza. Las prácticas mecánicas son más costosas que las culturales, pero son justificadas; de lo contrario, las pérdidas de suelo por arrastre serian de grandes proporciones.

2.3.1.4. Curvas de nivel.

Es una práctica muy difundida que se utiliza las siembras de cultivos, en el establecimiento de barreras vivas y en cultivos en fajas, entre otros.

2.3.1.5. Cultivos en contorno.

TORRES, C.2002. Menciona que es una práctica sencilla para detener la erosión, pues cada surco forma un canal que disminuye la velocidad del escurrimiento superficial aumenta la infiltración y evita la formación de canalillos y cárcavas.

Esta práctica es recomendable para terrenos con pendientes no mayores al 5% cuando la pendiente, para obras mecánicas de conservación de suelo.

En regiones con precipitaciones de 800 mm /año la textura arcillosa o pesada y que tienen un subsuelo impermeable es necesario modificar los surcos dándoles un desnivel de 0.01-0,03 % (1-3*mil) y desalojar los excedentes de agua a cauces naturales protegidos con vegetación u obras mecánicas previamente

Construidas para dicho fin (bordes de campo, caminos de agua, terraza de base ancha), de lo contrario los excesos de aguas captadas perjudican el desarrollo de los cultivos.

2.3.1.6. Cultivos de fajas.

TORRES, C.2002. Explica que son fajas alternas y de anchura variable con cultivos de escarda y cultivos densos.

Las fajas con cultivos densos disminuyen el impacto de la lluvia, aumenta la infiltración del agua y reduce el escurrimiento a las fajas siguientes en donde se ubican los cultivos de escarda.

La utilización de fajas con cultivo se debe acompañar con un plan de rotación y una obra mecánica con el fin de obtener los mejores resultados en cuanto a control de la erosión.

En la fajas con cultivo denso se debe incluir leguminosas en la rotación, que aportan materia orgánica y mejoren las condiciones físicas y químicas de los suelos (abonos verdes).

2.3.1.7. Rotación de cultivos.

TAYUPANTA, J. 1990. Explica que una rotación es la sucesión se 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.

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)

2.4. PRINCIPALES FACTORES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

2.4.1. Salinización del suelo.

ORTIZ, R. 2008. Afirma que la concentración de los 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 antrópicos.

La mayor parte de las tierras dedicado a los cultivos bajo condiciones de regadío 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 deban tomar todas las medidas para evitar este tipo de degradación de los suelos.

2.4.2. La acidificación.

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE. 2009. Manifiesta que 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 acida).

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.

2.5. LA EROSIÓN

LÓPEZ, G. 2008. Expresa que es un proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes de interperismo. La erosión al desprender el suelo de su lugar de origen, transportarlo y depositarlo en otros sitios, elimina progresivamente la capa superficial, que contiene una alta proporción de minerales, materia orgánica, elementos nutritivos y agua, necesarios para el crecimiento de las plantas.

La erosión es el desgaste de la superficie terrestre ocasionada por el agua y el aire, que arranca y transporta las partículas del suelo.

2.5.1. Procesos de erosión.

TORRES, C. 2002. Menciona que los agentes de erosión causan directamente la erosión y son principalmente tres:

- La fuerza de la gravedad, cuyos efectos se pueden apreciar en los derrumbes, los aludes o deslizamientos (remoción en masa).
- El agua, a la cual se deben la mayor parte de los procesos erosivos que ocurren.
- El viento, que actúa sobre el suelo desprotegido de vegetación, principalmente en localidades desérticas o semidesérticas.

2.5.2. Factores de erosión.

TORRES, C. 2002. Explica que los factores de erosión son aquellas condiciones que aceleran o retrasan la acción de los agentes erosivos, de los cuales hay que mencionar los siguientes:

- **La pérdida del terreno:** cuando la montaña es empinada, mayor será la fuerza erosiva del agua, a mayor longitud de la pendiente, hay mayor arrastre de las partículas.
- **El régimen de lluvias:** la erosión es más severa si se presenta estaciones secas prolongadas; también aumenta la posibilidad de erosión cuando es mayor la intensidad y la duración de las precipitaciones.

- **La vegetación:** la cobertura vegetal del suelo se puede influir de modo determinante en el comportamiento del agua, en la evapotranspiración, la infiltración y la escorrentía.
- **La clase del suelo:** hay mayor peligro de la erosión en dos casos: cuando el suelo o formación superficial es delgado o cuando el material del suelo no es de consistencia firme.
- **El ser humano:** prácticas agrícolas equivocadas y la construcción de obras y vías, también son factores que aceleran el proceso de erosión.

2.5.3. Erosión hídrica.

TAYUPANTA, J y CÓRDOVA, J. 1990. Expresa que el agua es un agente muy enérgico. 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 de la 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.

2.5.4. Erosión geológica.

LÓPEZ, J. 2008. Manifiesta que es considerada como una erosión natural o normal que se produce sobre toda la tierra como consecuencia de las fuerzas de la naturaleza. Este tipo de erosión, los cambios muy lentos y minúsculos se vuelven significativos luego de largos periodos de tiempo: Un ejemplo es el rompimiento de las rocas y más materiales por variaciones de temperatura. La acción conjunta de las clases de erosión y los procesos geológicos dejan los suelos completamente infértiles.

2.5.5. Erosión biológica.

TAYUPANTA, J. y CÓRDOVA, J. 1990. Menciona que 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.

2.5.6. Erosión eólica.

LÓPEZ, J. 2008. Manifiesta que la fuerza ejercida por el viento sobre la superficie del terreno produce un movimiento de partículas, que son transportados por saltación, deslizamiento superficial o suspensión, dependiendo del tamaño de las partículas, la duración, la velocidad y la turbulencia del viento. De esta forma el suelo es sacado de su lugar de origen y depositado en las depresiones naturales del terreno, que generalmente son las zonas bajas y planas del micro cuencas hidrográficas.

2.6. COMPOSICIÓN DEL SUELO.

ORTIZ, R. 2008. Manifiesta que el suelo está formado por material mineral, materia orgánica (organismos de los cinco reinos), agua y aire. Dependiendo de la proporción de materia orgánica y materia mineral, los suelos se dividen en orgánicos e inorgánicos.

Los suelos orgánicos, también llamados húmicos o mantillosos, llegan a tener hasta 95% de materia orgánica y se caracteriza por permanente descomposición de esta. Son ideales para el cultivo de hortalizas, trasplante de plantas de jardín y cultivos intensivos.

Los suelos inorgánicos o minerales, la mayor parte de los suelos de la tierra, por ejemplo pueden tener 45% de materia mineral, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire; estas proporciones cambian según el clima, la topografía, la cobertura vegetal, el uso del suelo y el material parental.

2.6.1. características físicas de los suelos.

2.6.1.1.Color.

MOCOA, A. 2002. Afirma que los suelos en general tienen color oscuro. El color se aclara a medida que se profundiza. Los suelos de color más oscuro, generalmente son más ricos en materia orgánica. Los colores pardos, rojizos y amarillentos, indican que los suelos son bien aireados y no se encharcan. Los colores grises y manchados de verde azuloso, indican que los suelos permanecen mucho tiempo encharcados.

En las regiones húmedas, cuando los suelos son muy claros indican baja productividad y las plantas se desarrollan mal.

2.6.1.2.Textura.

ORTIZ, R. 2000. Menciona que 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 riego, así como también en la capacidad de almacenamiento de nutrientes.

2.6.1.3.Estructura.

TORRES, C. 2002. Menciona que las partículas que conforman tiene la capacidad de agruparse de diferentes formas, y el ordenamiento que estas adopten se conoce como estructura. Si el suelo contiene alta proporción de arena, no existe una ordenación estructural, debido a la ausencia de las propiedades aglutinantes que le proporciona la materia orgánica, el calcio y la arcilla. Una estructura bien desarrollada indica la presencia de arcilla y materia orgánica.

2.6.1.4.Partículas del suelo.

TORRES, C. 2002. Explica que las partículas que conforman el suelo tienen diferente tamaño; las partículas más pequeñas se llaman arcillas, los intermedios limos, y las más grandes arenas. La mezcla de arenas, limos, arcillas se conoce como textura.

Si los suelos tiene muchas arenas se dice que son arenosos; estos suelos no se encharcan, son de fácil manejo, aunque muy pobre en alimentos para las plantas.

Los suelos que tienen muchas partículas se llaman arcillosos, son suelos pesados, se encharcan fácilmente y contienen muchos nutrientes. Cuando están húmedos son pegajosos y cuando están secos forman una masa dura.

Cuando los suelos tienen cantidades más o menos iguales de arena, limo y arcilla, se dice suelos de textura franca y se considera bueno porque son fáciles de manejar, no se encharcan y son ricos en nutrientes. Se sienten suaves al tacto.

2.6.1.5.Densidad aparente.

ORTIZ, R. 2008. Manifiesta que 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.

2.6.1.6. Compactación.

ORTÍZ, R. 2008. Menciona que 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.

2.6.1.7.Porosidad del suelo.

ORTIZ, R. 2008. Explica que 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 mesóporos 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

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.

2.6.1.8.Permeabilidad.

MOCOA, A. 2002. Dice que es la facilidad con que el agua y el aire se mueven dentro del suelo. Los suelos que se encharcan tienen permeabilidad muy lenta.

2.6.1.9.Profundidad efectiva.

MOCOA, A. 2002. Explica que es la profundidad hasta donde llegan, sin tropiezo, las raíces de las plantas en busca de agua y alimentos. Los tropiezos o limitaciones que encuentran las raíces para penetrar son:

- Capas endurecidas
- Piedras o rocas
- Agua
- Sales dañinas

En un suelo profundo Las raíces de las plantas penetran hasta un metro o más sin tropiezos de ninguna clase. En un suelo muy superficial Las raíces de las plantas penetran muy poco, porque encuentran:

- Agua muy cerca de la superficie
- Rocas y piedras
- Capas endurecidas
- Sales dañinas.

2.6.1.10. La aireación.

Se refiere al contenido de aire del suelo y es importante para el abastecimiento de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono en el suelo. La aireación es crítica en los suelos anegados. Se mejora con la labranza, la rotación de cultivos, el drenaje, y la incorporación de materia orgánica.

2.6.1.11. La temperatura del suelo.

Es importante porque determina la distribución de las plantas e influye en los procesos bióticos y químicos. Cada planta tiene sus requerimientos especiales. Encima del 5º C es posible la germinación

2.6.1.12.Drenaje.

TORRES, C. 2002. Expresa que este fenómeno consiste en la rapidez con que los suelos se liberan del exceso de agua después de un aguacero. El drenaje puede ser interno o externo.

- **Drenaje interno.**

  Es la rapidez con que el agua se mueve y penetra dentro del suelo. En este caso el agua penetra verticalmente con velocidad no solo arrastra la materia orgánica que hay en el suelo sino los nutrientes, nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K).

  Esto sucede cuando el suelo posee escasa materia orgánica; si se presenta en cantidades de 25%, el drenaje interno no se torna peligroso, ya que la materia orgánica mejora la estructura de los suelos sueltos, los hace más pesados y más retenedores de agua.

  Cuando el drenaje interno es lenta (suelo arcilloso o gredoso) se produce encharcamiento. Por lo tanto, hay regular el riesgo o de lo contrario se produce lixiviación y empobrecimiento de los suelos, especialmente en los arenosos.

- **Drenaje externo.**

  Es la rapidez con que el agua se mueve por la superficie del suelo. Este drenaje es uno de los factores responsable de las distintas clases de erosión. Cuando los suelos están protegidos con cultivos permanentes, árboles o barreras vivas, esto tiende a minorar la velocidad del agua sobre la superficie del suelo. El drenaje externo está influenciado por (3) aspectos:

  - Velocidad del agua.
  - Pendiente del suelo.
  - Ausencia de materia orgánica en el suelo.

  En la agricultura no se deben efectuar cultivos limpios (que requieren movimientos del suelo, como la papa, el maíz, y el frijol) en áreas inclinadas; en estas es convenientes el uso de barreras vivas, a partir del 4% de pendiente. También es importante tener en cuenta la velocidad del agua; esta no debe pasar 1 m por segundo, pues cuando supera este límite en terrenos con pendiente mayores al 25%, el agua no penetra en el suelo o lo hace lentamente y corre por encima de este formado de arroyos que inician las distintas clases de erosión en suelos no protegidos.

  Por tanto, debe considerarse la pendiente, la velocidad del agua, el contenido de materia orgánica y las defensas del suelo, para evitar que la erosión destruya el suelo.

2.6.2. características químicas de los suelos.

INFORGANIC. 2004. Manifiesta que la materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quilatado. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles.

La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, es posible que a través de favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos.

2.6.2.1. Materia orgánica.

INFORGANIC. 2004. Menciona que la materia orgánica tiene funciones muy importantes en el suelo y en general, en el desarrollo de una agricultura acorde con las necesidades de preservar el medio ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclos de nutrientes) y de la actividad biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de elementos potencialmente contaminantes.

TORRES, C. 2002. Afirma que la materia orgánica, es decir los desechos de animales y vegetales, se descompone por acción de microorganismos (hongos, bacterias) y meso organismos (hormigas, lombrices, gorgojos), que la convierten en compuestos asimilables para las plantas.

Posee las siguientes características químicas especiales y diferentes propiedades.

- Mejora la fertilidad del suelo, al aumentar su capacidad para retener e intercambiar los nutrientes; así el suelo pierde menos nutrientes por acción de lixiviación.
- Se convierte en una verdadera reserva de nutrientes para las plantas.
- Hace que el suelo se torne menos propenso a cambiar sus condiciones químicas como el pH. Es decir, evita los se vuelvan ácidos o alcalinos, tendencias a las que están sometidos los suelos tropicales, una vez se tala el bosque primario y se inicia su utilización para cultivos.
- Se convierte en un reservorio de agua, porque aumenta la capacidad del suelo para retener la humedad y así crear mejores condiciones para el crecimiento de las plantas.
- Optimiza las condiciones físicas del suelo al aumentar la granulación de las partículas del suelo y mejorar la porosidad y al circulación del aire.
- Favorece la actividad microbiológica, al convertirse en un medio de proliferación de estos organismos.
- Forma conjuntos orgánicos que atrapen elementos como el hierro, el magnesio, el manganeso, y evita que estos se pierdan al ser arrastrados y que las raíces no los aprovechen.

2.6.2.2. El pH del suelo.

INFORGANIC. 2004. Dice que 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.

2.6.2.3. Capacidad de intercambio catiónico.

TORRES, C. 2002. Afirma que el suelo está constituido por pequeñas partículas que posee carga eléctrica negativa y alrededor esta se forman verdaderos enjambres de elementos químicos (nutrientes para la planta), con cargas eléctricas generalmente opuestas que se atraen. La capacidad del intercambio catiónico le permite al retener e intercambiar esos elementos, lo cual evita que se pierdan, y así mantener la fertilidad.

Estos elementos externos tienden a abandonar la partícula del suelo, arrastrados por el agua hacia el interior del mismo. Estos nutrientes perdidos por lixiviación son reemplazados por el hidrogeno por reacción químicas del suelo, lo cual ocasiona que los suelos se tornen cada día más ácidos. La materia orgánica, mediante la formación de humus, aumenta el intercambio catiónico de los suelos y mejora la fertilidad. En algunos casos es necesario aplicar cal, pero la cantidad debe ser recomendada por un técnico, después de un análisis químico del suelo.

2.6.2.4. Contenido de nutrientes.

AGROMAR. 2006. 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

2.6.3. características biológicas del suelo.

Está asociado 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.

2.6.3.1. Contenido de materia orgánica en el suelo.

AGRONET. 2009. 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.

2.6.3.2. Fauna biológica del suelo.

AGROMAR. 2006. 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 físico-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 amoniaco a nitratos, mientras que otras intervienen en el proceso general de descomposición de materiales orgánicos.

2.6.3.3. Los microorganismos del suelo.

Los microorganismos del suelo, son los componentes más importantes de este. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. En un solo gramo de tierra, encontramos millones de

microorganismos beneficiosos para los cultivos. Estos microorganismos beneficiosos que se encuentran en el suelo, son bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios. Un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada. (http://www.monografias.com/trabajos14/propiedades-agua/propiedades agua.shtml).

2.7. CULTIVO DE PAPA.

2.7.1. Origen y distribución geográfica.

CALUÑA, J. 2008. Menciona que la papa es una planta alimenticia que procede de las culturas Pre-Incas e Incas. En el territorio peruano se encuentra la mayor cantidad de especies de papa conocidas en el mundo. Actualmente en el Perú, es el principal cultivo del país en superficie sembrada y representa el 25% del PBI agropecuario. Es la base de la alimentación de la zona andina y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias. La papa es un cultivo competitivo del trigo y arroz en la dieta alimentaria. Es un producto que contiene en 100 gramos; 78 gr. de humedad; 18,5 gr. de almidón y es rico en Potasio (560mg) y vitamina C (20 mg).

METCALFE, S. y ELKINS, D. 1998. Menciona que el cultivo de la papa se originó en la cordillera andina, donde esta planta evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, presentando una gran variabilidad. La papa llega a Europa en el siglo XVI por dos vías diferentes: una fue España hacia 1570, y otra fue por las Islas Británicas entre1588 y 1593, desde donde se expandió por toda Europa. Realmente el desarrollo de su cultivo comienza en el siglo XVIII, a partir de producciones marginales y progresivamente va adquiriendo cierta importancia transcurridos 200 años.

2.7.2. Morfología.

ENCARTA ® 2005. Afirma que la Patata o Papa (planta), es un tubérculo harinoso comestible producido por ciertas plantas de un género de la familia de las Solanáceas; el nombre se aplica también a las plantas y es debido a la confusión que se creó en España entre las voces americanas papa y batata. La patata blanca común es un alimento básico en casi todos los países templados del mundo. La planta se cultiva como herbácea anual.

El tallo crece hasta casi 1 m de altura, erguido o tendido, con hojas acuminadas y flores de color entre blanco y púrpura. El fruto es una baya con numerosas semillas, de tamaño parecido al de la cereza. Igual que los tallos y las hojas, el fruto contiene cantidades sustanciales de solanina, un alcaloide tóxico característico del género.

2.7.3. clasificación taxonómica.

La papa se clasifica de la siguiente manera. **HUMAN, Z. 1983.**

REINO:	**Vegetal.**
SUBDIVISIÓN:	*Angiospermas.*
DIVISIÓN:	*Fanerógamas.*
CLASE:	*Dicotiledónea.*
ORDEN:	*Tubifloras.*
FAMILIA:	*Solanácea.*
GENERO:	*Solanum.*
ESPECIE:	*tuberosum*
NOMBRE CIENTÍFICO:	*Solanum tuberosum*

2.7.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

www.infoagro.com/.

2.7.4.1.Raíz.

Sus raíces son muy ramificadas, finas y largas, dependiendo su desarrollo de que el suelo esté o no mullido.

2.7.4.2.Hojas.

Las hojas son imparipinnadas. Consta de nueve o más foliolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejados se encuentran del nudo de inserción.

2.7.4.3.Tallo.

El tallo, grueso, fuerte, anguloso, con una altura que varía entre 0,5 y 1 m, se origina en la yema del tubérculo, a la vez que tallos aéreos, la planta tiene tallos

subterráneos. Los primeros son de color verde. Contienen un alcaloide tóxico, la solanina, que puede formarse también en los tubérculos cuando éstos se exponen prolongadamente a la luz. Los tallos subterráneos o estolones, relativamente cortos, se convierten en su extremidad en tubérculos.

2.7.4.4.Fruto.

El fruto es una baya redondeada que puede ser esférica, globular, ovoide o cónica alargada de color verde, que se vuelve amarilla al madurar. El tamaño varía de 1 a 4 cm. de largo 1 a 3 cm. de diámetro, cada baya puede contener de 0 a 400 semillas según la fertilidad de las flores.

2.7.4.5. Tubérculos.

La formación de sustancias de tuberización por hojas y tallos depende de la variedad y, también, de la temperatura y de la duración de la luz diaria (fotoperiodo). En días cortos se producen más sustancias de tuberización que en días largos, en los cuales aumenta el crecimiento vegetativo de la planta.

En determinadas circunstancias en que hay tuberización y crecimiento, puede ocurrir que, porque existan condiciones meteorológicas favorables, porque se abone con un exceso de fertilizantes nitrogenados u otra circunstancia, la planta puede crecer más deprisa que se produce la sustancia de tuberización, cayendo entonces la concentración de ésta por debajo del nivel mínimo y deteniéndose la tuberización. Cuando se elabora más sustancia de tuberización, vuelve a retrasarse el crecimiento y aparece nuevamente la tuberización. Estamos entonces en el caso de rebrote.

2.7.5. Variedades.

BARRERA, V; NORTON, Gy ORTIZ, O. 1998. Menciona que las variedades existentes en el mercado sean estas nativas, liberadas por el INIAP o de procedencia colombiana más demandadas en estas zonas son: Norte (Superchola, I-Gabriela, I-Fripapa, Roja, I-Esperanza y Capiro), Centro (I-Gabriela, I-Rosita, I-Esperanza, I-María, I-Margarita, Uvilla, Leona Blanca y Santa Isabel) y Sur (Bolona, I-Esperanza, I-Gabriela, Soledad Cañari y Jubaleña).

Los agricultores escogen las variedades tomando en consideración las características ecológicas y climatológicas de las zonas, por su rendimiento, tipo de mercado al que se destina la producción, resistencia a plagas y enfermedades, disponibilidad de semilla, etc.; así como también tiene su influencia la tradición, hábitos y preferencias de consumo de la población.

2.7.6. Planificación del cultivo.

PARSONS, D. 2002. Dice que antes de empezar a producir papas, el productor necesita observar los requisitos y las características de la papa, con el fin de escoger un sistema adecuado para producir, según las condiciones de la región.

2.7.6.1.Luminosidad.

CALUÑA, J. 2008. Afirma que la luminosidad también influye en la producción de carbohidratos, desde el momento en que es uno de los elementos que interviene en la fotosíntesis. Su influencia no solo se circunscribe a este aspecto, sino también a la distribución de los carbohidratos, siendo su concentración mayor en los tubérculos cuando es alta. La máxima asimilación ocurre a los 60000 lux.

2.7.6.2.Humedad.

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta a la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de mildiu, por tanto esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta.

2.7.6.3.Suelo.

La papa puede crecer en casi todos los tipos de suelo, excluyendo suelos muy húmedos, porque la semilla se pudre.

El suelo debe proveer de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces. Además, la estructura del suelo debe facilitar a las labores de preparación de la tierra, del manejo del cultivo y de la cosecha.

- La profundidad de la capa de la tierra cultivable debe ser, por lo menos de 35 cm para que las raíces y los tubérculos puedan desarrollarse adecuadamente.
- **PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002.** Menciona que el pH del suelo expresa la concentración de los iones de hidrógeno (H^+) y está expresada en términos logarítmicos en una escala de 0 a 10. Números bajos de pH (de 0 a 7) significa acidez, siete neutral y números altos (de 8 a 10) alcalinidad. La mayoría de suelos de las zonas paperas tienen valores de pH entre ácidos y ligeramente ácidos (< 6.4). La papa cultivada en un suelo acido tiene dificultad en absorber la mayoría de nutrientes que demanda la papa.
- La cantidad de materia orgánica debe ser superior a 2% como mínimo, para que el suelo no forme costras.

PARSONS, D. 1998. Afirma que los suelos francos son más adecuados para la producción de papas, porque no se secan tan rápido ni tan lentamente. La granulación natural es bastante buena, lo que facilita la preparación de la cama de semillas y la cosecha. Además, estas tierras mantienen una adecuada estructura durante el cultivo.

2.7.7. Aspectos agroecológicos y climáticos.

PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002. Menciona que existen tres pisos ecológicos principales en el país: andino (más de 3.600 m.s.n.m.), sub-andino (3.200-3.600 m.s.n.m.) e interandino (2.800-3.200 m.s.n.m.). En el piso andino, las especies mejor adaptadas y más difundidas son las raíces y tubérculos andinos, entre ellos la papa y, siguiendo en importancia, los cultivos de haba y cebada. También, el sistema incluye el pastoreo extensivo de animales domésticos, especialmente de ovejas. En este piso frecuentemente ocurren heladas, sobre todo en las hondonadas y planicies. Ocasionalmente, también ocurren granizadas, fuertes vientos y aguaceros. El uso de abonos químicos ha permitido que la tierra de los páramos sea cultivada por cuatro a cinco años. En los últimos años, el periodo de descanso en barbecho se ha reducido de cinco a tres años.

La precipitación en la sierra tiene un carácter bimodal: de febrero a mayo y de octubre a diciembre, debido a los movimientos de la zona de convergencia intertropical. La principal estación seca o de verano ocurre de junio a agosto. Entre fines de diciembre y comienzos de enero existe un periodo menos lluvioso conocido como el veranillo del niño.

Debido a la elevada radiación solar, la producción potencial es alta y aproximadamente constante, por la cual la sierra tiene excelentes condiciones para la producción vegetal. La nubosidad puede afectar hasta un 50% del periodo de insolación diario. Sin embargo, la radiación difusa en cielo cubierto es hasta un 100% más eficiente que la radiación difusa en cielo descubierto.

POURRUT, M. 1983. Dice que el cultivo de la papa se ve favorecida por la presencia de temperaturas mínimas ligeramente por debajo de sus normales y máximas ligeramente superiores en el período de tuberización. Se trata de una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su cultivo las que están en torno a 13 y 18ºC.

2.7.8. Rotación.

INFORME ANUAL, INIAP-DNPV. 2010. Menciona que las rotaciones con cereales como trigo, cebada, avena-vicia, maíz y pasto y la incorporación de éstos como abono verde, previo al cultivo de papa, contribuye a disminuir la incidencia de las enfermedades. Dos ciclos de avena o maíz reducen hasta en 28% las infecciones en la nueva cosecha de papa.

2.7.9. Sistema de cultivo.

PARSONS, D. 1998. Menciona que el cultivo de papas se puede efectuar en campo plano, el sistema de camellones se practica más frecuentemente.

En suelo arcilloso se logra un adecuado control de la humedad por medio de los camellones. En terrenos bajo riego los surcos y camellones sirven para guiar el agua de tal forma que se moja la tierra pero no la planta.

En campos situados bajo pendientes, se forman los camellones según las curvas de nivel, así los camellones detienen la corriente del agua y conducen posteriormente hacia abajo.

El control de malezas en camellones es más fácil que en terreno plano. Los camellones se aporcan cada vez y mientras se tapa las pequeñas plantas de malezas.

2.7.10. PLAGAS Y ENFERMEDADES.

UVTT-CARCHI. 1998. Detalla que la presencia en la producción de papas de enfermedades y plagas, constituyen factor limitante de una alta productividad, pues inciden en la economía del hombre y en su desarrollo social, al reducir la calidad y ocasiona pérdidas en el rendimiento de los tubérculos obtenidos, así como su disponibilidad y abastecimiento a los mercados.

Durante los últimos 25 años se ha identificado un centenar de enfermedades y plagas que afectan el cultivo de la papa en todas las zonas de producción, mismas que son causadas por hongos, bacterias, nemátodos y virus. Las que son originarias por hongos son motivo principal de múltiples aplicaciones de fungicidas, implicando realizar inversiones millonarias para garantizar la productividad con un efecto nocivo al ambiente.

2.7.10.1. Enfermedades.

Una de las principales enfermedades que afecta al cultivo de papa es el tizón tardío o lancha (*Phytophthora infestans)* que se presenta en cualquier ciclo de la producción y en todas las zonas paperas del país, que en condiciones ambientales favorables el cultivo puede ser destruido en menos de 15 días, su control representa un alto costo para los agricultores (realizan de 4 hasta 16 o más aplicaciones con productos sistémicos y de contacto en diferentes dosis y mezclas).

2.7.10.2. Plagas.

Entre las principales plagas que afecta la producción de papa se tiene:

- La polilla (*Tecia solanívora*) misma que afecta directamente los tubérculos de papa tanto en campo como en almacenamiento, las larvas de esta plaga ingresan al tubérculo para alimentarse y durante su desarrollo hacen túneles, en este proceso los tubérculos se vuelven inservibles para el consumo y para semilla.

- **GALLEGOS, P. e*t. al.* 1997.** Manifiesta que el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) causa daños en la papa, reduciendo la calidad de las cosechas, las pérdidas en el valor de venta causada por el daño del gusano blanco en los tubérculos son: en la provincia de Cotopaxi un promedio del 50%, en Chimborazo es del 44%, en el Carchi el 37% y en el Cañar es del 22%, en comparación con los tubérculos sanos. Cuando el ataque de esta plaga es severo puede ocasionar la pérdida total del cultivo.

2.7.10.3. Control integrado.

CIP. 1997. Manifiesta que el uso de variedades resistentes. Es muy importante en los lugares donde las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad, el uso de variedades resistentes, sin embargo, no significa dejar de usar los otros métodos de control, incluyendo el control químico. Las variedades resistentes deben ser protegidas con un menor número de aplicaciones para mantener los campos sanos y evitar la aparición y presencia de otras razas fisiológicas del hongo, las cuales podrían romper la resistencia en un tiempo un tiempo muy corto. Las variedades de papa resistentes al tizón tardío en el Ecuador son: I-Catalina, uscaleña, I-Fripapa, I-Margarita, I-Rosita, I-Soledad Cañari, I-Cardino, Papa Pan.

Labores culturales (Etológicas).- Las siguientes medidas ayudan a disminuir la incidencia de la enfermedad y a reducir las pérdidas en el campo:

- Usar tubérculos-semillas sanos.
- Realizar aporques altos para evitar la infección de los tubérculos.
- Cortar el follaje cuando está muy afectado para evitar la infección de los tubérculos.
- No cosechar en días lluviosos.
- Adelantar la siembra para escapar a las condiciones que favorecen el desarrollo del hongo.

- Plantar en lugares donde las condiciones ambientales no sean favorables para el desarrollo de la enfermedad. En caso de la región andina estos lugares están situados en las partes altas, donde la baja temperatura predominante no favorece el buen desarrollo del patógeno y por consiguiente los daños son menores.

CIP. 1997. Expresa que la Protección con fungicidas (químico).- Los agricultores cultivan una diversidad de variedades de papa (incluyendo las nativas) que no tienen resistencia a la enfermedad, por esta razón, es imprescindible para ellos el uso de fungicidas para proteger sus cultivos. Las aplicaciones de fungicidas en los países desarrollados se inician de acuerdo a un pronóstico basado en los registros de temperatura y humedad, que son importantes en el desarrollo del patógeno, lamentablemente en los países en desarrollo no se dispone de datos estadísticos sólidos que permitan pronosticar el momento oportuno para iniciar las aplicaciones.

En el mercado se encuentra muchos productos químicos los cuales deben ser usados según las recomendaciones de las casas comerciales y técnicos (dosis adecuada, aplicación oportuna, aspersión con gotas frías, etc.). Cuando se trata de cultivos de papa para obtener tubérculos-semilla se debe seguir una estrategia del control de la enfermedad.

Con todas estas recomendaciones y las experiencias de los técnicos y agricultores se debe diseñar una estrategia de control de las enfermedades y plagas para cada zona de producción.

2.7.11. Fertilización.

CÁCERES, J. 1999. Expresa que dentro de una agricultura tecnificada, el cultivo de papa es considerado como el de más alta tasa de inversión económica. El gasto en fertilizantes presenta el 15 % del costo de producción. El suministro foliar de nutrientes comenzó a ser utilizado en Europa en el siglo XIX. Se usaron sales de hierro, como también nitrógeno, fósforo y potasio. En Brasil. La nutrición foliar se volvió a estudiar en 1938, cuando los radioisótopos estaban ya disponibles para la investigación. Debemos considerar que la mayoría de los suelos dedicados al cultivo de papas son deficiente en Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Y de elementos

menores algunas veces, por lo que el agricultor necesita aplicar fertilizantes foliares para lograr los rendimientos que aseguren su rentabilidad.

La fertilización se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto.

La fertilización no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo. El abastecimiento nutrimental vía fertilización edáfica depende de muchos factores tanto del suelo como del medio que rodea al cultivo. De aquí, que la fertilización foliar para ciertos nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica.

2.7.11.1. Nutrientes.

PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002. Menciona que son elementos esenciales que proporcionan las condiciones óptimas que se requieren para un mejor desarrollo del cultivo. Los nutrientes de mayor importancia se llaman primarios, y son nitrógeno, fosforo y potasio. Su importancia se manifiesta como sigue:

- **Nitrógeno.**

  El N del suelo puede provenir de materiales orgánicos, fertilizantes sintéticos y del aire. Debido a su alta movilidad se pierde rápidamente por lixiviación y volatilización. Como resultado, las cantidades disponibles en el suelo son en general insuficientes para cubrir la demanda de la mayoría de los cultivos. La erosión del suelo y la remoción por las cosechas contribuyen a este proceso. El N es considerado como uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas. Es constituyente de la clorofila y está involucrado en el proceso de fotosíntesis. Es componente de las vitaminas y aminoácidos que forman proteínas. La papa

puede absorber N en forma nítrica (NO_3 -) y amoniacal (NH_4+). Sin embargo, la planta presenta mayores tasas de crecimiento cuando hay mayor disponibilidad de nitratos. Una deficiencia de N reduce la producción de clorofila y produce clorosis en las hojas viejas de la planta. Según la severidad de la deficiencia, la clorosis avanza a las hojas más jóvenes y finalmente puede afectar el crecimiento total de la planta. Dosis excesivas de nitrógeno en papa pueden prolongar el ciclo vegetativo, reducir el porcentaje de materia seca de los tubérculos, provocar acame y aumentar la susceptibilidad de la planta a enfermedades. En algunos casos favorece el crecimiento exagerado del follaje, reduciendo la producción de tubérculos.

- **Fosforo.**

  La fuente de fósforo más común para la fabricación de los fertilizantes es la roca fosfórica, audificada con ácido sulfúrico (H_2SO_4) o fosfórico (H_3PO_4). Debido a la alta capacidad de fijación de P en los suelos, es uno de los elementos más limitantes de la producción de papa, aun cuando los requerimientos del cultivo son relativamente bajos (hasta 100 Kg de P2O5/ha).

  Las plantas absorben fósforo principalmente en forma de iones ortofosfatos primarios o secundarios (H_2PO_4- y HPO_4 2-) que están presentes en la solución del suelo. La cantidad de cada forma depende del pH en la solución del suelo. El P es esencial para la calidad y rendimiento de los cultivos. Contribuye a los procesos de fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y crecimiento celular, y transferencia genética. El P promueve la rápida formación de tubérculos y crecimiento de las raíces. Mejora la resistencia a las bajas temperaturas, incrementa la eficiencia del uso de agua, contribuye a la resistencia a enfermedades y acelera la madurez.

- **Potasio.**

  La mayoría de los suelos (70% de suelos analizados) de la sierra Ecuatoriana se caracterizan por tener contenidos altos de potasio. El

cultivo de papa extrae grandes cantidades de potasio (300 a 600 kg/ha de K_2O), la cual excede la demanda de N. El potasio en las plantas es vital para la fotosíntesis, especialmente en la síntesis de proteínas. Es importante para la descomposición de carbohidratos para producir energía, ayuda a controlar el balance iónico y contribuye a la translocación de metales pesados como Fe. Además da resistencia a enfermedades, como la fusariosis y la mancha negra del tubérculo. El K es un activador de los sistemas enzimáticos que regulan el metabolismo de la planta, como la apertura y cierre de las estomas lo cual contribuye a la resistencia de sequía. Cuando existe deficiencia en potasio las hojas superiores son pequeñas, arrugadas y de un color verde más oscuro de lo normal. Ocurre necrosis en las puntas y márgenes y clorosis intervenal en las hojas viejas. Las plantas toman el potasio de la solución del suelo en forman de iones (K^+).

2.7.11.2. Forma y cantidad de nutrientes.

PARSONS, D. 1998. Expresa que los nutrientes se pueden aplicar en forma de fertilizantes orgánicos, como estiércol, abono verde y residuos de cosecha, o en fertilizantes químicos, simples o compuestos.

La papa requiere fertilizantes orgánicos, especialmente estiércol. La cantidad de nutrientes de estiércol, varía de acuerdo con la especie y con la edad de los animales que lo han producido. Pero el contenido aproximado es de 5% de nitrógeno, 2% anhídrido fosfórico y 5% oxido de potasio. Además, contiene calcio, magnesio, cobre, hierro y cinc. El estiércol puede mejorar la estructura del suelo, dando lugar a una mayor capacidad para retener el agua y disminuir la erosión.

2.7.11.3. Abonos verdes.

LÓPEZ, G. 2008. Menciona que es la práctica de sembrar un determinado cultivo en el terreno, con la finalidad específica de incorporar al suelo durante la época propicia de su desarrollo vegetativo. Generalmente las plantas son incorporadas antes de la etapa de floración.

La aplicación de abonos verdes al suelo tiene la finalidad de agregar, materia orgánica, lo que permite mantener e incrementar la fertilidad de los suelos, aumentar la capacidad de retención de humedad, reducir los escurrimientos superficiales y la erosión; incrementar la infiltración y mejorar la estructura del suelo.

2.7.11.4. Momentos de aplicación de nutrientes.

PARSONS, D. 1998. Expresa que se considera tres momentos para aplicar los nutrientes: al arar, al sembrar y la cobertura.

- **Al arar.**

  En suelos francos y arcillosos, los fertilizantes orgánicos deben ser aplicados y enterrados inmediatamente por medio de aradura superficial antes de la labranza primaria. En terrenos ligeros podrá incorporarse el estiércol un poco antes de la siembra de los tubérculos mediante una rastra de discos.

- **Al sembrar.**

  Los fertilizantes químicos se pueden aplicar al voleo o incorporarlos mediante la labranza secundaria. También se puede aplicar fertilizante químico al sembrar las papas, colocando en los surcos con los tubérculos. En esta época se recomienda aplicar todos los fertilizantes de potasio y fosforo, y el 40% de los fertilizantes nitrogenados.

- **A la cobertura.**

  Cuando el follaje de la papa comienza a cerrarse entre hileras, se suministra el resto de nitrógeno. Se riega inmediatamente después.

Otro método es la aplicación foliar de fertilizantes por aspersión; por ejemplo, en el caso de micro elementos como hierro, cinc, cobre, magnesio, o elementos complejos como aminoácidos. También se puede aplicar dosis moderadas de elementos mayores con este sistema, a fin de corregir deficiencias o desbalances nutricionales.

2.7.12. Siembra.

Para la siembra de la papa, se usa los tubérculos como semilla. Es importante que el productor utilice semillas certificadas, pues poseen garantías en cuanto a la calidad, pureza de variedad, sanidad y vigor, además de que aseguran un alto rendimiento.

2.7.12.1. Semillas.

Terminada la cosecha, al momento de clasificar para la venta en el mercado se va seleccionando la semilla para la próxima siembra. Se selecciona de acuerdo a las siguientes características:

- **Papa sana.** Que tenga la cascara limpia, sin heridas. No se debe utilizar papa con sarna, verrugas, o que esté agusanada.
- **De buen tamaño.** Para semilla se utilizan los tubérculos que tengan un peso de 40 a 60 gramos o la semilla redroja. No utilizar semillas pequeñas y principalmente que cuente con la madurez normal, no se debe utilizar para semilla o cosechar cuando esta tierna.
- **Buena forma.** La semilla debe ser redonda, hay que desechar las papas mal formadas, puntiagudas y con hijos.
- **Brotes vigorosos. CHANCUSIG, E. 1999.** Expresa que los brotes sean fuertes, cortos y gruesos. Los tubérculos de papa, no deben ser sembrados sin que sus brotes alcancen siquiera uno o dos centímetros de longitud.

Cuando se siembra semilla poco brotada o sin brote su desarrollo es más lento y los brotes son fácilmente atacados por patógenos.

2.7.12.2. Época de siembra.

Para la determinación de época de siembra, el productor debe observar la temperatura, la humedad y el fotoperiodo. Para los brotes formen tallos y raíces, la temperatura del suelo debe ser superior a 10ºC. Se debe prever que más tarde la temperatura suba considerablemente para un buen desarrollo de planta. Para estimular la tuberización, la temperatura debe ser de 15 a 20ºC, dos o tres meses después de la siembra.

2.7.12.3. Densidad de la siembra.

NEIRA, R. 1986. Expresa que tradicionalmente, la densidad de un cultivo se ha expresado como número de plantas por unidad de área. Sin embargo, en el cultivo de papa cada planta proveniente de un tubérculo forma un conjunto de tallos, cada uno de los cuales forma raíces, estolones y tubérculos. Como resultado, la densidad efectiva de una parcela de papa equivale a la densidad de plantas multiplicada por la densidad de tallos.

La densidad de plantas se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad de plantas} = \frac{\text{Área de terreno } (m^2)}{\text{Área que ocupa una planta } (m^2)}$$

2.7.12.4. Profundidad de siembra.

PARSONS, D. 1982. Dice que para determinar la profundidad de la siembra, el productor debe considerar el clima, la humedad y el tipo de suelo. La profundidad varía entre 1 y 15 cm abajo del nivel del campo.

En climas de temperatura altas, se siembra a mayor profundidad que en climas templadas. En suelos pesados, se siembra a menor profundidad superficial que en suelos livianos. Cuando se emplea irrigación, se siembra la papa más superficialmente que cuando no hay suficiente agua disponible.

2.7.12.5. Método de siembra.

Existen varios métodos para sembrar papas. Lo más sencillo es abrir un hoyo en la tierra, depositar el tubérculo y taparlo. Pero este método no es adecuado ni para obtener un alto rendimiento, ni para eficiente ejecución de las operaciones posteriores como son las de cultivo y las de cosecha.

Para asegurar una siembra de papas más adecuadas, es necesario emplear algunos de estos instrumentos:

- Equipo surcador.
- Abridor de hoyos.
- Maquina sembradora.

PARSONS, D. 1982. Expresa que en el primer método, se abren surcos con el surcador, luego se colocan manualmente las semillas en el surco. Con el mismo equipo se cierran los surcos, formando un camellón por encima. Este sistema asegura una distancia uniforme entre hileras, pero la uniformidad de las distancias entre papas depende de la capacidad de las personas que las colocan en el surco.

2.7.13. Manejo de cultivo.

El manejo del cultivo consiste en diversas operaciones, que el productor puede aplicar de acuerdo con las necesidades. Las operaciones son las siguientes:

- Rascadillo o deshierba.
- Aporque.
- Suministro de agua.
- Combate de plagas y enfermedades.

2.7.13.1. Rascadillo o deshierba.

Mediante esta labor se controla las malezas y se remueve superficialmente el suelo para evitar la pérdida de humedad. Esta labor se realiza de 30 a 50 días después de la siembra. Sin embargo, esto depende de la humedad presente y de la preparación del suelo. Si el nivel de humedad es bajo y si el suelo se ha preparado en forma adecuada, la cantidad de malezas será menor. En extensiones pequeñas se puede realizar esta labor en forma manual utilizando azadón, o por tracción animal. En extensiones grandes o de topografía ligeramente plana se puede utilizar un cultivador tiller.

2.7.13.2. Aporque.

NARANJO, H. 1978. Expresa que el aporque es el colme de tierra alrededor de las plantas y a lo largo de la línea de siembra. La época propicia para realizar esta labor se encuentra entre los 50 a 80 días después de la siembra. Su función es proporcionar soporte a la planta, aflojar el suelo y controlar malezas. Esta labor se realiza en forma manual o en forma mecanizada (tractor o yunta)

2.7.13.3. Riego.

THEODORACOPOULOS, M. *et. al*. 2008. Dice que el riego es un punto crítico dentro del sistema de producción ya que es el método de alimentación para el cultivo. Las plantas, al igual que los animales, deben alimentarse todos los días. Es necesario facilitar esta actividad, proveyendo el agua a la planta en forma racional diariamente, y no regar ni en forma excesiva o insuficiente. Es necesario hacer un riego pre-siembra profundo un par de días antes de la siembra para uniformar la humedad en el suelo y facilitar la siembra al no existir encharcado durante esta actividad. Posteriormente hay que regular la humedad del suelo tomando en cuenta la evapotranspiración diaria de la zona. Es importante revisar la humedad del suelo utilizando las manos para determinar la humedad óptima y no errar con la cantidad de riego.

Un buen manejo del riego hace que la planta desarrolle un buen sistema radicular con una buena distribución de raíces. Una buena distribución de raíces hace que la planta sea más eficiente al momento de alimentarse. Esto ayuda a que la planta se alimente correctamente ya que el agua y el aire constituyen el 96% de los "nutrientes" que una planta necesita para vivir y casi todos entran por las raíces.

Una práctica poco utilizada por los productores es el estrés que se realiza inmediatamente después de la siembra. La falta de agua por algunos días induce a la planta a producir raíces y por ende a tener en el caso de la papa mejor carga de tubérculos. Este estrés se debe realizar temprano en la vida de la planta. Las plantas crecen mucho más durante la primera etapa de vida y desarrollan su sistema radicular.

El riego en el cultivo de la papa es una actividad de mucha importancia para lograr una buena productividad por lo que su relación es positiva y directa. El agua, aparte de transportar los nutrientes del suelo a la zona radicular, forma parte de las células adentro de la planta e interviene en los procesos de fotosíntesis y respiración. Es por esto que el estado óptimo de la planta es que la cantidad de agua que transpira sea igual a la cantidad de agua absorbida.

Cuando la disponibilidad de agua es deficiente, la transpiración es mayor a la absorción. A este punto la planta cierra sus estomas como mecanismo de ahorro de agua, pero esto trae consecuencias negativas como:

- Menos actividad fotosintética
- Incremento de la temperatura interna de la planta
- Reducción del ingreso de anhídrido carbónico (CO_2)
- Maduración precoz del cultivo
- Reducción en el rendimiento

2.7.14. Cosecha.

MOROCHO, G. 1997. Manifiesta que la cosecha se lo realiza cuando éstas hayan alcanzado la madurez fisiológica requerida (comercial) y se procede a la cosecha. La labor de cave, se puede realizar en forma manual (con Azadón), y por medio de tracción animal (yunta con reja). En esta labor no se debe dañar los tubérculos, para evitar consecuencias serias durante la selección y almacenamiento de los mismos.

2.7.14.1. Selección y clasificación.

NARANJO, H. y VEGA, J. 1991. Dan a conocer que se debe seleccionar tubérculos sanos, descartando aquellos que presenten magulladuras, deformaciones, daños mecánicos y pudriciones. Para la clasificación de los tubérculos se debe tomar en cuenta la exigencia de los mercados y clasificar de acuerdo con los siguientes tamaños:

Clasificación de tubérculos de papa.

Denominación	Peso-tubérculo-semilla (g)
Primera gruesa o chaupi	> 121
Segunda o redroja	71 a 120
Tercera o redrojilla	51 a 70
Cuchi o cuambiaca	< 30

2.7.14.2. Almacenamiento.

NARANJO, H. 1978. Dicen que el almacenamiento de la papa depende del uso que se les dé a los tubérculos, después que ha sido guardado por un determinado tiempo en el almacén, sitio o bodega Desde este punto de vista hay un almacenamiento de papa para consumo y otro almacenamiento de papa para semilla.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.

3.1.1. Localización del ensayo.

La presente investigación se desarrolló en las comunidades de Marcopamba y Culebrillas dentro de la microcuenca del río Illangama, del proyecto INIAP-SANREM-CRSP.

Cuadro 1. Ubicación política de los sitios experimentales.

Ubicación	**Marcopamba**	**Marcopamba**	**Culebrillas**
Provincia	Bolívar	Bolívar	Bolívar
Cantón	Guaranda	Guaranda	Guaranda
Parroquia	Guanujo	Guanujo	Guanujo
Altitud	3455	3375	3684
X	7331273	730763	733023
Y	9830037	9830707	9829934
Agricultor	Matías Paguay	Humberto Paguay	Manuel Pasto

Fuente: INIAP-SANREM-CRSP. 2008 y Datos tomados con GPS INIAP. 2010.

3.1.2. Características agroclimáticas

Cuadro 2. Características agroclimáticas de las comunidades

Características	**Marcopamba**	**Culebrillas**
Precipitación promedio anual (mm)	900	920
Temperatura máxima (ºC)	18	17.5
Temperatura mínima (ºC)	7	6.5
Temperatura media anual (ºC)	13.8	11.5
Velocidad media anual del viento (km/h)	12	13
Humedad relativa %	75	78

Fuente: INIAP-SANREM-CRSP. 2008

3.1.3. Zona de vida.

De acuerdo al sistema de Holdridge (Cañadas, 1983), las localidades en estudio corresponden al piso Montano o zona Templada fría (bosque muy húmedo Montano. bmhM).

3.1.4. Características edáficas.

Cuadro 3. Taxonomía de suelos en las comunidades en estudio

Clasificación	Marcopamba	Culebrillas
Orden	Andisoles	Andisoles
Sub Orden	Ustands	Ustands
Gran Grupo	Haplustands	Haplustands
Subgrupo Taxonómico	ThapticHaplustands	ThapticHaplustands

Fuente: VALVERDE, F. INIAP-SANREM-CRSP, 2010.

3.1.5. Material experimental.

Tres lotes de 579,6 m² cada uno; dos ubicados en Marcopamba y uno en Culebrillas. Variedad de papa: INIAP-Fripapa, semilla certificada.

3.1.6. Materiales de campo.

- Estacas
- Postes
- Grapas
- Rollos de alambre de púa
- Rollos de mangueras
- 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
- Bolígrafos
- Hojas papel bond
- Libro de campo
- Borrador
- Marcadores
- Resaltadores
- Carpetas
- Calculadora
- Computadora
- Impresora
- Cartuchos
- Cuadernos

3.1.8. Insumos agrícolas.

Fertilizantes químicos

- Urea 46% de N
- Sulpomag 22% de K_2O, 22% de S y 11 % Mg
- Fertilizante 11% de N, 52% de P_2O_5 y 0 % de K_2O
- Superfosfato triple 46% de P_2O_5
- Muriato de potasio 60% de K_2O

Fungicidas

- Curzate (Mancozeb + Cymoxanil)
- Fitoraz (Propineb + Cymoxanil)
- Ridomil (Metalaxil + Mancozeb)

Insecticidas

- Clorpyrifos
- Curacron (Profenofos)
- Orthene (Acefato)
- Surfactante Agral 90

3.2. MÉTODOS.

3.2.1. Factores en estudio.

En la microcuenca del río Illangama el sistema productivo prevalente corresponde a la producción de papa con labranza convencional. Sobre este sistema se evaluaron los impactos de las prácticas de labranza, de uso de suelo (barbecho, pasto natural con y sin remoción) aplicación de la fertilización recomendada para la producción del cultivo de papa, en función del análisis químico completo del suelo.

3.2.2. Tratamientos en estudio.

Cuadro 4. Tratamientos en estudio en los ensayos 2011.

Tratamientos	ciclo
	Enero -Sep. 2011
1. Pasto con remoción, Labranza convencional, papa con fertilización.	Papa
2. Pasto con remoción, Labranza reducida, papa con fertilización.	Papa
3. Pasto sin remoción, Labranza reducida, papa con fertilización.	Papa
4. Pasto sin remoción, Labranza reducida, papa con fertilización excepto N.	Papa

3.2.3. Procedimiento:

Tipo de diseño: DBCA.

Nº de tratamientos: 4

Nº de repeticiones: 3

Nº de unidades experimentales: 12

Tamaño de parcela total: 15,4 m. x 6 m. = 92,4 m^2

Tamaño de parcela neta: 8,8m. x 5, 2m. = 45,76m^2

Área total de la unidad: 92,4 m^2 x 12 = 1108,8 m^2

Área neta total de la unidad investigativa: 45,76 m^2 x 12 = 549,12 m^2

3.2.4. Esquema del análisis de varianza del ensayo.

Cuadro. 5. ADEVA para los variables en estudio.

Fuentes de variación	**Grados de libertad**	**CME***
Total (r x t-1)	11	
Bloques (r-1)	2	*f*²e + 4 *f*² bloques
Tratamientos (t-1)	3	*f*²e +30õ²t
Error (r-1)(t-1)	6	*f*²e

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

3.2.5. Análisis funcional.

El Análisis de varianza detectó diferencias significativas para tratamientos, se utilizaron la Prueba de Tukey al 5 % para comparar los promedios de tratamientos. Se realizóel Análisis de Presupuesto Parcial basado en la Tasa de Retorno Marginal (TRM); para lo cual se tomaron en consideración los costos totales que varían por tratamiento y los rendimientos de los cultivos en cada tratamiento en estudio.

3.3. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.

3.3.1. Para el caso de la papa.

3.3.1.1.Porcentaje de emergencia. (pe)

Esta variable se evaluó a los 45 días después de la siembra en la parcela total contando el número de plantas emergidas y comparando con los tubérculos semilla sembrados para cálculo del porcentaje de emergencia.

3.3.1.2.Profundidad radicular. (pr)

En la etapa de floración en cuatro plantas al azar y en cada tratamiento se evaluaron la profundidad radicular de las plantas de papa, con un flexómetro en cm.

3.3.1.3.Número de tubérculos por planta. (ntp)

Este componente se evaluó mediante conteo directo de los tubérculos en dos plantas al azar de la parcela neta en la cosecha.

3.3.1.4.Rendimiento en t/ha. (rh)

El peso obtenido de la parcela neta por categorías se transformó a Kg/ha, utilizando la siguiente fórmula:

$$R = PCP \times \frac{10.000\ m^2/ha}{ANC\ m^2/1}$$

En donde:

R= Rendimiento en kg/ha

PCP= Peso de campo por parcela en kg

ANC= Área neta cosechada en m²

3.3.1.5.Materia seca de biomasa. (msb)

Antes de la cosecha a la madurez fisiológica del cultivo de papa, para el análisis de materia seca de la biomasa aérea total, se tomó dos plantas de cada parcela neta, se pesó y se registró el peso fresco de estas plantas, separando tubérculos y resto de la planta; luego se secaron en la estufa a 65 ºC por 48 a 72 horas, hasta tener un peso constante, se pesó y se registró el peso seco. Se expresó en t/ha de materia seca, utilizando la siguiente fórmula:

T/ha de Materia seca = (Peso seco*Numero de plantas/ha)/10000.

3.4. ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO DE SUELOS

3.4.1. Caracterización general de los ensayos (línea base)

3.4.1.1.Densidad aparente. (da)

Para determinar la densidad aparente al inicio del experimento y antes de la cosecha, se tomaron muestras de suelo, con un barreno para densidad aparente con volumen conocido (68.19 cm^3), a una profundidad de 0-25 cm. Estas muestras se llevaron al Laboratorio del Departamento de Suelos y Aguas de Santa Catalina del INIAP, para su respectivo análisis. Para humedad y densidad aparente se pesó las muestras en húmedo y luego se secó en la estufa a 105 ^oC por 24 a 48 horas, se registró los pesos en seco y se procedió a calcular la densidad aparente con la siguiente fórmula:

Da= Mss/Vt.

En donde:

Da= densidad aparente en g/cm^3

Mss.= Masa de suelo seco a 105 ^oC en g

Vt= Volumen total del cilindro en cm^3

3.4.1.2.Humedad gravimétrica. (hg)

Se tomaron muestras de suelo al inicio del experimento, y antes de la cosecha de papa en cada localidad o repetición. Las muestras se tomaron a las mismas profundidades para densidad aparente, las mismas que fueron pesadas y colocadas en la estufa a 105^{o}C por 24 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) x 100

En donde:

Hg = Humedad gravimétrica (%)

PSH = Peso del suelo húmedo (g)

PSS = Peso del suelo seco (g)

3.4.1.3.Textura del suelo. (ts)

En las muestras de suelo a una profundidad de 0-25 cm, se determinó la textura del suelo de las partículas menores a 2 mm de diámetro, mediante el método de Bouyoucos, en el laboratorio de suelos y aguas del INIAP. Santa Catalina.

3.4.1.4.Análisis químico de suelos. (aqs)

Con un barreno se procedió a tomar 6 sub muestras de suelo en cada una de las tres repeticiones o fincas, a profundidad de 0-25 cm Luego, se mezcló las sub muestras y se tomó 1kg, del suelo aproximadamente. Las muestras se enviaron al Laboratorio del Departamento de Suelos y Aguas de Santa Catalina del INIAP, para el análisis de pH, N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn, B y Materia orgánica (método de dicromato de K). Los métodos de extracción de macro y micronutrientes fueron los utilizados en el laboratorio de Suelos y Aguas de Santa Catalina; el pH se determinará en la relación suelo: agua 1:2.5.

3.4.2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LOS EXPERIMENTOS

3.4.2.1.Precipitación. (p)

Utilizando un pluviómetro de cuña se evaluó la cantidad de lluvia caída después de cada evento, durante el ciclo del cultivo y se expresó en milímetros.

3.4.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ENSAYOS POR TRATAMIENTOS.

Al momento de la siembra se realizaron, muestreos específicos por tratamientos:

3.4.3.1.Compactación. (c)

Se evaluó la compactación del suelo al inicio y al final del ciclo de cultivo en cada parcela neta. Las lecturas se registraron en las siguientes profundidades de:

0.01 – 0.10 m.

0.11 – 0.20 m.

0.21 – 0.30 m.

0.31 – 0.40 m.

0.41 – 0.50 m.

Esta variable se registró con un penetrómetro de lectura directa marca Farnell con el cual se tienen lecturas directas en kg fuerza/cm^2.

3.5. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.

3.5.1. Selección de lotes.

Dentro de la microcuenca del río Illangama, en las comunidades de Marcopamba y Culebrillas, se seleccionaron tres lotes de 579,6 m² cada uno.

3.5.2. Para el ensayo de papa.

3.5.2.1.Preparación del suelo.

En las tres repeticiones, 6 semanas antes de la siembra se dejó crecer el pasto natural, para luego instalar los tratamientos previamente establecidos, pasto sin remoción (dejar el pasto) y pasto con remoción (sacar el pasto).

En las parcelas que corresponde a labranza convencional, 4 semanas antes de la siembra se realizó las labores de preparación del suelo y repique con azadón.

En las parcelas que corresponde a labranza reducida, 2 semanas antes de la siembra se aplicó un herbicida sistémico (Glifosato), en una dosis de 200cc/20 litros de agua; para incorporar el pasto y controlar malezas en las etapas inícialesdel cultivo. Luego, en el momento de la siembra se hizo únicamente los surcos a una profundidad de 25 cm con azadones en forma manual.

3.5.2.2.Trampeo de gusano blanco.

En todos los tratamientos, un mes antes de la siembra y 15 días después de la siembra, se realizó el trampeo para monitorear la población de insectos adultos del gusano blanco. Se colocaron trampas de follaje de papa en una densidad de 100 trampas/ha. Al follaje se aplicóun insecticida Acefato en una dosis de 2 gramos/litro de agua. Estas trampas, se cubrieron con paja de páramo. Cada 8 días, se monitorearon el número de adultos y el cambio de follaje.

3.5.2.3.Fertilización química.

La recomendación de fertilización química general aplicado es de 120 - 300 - 60 - 30 kg/ha de N - P_2O_5 - K_2O - S. Según los resultados del análisis químico de suelos del INIAP.

Cuadro.6. Recomendación general de fertilización para papa. Microcuenca Illangama. 2011.

Recomendación cultivo de papa	Kg/ha			
	N	P_2O_5	K_2O	S
	120	**300**	**60**	**30**

Cuadro.7. Cantidades de fertilizante y épocas de aplicación para los tratamientos T1, T2 y T3.

Fuente fertilizante	**Kg/ha**	**g/surco (6,6m^2) 6m x 1,1m**	**Época de aplicación**
11-52-00	576.9	381	Siembra
Sulpomag	136.4	90	Siembra
Muriato de potasio	50.0	33	60 dds (½ aporque)
Urea	122.9	81	60 dds (½ aporque)

Cuadro.8. Cantidades de fertilizante y épocas de aplicación para el tratamiento T4.

Fuente fertilizante	**Kg/ha**	**g/surco (6,6m^2) 6m x 1,1m**	**Época de aplicación**
Superfosfato triple	652	430	Siembra
Sulpomag	136	90	Siembra
Muriato de potasio	50	33	60 dds (½ aporque)
Urea	0	0	-------

En el momento de la siembra, se aplicó al fondo del surco y a chorro continuo todo el P y S; el N y K se aplicó el 50 % a la siembra y el resto al medio aporque; se tapó el fertilizante con una capa de suelo para evitar el contacto con los brotes del tubérculo semilla.

3.5.2.4.Siembra.

En los cuatro tratamientos, la siembra se realizaron con la variedad de papa, INIAP-Fripapa, a 0.40 m de distancia, depositando 2 tubérculos semilla por sitio.

3.5.2.5.Tape.

En los cuatro tratamientos el tape se realizó en forma manual con azadón.

3.5.2.6.Labores culturales.

En todos los tratamientos se realizó el rascadillo a los 45 días, el medio aporque a los 60 días y el aporque a los 100 días después de la siembra en forma manual con azadón. En el momento de realizar el rascadillo, se aplicó, la urea, muriato de K y sulpomag, en banda lateral y se tapó consuelo en capacidad de campo.

3.5.2.7.Control de plagas y enfermedades.

El combate de insectos plagas, como gusano blanco. *(Premmotrypes vorax)* pulguilla (*Epitrix sp*) y trips (*Frankliniella sp*), se realizó únicamente cuando el cultivo lo requería, con el uso de insecticidas de sello azul como el Acefato en dosis de 40 g/20 L. de agua.

Para la lancha (*Phytophthora infestans*), se aplicó el principio de manejo integrado del cultivo, con el uso de variedades resistentes, época de siembra, semilla de calidad, fungicidas de contacto y sistémicos de baja toxicidad como el Cymoxanil, Clorothalonil o propineb, en dosis de 50 g/20 litros de agua.

3.5.2.8.Cosecha y clasificación.

Cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, se cosechó en forma manual en cada unidad experimental, se clasificó por categorías y se registró el peso correspondiente en kg/parcela neta/categoría, según el cuadro siguiente:

Cuadro 9. Clasificación de los tubérculos de papa.

Categoría	Peso tubérculo (g)
1. Gruesa	> 71
2. Mediana	51 a 70
3. Delgada	31 a 50
4. Cuchi	< 30

Fuente: Pumisacho, M. 2002.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1. VARIABLES AGRONÓMICAS

Los análisis de variancia para las variables profundidad radicular en cm, rendimiento total en t/ha y materia seca de la biomasa en t/ha, determinaron diferencias estadísticas altamente significativas (P<0.01), al comparar las diferencias de los promedios de los tratamientos en estudio; eso significa que los tratamientos de agricultura de conservación tuvieron diferente comportamiento en relación al tratamiento testigo y entre ellos mismos. No se observaron diferencias estadísticas para las variables porcentaje de emergencia, número de planta por ha y número de tubérculos por planta; es decir que los promedios de los tratamientos en estudio no son diferentes entre sí.

CUADRO Nº 1: Análisis de varianza para las variables agronómicas evaluadas en los tratamientos de agricultura de conservación. Microcuenca del río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, 2011.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrados Medios					
		% de emergencia	Número de plantas/ha	Profundidad radicular en (cm)	Número de tubérculos /planta	Rendimiento Total (t/ha)	M.S. biomasa (t/ha)
TOTAL	11	---------	-------	----------	---------	---------	-------
Repeticiones	2	41,44NS	51702,58NS	46,58**	57,00**	4,25 NS	0,004NS
Tratamientos	3	16,70NS	153714,77NS	556,85**	15,41NS	67,81**	0,100**
Error Experimental	6	24,05	300829,02	6,2	14,33	2,14	0,009
C.V. (%)		0,05	2,44	5,93	30,91	11,97	16,96
X variación		97,1	22427,16	41,97	12,25	12,43	0,55

NS= No significativo. *= significativo al 5% ** = significativo al 1%

Los promedios de las variables agronómicas evaluadas en los diferentes tratamientos de agricultura de conservación y el convencional, y la prueba de Tukey al 5%, se indican en el (Cuadro 2).

Según la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 2), la profundidad radicular en el tratamiento T4 presentó valores más altos de profundidad con 62.33 cm, respecto de la profundidad de los tratamientos T1, T2 y T3, con 36.92, 34.25 y 34.42 cm., respectivamente. Esto posiblemente es debido a la no disponibilidad de nitrógeno

en el suelo, las plantas tendieron a profundizarse con el propósito de buscar nutrientes a mayor profundidad del suelo.

Para la variable rendimiento en T/ha, la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 2), muestra que los rendimientos totales de papa fueron diferentes entre los tratamientos T1 (15,81 t/ha), T2 (13,97 t/ha) y T3 (14,55 t/ha), versus el tratamiento T4 (5,39 t/ha); esto quiere decir que las prácticas de agricultura de conservación tienen el mismo efecto, en el rendimiento, que las convencionales, evitándose realizar labores que lo que promueven es la pérdida de suelo por labranza, y más inversión en la preparación del suelo y costos de producción más altos.

Es evidente en los suelos Andisoles del alto Guanujo con pH de 5,1 a 5,5; la necesidad del nitrógeno como un elemento nutricional clave para obtener una mayor eficiencia agronómica y química del cultivo de papa. Al comparar los promedios de los tratamientos T1, T2, T3 vs T4; hay un incremento de 9,39 t/ha (cuadro 2).Los rendimientos de papa obtenidos en los tratamientos T1, T2, T3, son similares a los reportados por **(MONAR, C. 2000)**, en procesos de investigación y validación de tecnología en varias localidades del Alto Guanujo.

(MONAR, C. 2011. Comunicación Personal). Afirma quese hademostrado la importancia del nitrógeno para el cultivo de papa, por su contribución al balance nutricional, desarrollo, crecimiento y la transformación más eficiente de la energía solar a energía química a través de la fotosíntesis.

(MONAR, C. 2011. Comunicación Personal). Menciona que, es evidente que el proceso de la agricultura de conservación y la permanencia del pasto como mulch en el suelo, sus efectos en cuanto a las características físicas, químicas y biológicas son a mediano y largo plazo lo que contribuye a una sostenibilidad del sistema de producción.

CUADRO Nº 2: Promedios y prueba de Tukey al 5% para las variables agronómicas evaluadas en los tratamientos de agricultura de conservación. Microcuenca del río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, 2011.

Tratamientos	% de emergencia	Número de plantas/ha	Profundidad radicular en (cm)	Número de tubérculos /planta	Rendimiento Total (t/ha)	M.S. biomasa (t/ha)
T1: Pasto con remoción, Labranza convencional, papa con fertilización.	98.72	22727	36.91 b	10.66	15.81 a	0.44 b
T2: Pasto con remoción, Labranza reducida, papa con fertilización.	96.98	22217	34.25 b	13.66	13.97 a	0.47 b
T3: Pasto sin remoción, Labranza reducida, papa con fertilización.	98.88	22581	34.41 b	14.66	14.55 a	0.83 a
T4 : Pasto sin remoción, Labranzareducida, papa con fertilizaciónexcepto N.	93.80	22363	62.33 a	10.00	5.39 b	0.48 b
Efecto principal por el (N), en el rendimiento: T1, T2, T3 vs T4: 9,39 t/ha						

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

En lo que tiene relación a la variable materia seca de biomasa en t/ha, según la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 2), el tratamiento T3 presentó valores más altos de materia seca con 0.83 t/ha, respecto de la materia seca de los tratamientos T1, T2 y T4, con 0.44, 0.47 y 0.48 t/ha, respectivamente. Esto posiblemente se debió a que en el tratamiento T3, debido a la disponibilidad de biomasa de la pastura que no se removió del campo experimental.

2. VARIABLES DE QUÍMICA DE SUELOS

Los análisis de variancia para las variables de química de suelos (Cuadro 3), determinaron que no existen 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 al tratamiento testigo y entre ellos mismos.

Los promedios de las variables de químicas de suelos evaluadas antes de la siembra en los diferentes tratamientos de agricultura de conservación y el convencional, se muestran en el (Cuadro 3). Estos resultados son lógicos porque antes de establecer el ensayo no hay ningún efecto entre lostratamientos, es la información ex ante de los componentes del análisis químico de suelos.

Los análisis en las características químicas del suelo, se evidenciaron a mediano y largo plazo y lo que muchos autores en investigaciones nacionales e internacionales en la labranza convencional y en condiciones de ladera con alta vulnerabilidad, la labranza de conservación permitirá reducir los procesos de erosión y conservar la calidad de los suelos.

CUADRO Nº 3: Análisis de varianza para las variables de química de suelos evaluadas en los tratamientos de agricultura de conservación. Microcuenca del Río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, 2011.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrados Medios												
		Nitrógeno %	Fosforo %	Azufre %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	Zinc %	Cobre (ppm)	Hierro (ppm)	Manganeso (ppm)	Boro (ppm)	Ph	MO %
TOTAL	11													
Repeticiones	2	352,08**	15,25*	6,08NS	0,001NS	21,19**	0,22*	0,40NS	0,11NS	9657,33**	1,25NS	0,36**	0,27**	0,09NS
Tratamientos	3	16,03NS	0,66NS	0,91NS	0,002NS	0,57NS	0,04NS	0,84NS	0,16NS	318,30NS	1,41NS	0,004NS	0,006NS	0,14NS
Error Experimental	6	76,63	0,58	2,86	0,001	0,66	0,02	0,96	0,14	206,22	0,62	0,002	0,001	0,52
C.V. (%)		8,97	4,77	35,70	15,44	5,63	5,90	21,77	7,56	7,55	14,68	5,51	0,40	7,44
X variación		97,58	16,00	4,74	0,22	14,47	2,54	4,50	5,08	190.08	5,39	0,80	6,48	9,73

NS= No significativo. *= significativo al 5% **=significativo

CUADRO Nº 4: Promedios y prueba de Tukey al 5% para las variables de química de suelos evaluadas en los tratamientos de agricultura de conservación. Microcuenca del Río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, 2011.

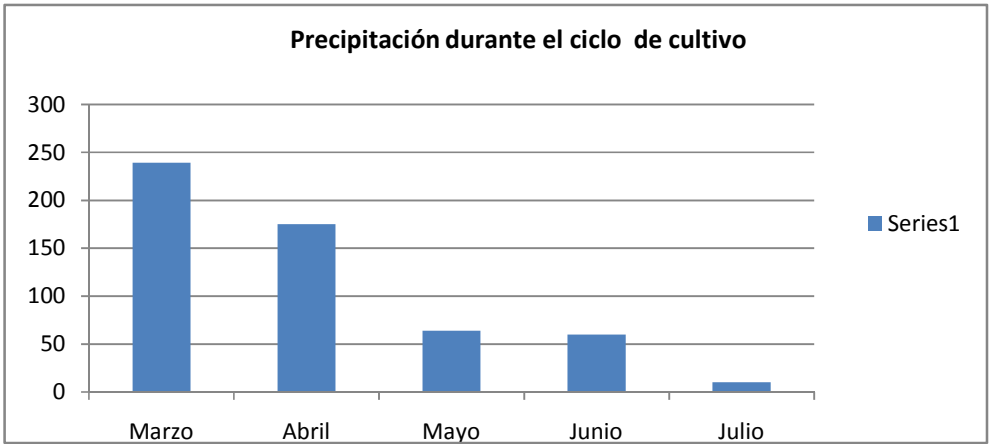
Tratamientos	Nitrógeno %	Fosforo %	Azufre %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	Zinc %	Cobre (ppm)	Hierro (ppm)	Manganeso (ppm)	Boro (ppm)	pH	MO %
T1: Pasto con remoción, Labranza convencional, papa con fertilización.	100.00 A	16.00 B	4.96 B	0.26 B	14.43 B	2.56 B	4.80 B	5.20 M	200.00 A	4.73 M	0.76 B	6.48 LA	10.03
T2: Pasto con remoción, Labranza reducida, papa con fertilización.	97.33 A	16.33 B	4.63 B	0.22 B	15.00 B	2.66 B	3.73 B	4.73 M	175.66 A	4.86 M	0.83 B	6.54 LA	9.76
T3: Pasto sin remoción, Labranza reducida, papa con fertilización.	97.33 A	15.33 B	4.03 B	0.21 B	13.93 B	2.36 B	4.90 B	5.20 M	191.33 A	6.00 M	0.76 B	6.45 LA	9.56
T4 : Pasto sin remoción, Labranza reducida, papa con fertilización excepto N.	95.00 A	16.33 B	5.33 B	0.19 B	14.53 B	2.56 B	4.56 B	5.20 M	193.33 A	5.96 M	0.83 B	6.45 LA	9.56

A= alto M= Medio B= Bajo

3. VARIABLE DE LA PRECIPITACIÓN.

La cantidad de lluvia registrada durante el ciclo de cultivo, fue de 548 (mm), la cual no fue un óptimo, según los requerimientos para el cultivo de papas, por lo que se tuvo que complementar con la utilización de riego por aspersión. Varios autores, recomiendan una precipitación total durante el ciclo de cultivo de papas de 700 a 800mm.

FIGURA Nº 1: Precipitación durante el ciclo de cultivo de papa, en la microcuenca del RíoIllangama, provincia Bolívar, 2011.



4. VARIABLE DE LA DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO.

El proceso de la identificación de la textura del suelo, se determinó por método de Bouyucos, con las partículas menores a 2 mm de diámetro, la cual pertenece a la clase textual de franco-limoso, con un porcentaje de 39,5 de arena, 51,5 de limo y 9 de arcilla.**(MONAR, C. 2011 Comunicación Personal).** La textura franco limoso, es ideal para el cultivo de papas lo que permite un buen desarrollo radicular y tuberización; siempre y cuando las características químicas, biológicas y climáticas sean adecuadas.

5. VARIABLE COMPACTACIÓN DEL SUELO ANTES DE LA SIEMBRA Y ANTES DE LA COSECHA

La variable de compactación del suelo se registró con un penetrómetro de lectura directa, hasta los 50 centimetros de profundidad y las lecturas se expresaron en Kgf/cm^2. Antes de la siembra del ensayo y antes de la cosecha se observó que no existen diferencias de lecturas a las distintas profundidades evaluadas en los sistemas de labranza, notándose una relación directa entre la profundidad y la compactación, es decir a mayor profundidad una mayor compactación. Debido a que es el primer ciclo de rotación de cultivo no se aprecian diferencias en la compactación, antes de siembra y antes de la cosecha. (Figuras. 2 y 3)

FIGURA Nº 2: Línea Base de la compactación por tratamiento a diferentes profundidades. Microcuenca del Río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador, 2011.

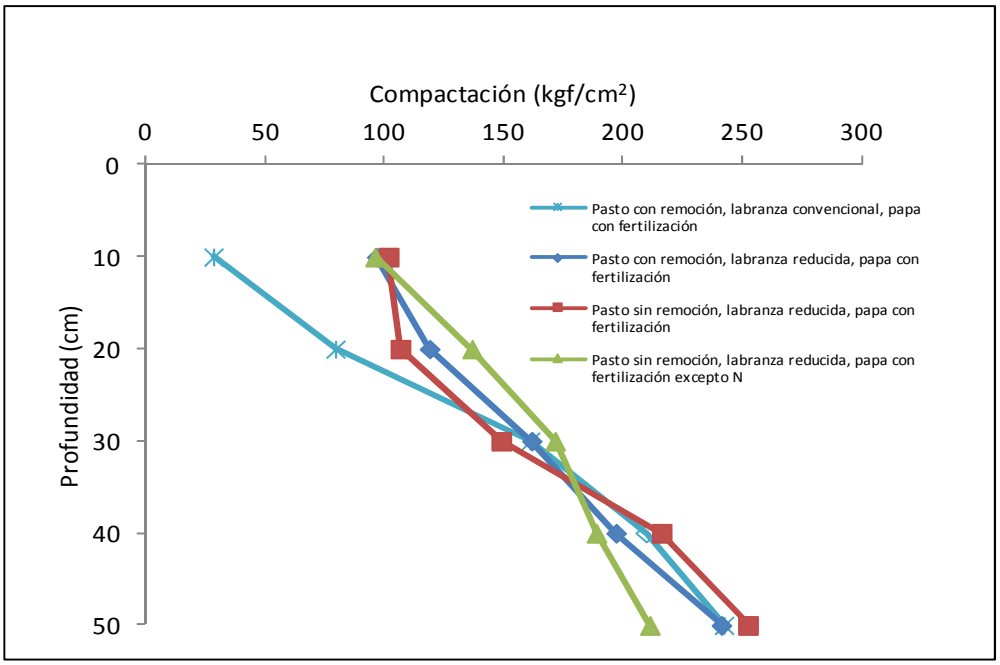
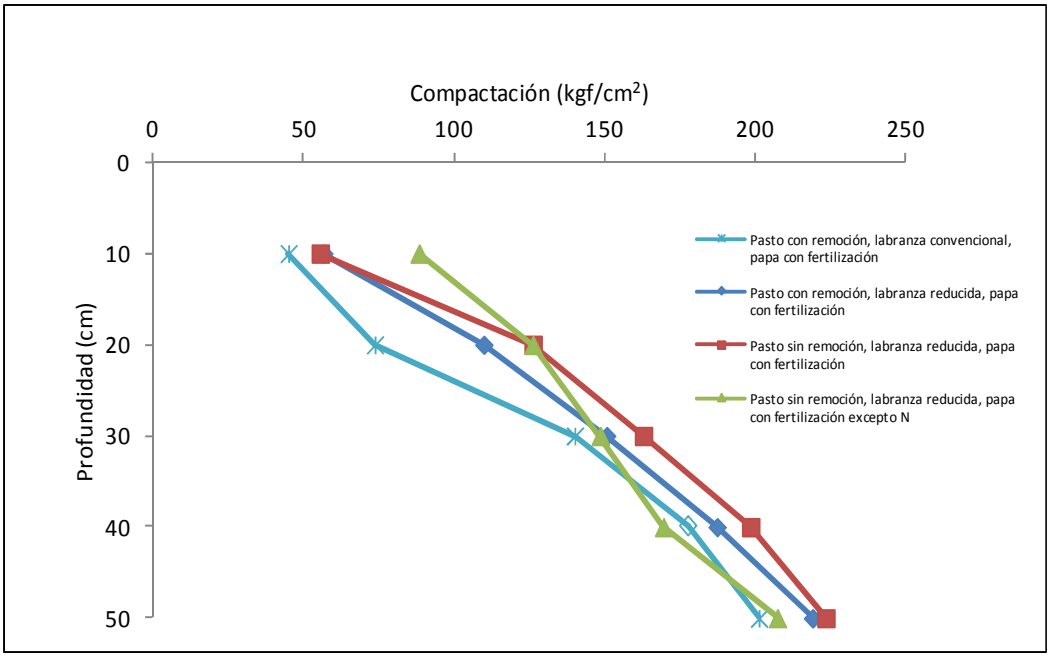


FIGURA Nº 3: Compactación antes de la cosecha por tratamiento a diferentes profundidades. Microcuenca del Río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador, 2011.

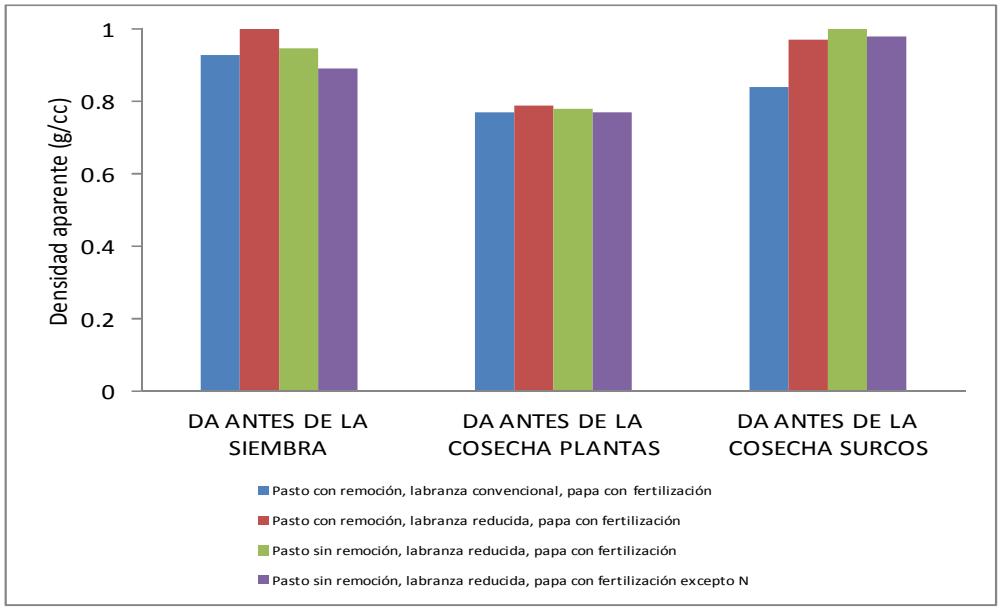


La compactación del suelo se produce por el paso de personas, animales y vehículos en forma repetida por el mismo lugar. Esto provoca la desaparición de los espacios existentes entre las partículas del suelo, lo cual disminuye la cantidad de oxígeno presente y, por ello, la microflora y microfauna, reduciendo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

6. VARIABLE DE LA DENSIDAD APARENTE ANTES DE LA SIEMBRA Y ANTES DE LA COSECHA

Para la determinación de la variable densidad aparente se utilizó el método de la estufa y las muestras se tomaron a una sola profundidad (0 a 25 cm). Se pudo apreciar que los valores de mayor densidad aparente se reportaron en las evaluaciones realizadas antes de la siembra y antes de la cosecha entre surcos en relación a la densidad aparente mostrada antes de la cosecha entre plantas. (Figura. 4).

FIGURA Nº 4: Densidad Aparente por tratamiento en estudio. Microcuenca del Río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador, 2011.



La densidad aparente antes de la siembra en el tratamiento T2 muestra un ligero incremento en comparación a los tratamientos T1, T3 y T4. La densidad aparente antes de la cosecha muestra promedios similares para los cuatro tratamientos en estudio. La densidad aparente antes de la cosecha entre surcos muestra un incremento de los tratamientos de agricultura de conservación versus el tratamiento testigo o convencional, esto significa que el peso por volumen del suelo en relación a la porosidad es mayor en los tratamientos de agricultura de conservación.La variable DA, es un componente físico muy importante porque está relacionado con una mayor eficiencia agronómica y química de los nutrientes y el rendimiento de papa. Las características físicas del suelo se modifican en proceso de mediano y largo plazo **(MONAR, C. 2011. Comunicación Personal).**

7. VARIABLE DE LA HUMEDAD GRAVIMÉTRICA ANTES DE LA SIEMBRA Y ANTES DE LA COSECHA

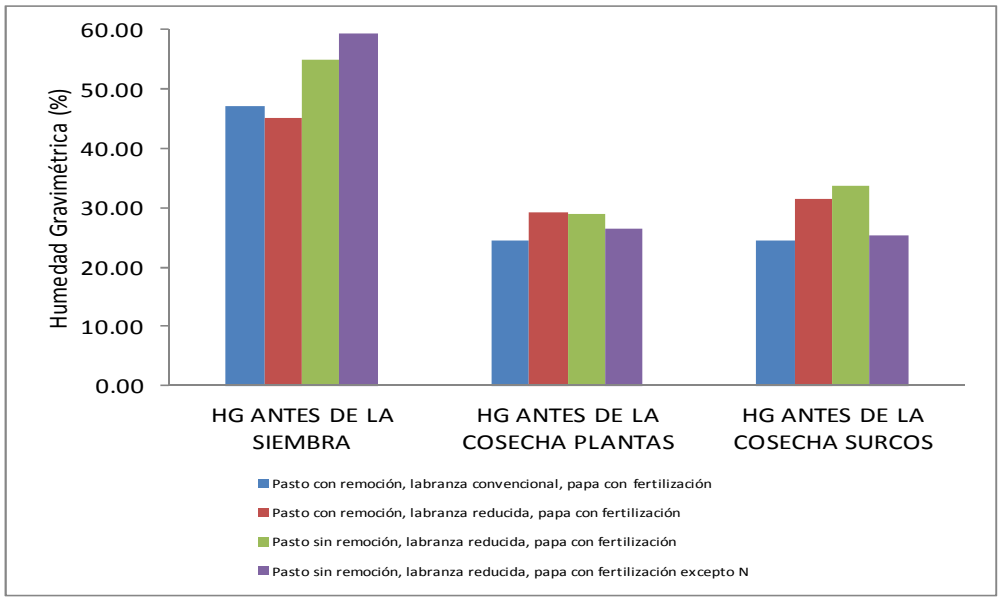
En la determinación de la variable humedad gravimétrica del suelo se realizó por el método gravimétrico y se muestreó a una profundidad (0 a 25 cm). Se observó que la humedad gravimétrica tomada antes de la siembra fue superior a la reportada en las evaluaciones realizadas antes de la cosecha. Los tratamientos de agricultura de conservación muestran un mayor porcentaje de humedad

gravimétrica en comparación con el testigo, antes de la siembra y antes de la cosecha, respectivamente. Lo anteriormente señalado indica que el peso de suelo ocupado por el agua, fue mayor en los tratamientos de agricultura de conservación. (Figura. 5).

Estudios en labranza de conservación en maíz realizado por **VALVERDE, F. y MONAR, C. 2004**, reportaron un 10% más de conservación humedad en comparación a la labranza convencional. Es lógico suponer que en labranza reducida en papa, hace un efecto de mulch, lo cual permite, un proceso lento de infiltración del agua.

Los resultados obtenidos en esta investigación en la variable HG, son lógicos, porque antes de instalar el ensayo fue mayor la presencia de lluvias y al final antes de la cosecha, se inició el período de verano (Figura 1).

FIGURA Nº 5: Humedad Gravimétrica por tratamiento en estudio. Microcuenca del Río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador, 2011.



8. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRESUPUESTO PARCIAL

- **TASA DE RETORNO MARGINAL**

En el (Cuadro 5, Anexo 3), se puede apreciar el análisis económico de los tratamientos según el Método de Presupuesto Parcial desarrollado por **Perrint, *et. al*. 1998** en base de los rendimientos totales promedios en t/ha de papa obtenidos durante el proceso de investigación de las prácticas de agricultura de conservación y los costos que varían en cada tratamiento como en este estudio es mano de obra (jornales), y el N, etc.

Hay que señalar que los mejores Beneficios Brutos se presentaron en los tratamientos T1 y T3 y están dados por los rendimientos obtenidos de 15,81 t/ha y 14,55 t/ha, respectivamente. Se estimó el costo por tonelada de papa comercial en $ 220.

Los tratamientos en donde se utilizaron las prácticas de agricultura de conservación, como labranza reducida pasto sin remoción sí reducen significativamente los costos por hectárea en la labranza para la preparación del suelo desde $ 988/ha con la práctica convencional hasta $ 235/ha con la práctica de labranza reducida; esto significa, una disminución del 76%, lo que hace más competitivo al cultivo de papa y la conservación del suelo.

CUADRO Nº 5: Tasa de Retorno Marginal para los tratamientos de agricultura de conservación. Microcuenca del Río Illangama, provincia Bolívar-Ecuador, 2011.

Tratamientos	Beneficio Neto ($)	Costos que Varían ($)	Beneficio Neto Marginal ($)	Costos que varían Marginal ($)	Tasa de Retorno Marginal (%)
T3: pasto sin remoción, labranza reducida, papa con fertilización	1 832	1 369	1 792	223	804
T4: pasto sin remoción, labranza reducida, papa con fertilización excepto N	39	1 146	0	0	

Con los valores obtenidos en el cálculo de Beneficios Netos y los Costos que Varían de cada tratamiento, se realizó el Análisis de Dominancia (Anexo 3), el mismo que determinó que los tratamientos T1 y T2, en este estudio, se muestran como dominados, debido a que presentaron un menor Beneficio Neto y un igual o mayor Costo que Varía en relación con los tratamientos T3 y T4.

La Tasa de Retorno Marginal de 804% indica que cuando los productores de papa, en el sistema de producción papa-pastos de la microcuenca del río Illangama pasen de la aplicación de la tecnología del tratamiento T4 hacia la tecnología del tratamiento T3, ellos podrían obtener ganancias de hasta $ 8,04 por cada dólar que inviertan en el cambio de tecnología de prácticas de agricultura de conservación.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

- En la fase de campo, las variables agronómicas profundidad de raíces, rendimiento total en t/ha y materia seca de la biomasa en t/ha mostraron diferencias estadísticas altamente significativas, mostrando que los tratamientos de agricultura de conservación si tienen un mismo efecto que la práctica convencional; es decir, en una primera instancia se podría aplicar las prácticas de agricultura de conservación evaluadas porque promueven la reducción de la pérdida de suelo y de nutrientes del suelo; es unir el capital natural.
- En la fase de laboratorio, las variables de química de suelos evaluadas antes de la siembra, muestran que las parcelas experimentales donde se evaluaron posteriormente los tratamientos en estudio presentaron características homogéneas.
- En la fase de laboratorio, los variables de física suelos evaluados antes del ensayo y antes de la cosecha, fueron similares; es decir no cambio los valores promedios de la densidad aparente(DA); textura y compactación.
- La Tasa de Retorno Marginal de 804% indica que al pasar del T4 (pasto sin remoción, labranza reducida y papa con fertilización excepto N) al T3 (pasto sin remoción, labranza reducida y papa con fertilización), se obtienen ganancias de $ 8.04 por cada dólar que se invierta en el cambio de tecnología.
- Incorporando las prácticas de agricultura de conservación (pasto sin remoción, labranza reducida y papa con fertilización), se logra mejores beneficios económicos y una disminución de los riesgos de pérdida de suelo por labranza; además se reducen los costos de producción en un 76% en comparación con las prácticas convencionales que utilizan los productores de papa en la microcuenca del río Illangama, de la provincia Bolívar.

5.2. RECOMENDACIONES.

En función de los resultados y conclusiones sintetizadas, se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Es muy importante antes de iniciar con un cultivo de papa, realizar un análisis químico del suelo para establecer un manejo nutricional apropiado en función de los requerimientos del cultivo de papa, y la meta de producción.
- Validar la aplicación delas prácticas de agricultura de conservación porque tienen el mismo efecto, en el rendimiento, que las convencionales, evitándose realizar labores que lo que promueven es la pérdida de suelo por labranza y el incremento de costos.
- En función de la física de suelos, se recomienda incorporar las prácticas de agricultura de conservación, porque esto permite mejorar sus propiedades en el recurso suelo a mediano y largo plazo.
- De acuerdo a los análisis de química de suelos se sugiere realizar un estudio de, comportamiento con la rotación de cultivos y poder determinar la disponibilidad de macro y micro elementos existentes en el suelo. En la fertilización básica, complementaria y suplementaria, de esta manera mejore la eficiencia agronómica y química del cultivo.
- Para los suelos de alto Guanujo, en rotación pastos-papa, se recomienda una dosis de fertilización de: 120 – 300 – 60 – 30. Kg/ha de N – P – K – S, con la variedad INIAP-Fripapa, misma que es tolerante a la lancha y buena aceptación en varios segmentos del mercado.

VI. RESUMEN Y SUMMARY.

6.1. RESUMEN.

Los sistemas de labranza o agricultura de conservación a nivel mundial está siendo muy considerada dentro de las alternativas manejo como una fuente de protección a los recursos naturales, En el Ecuador las alternativas de agricultura sostenible, constituye una práctica de manejo racional, a pesar de estas tecnologías se torna difícil incorporar a las practicas del agricultor, debido a este problema, el recurso suelo es explotado hasta un punto más allá del cual, actividades como el exceso de pastoreo del ganado, producción agrícola en áreas marginales, conllevan no solo a la degradación del capital natural, sino además, a repercusiones socioeconómicas en las familias campesinas. Esta investigación se realizó en la microcuenca del rio Illangama, provincia Bolívar, a una altura de 3500 m.s.n.m, El tipo de suelo fue Franco limoso, M.O con 8,05% y un pH de 6,3 ligeramente ácido. Los objetivos que se plantearon en esta investigación fueron: i) Evaluar a mediano plazo el efecto de dos sistemas de labranza, uso de suelo y fertilización en el cultivo de papa, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. ii) Determinar el efecto de los sistemas de labranza, uso de suelo y fertilización, sobre el rendimiento del cultivo de papa. iii) Realizar el análisis económico de la implementación de los sistemas de labranza, uso de suelo y fertilización en el cultivo de papa. Se utilizó un diseño Experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 3 repeticiones y 4 Tratamientos. T1: Pasto con remoción, Labranza convencional, papa con fertilización, T2: Pasto con remoción, Labranza reducida, papa con fertilización, T3: Pasto sin remoción, Labranza reducida, papa con fertilización, T4: Pasto sin remoción, Labranza reducida, papa con fertilización excepto nitrógeno (N).Se realizaron el análisis químico del suelo antes de la siembra; análisis de Varianza, prueba de Tukey al 5%; análisis económico de presupuesto parcial y cálculo de la Tasa Marginal de Retorno. Los principales resultados obtenidos en esta investigación fueron: los tratamientos incidieron significativamente, principalmente en los análisis de varianza para las variables: profundidad radicular en cm, rendimiento total en t/ha y materia seca de la biomasa en t/ha. El rendimiento promedio más elevado de papa, se evaluó en el

T1: pasto con remoción, labranza convencional, papa con fertilización, pero con una mayor Tasa Marginal de Retorno el T3: pasto sin remoción, labranza reducida, papa con fertilización, porque se reduce en un 76% los costos en la preparación del suelo. Económicamente el tratamiento con el valor promedio más alto de la TMR fue el T3: 804% y un beneficio neto de $. 1832/ha, tomando en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento. Finalmente este estudio contribuyó en reducir los procesos de erosión del suelo en agricultura de ladera a través de labranza de conservación y una mayor eficiencia nutricional del cultivo.

6.2. SUMMARY.

Tillage systems and conservation agriculture worldwide is still highly regarded within the management as an alternative source of protection for natural resources in Ecuador sustainable agriculture alternatives, is a sound management practice, despite these becomes difficult to incorporate technologies to farmer's practices because of this problem, the soil resource is exploited to a point beyond which activities such as overgrazing of livestock, agricultural production in marginal areas, involving not only the degradation natural capital, but also to socio-economic impacts on farming families. This research was conducted in the watershed of the river Illangama, Bolivar Province, at an altitude of 3500 meters; the type of soil was silt loam, MO with 8.05% and a slightly acidic pH of 6.3. The goals that emerged from this research were: i) Assess the medium term effect of two tillage systems, land use and fertilization on the potato crop on the physical, chemical and biological soil properties. ii) Determine the effect of tillage systems, land use and fertilization on the yield of the potato crop. iii) To conduct economic analysis of the implementation of farming systems, land use and fertilizer in potato cultivation. We used an experimental design of randomized complete block (RCBD) with 3 replications and 4 treatments. T1: Pasture with removal, conventional tillage, potato fertilization, T2: Pasture with removal, reduced tillage, potato fertilization, T3: Pasture without removal, reduced tillage, potato fertilization, T4: Pasture without removal, reduced tillage, potato except nitrogen fertilization (N). Were carried out chemical analysis of soil before planting, analysis of variance, Tukey test at 5%; partial budget economic analysis and calculation of the marginal rate of return. The main results obtained in this study were significantly influenced treatments, mainly in the analysis of variance for variables: root depth in cm, total yield in t / ha and dry matter of biomass in t / ha. The highest average yield of potato was assessed at T1: pasture with removal, conventional tillage, potato fertilization, but with a higher marginal rate of return on T3: Pasture without removal, reduced tillage, potato fertilization, because it reduces 76% of costs in preparing the ground. Economically treatment with the highest average value of the TMR was the T3: 804% and net income of $. 1832/ha, taking into account only the costs that vary with each treatment. Finally,

this study has contributed in reducing the processes of soil erosion in hillside agriculture through conservation tillage and crop nutrient efficiency.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

1) Agromar**.** 2006. Política ambiental para el desarrollo sustentable del sector agropecuario del Ecuador. Revista informativa del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Edición Nº 1, Año 1, Editorial AXXIS Publicidad. Quito – Ecuador. Pág. 41.

2) Agronet. 2009**.** Materia Orgánica. Articulo principal.

3) Barrera, V, Norton, G. y Ortiz, O. 1998. "Manejo de las principales plagas y enfermedades de la papa por los agricultores en la Provincia del Carchi, Ecuador. Pp. 65.

4) Barrera, V; León- Velarde, C; Grijalva, J. y Chamorro, F. 2004. Manejo del Sistema de Producción "Papa-Leche" en la Sierra ecuatoriana: Alternativas Tecnológicas. Editorial ABYA-YALA. Boletín Técnico No. 112. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias –INIAP-, Centro Internacional de la Papa -CIP- y Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios -PROMSA. Quito, Ecuador. 196 pp.

5) 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 sub-cuenca del río Chimbo: Estudio de Línea Base. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias –INIAP- y Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación SANREM CRSP. Quito, Ecuador. 146 pp.

6) Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005. Papa (planta) © 1993 2004. Microsoft Corporation.

7) CIP-INIAP-PNRT - PAPA - FORTIPAPA. 1997. "Primer seminario Taller internacional sobre manejo integrado de Tecia solanivora" del 1 al 4 de septiembre de 1997. Ibarra-Ecuador. 61 pág.

8) Cañadas, L. 1983.El mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. Programa Nacional de Regionalización (PRONAREG), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Quito, Ecuador. 21 pp.

9) Caluña, J. 2008. Evaluación agronómica y productiva del cultivo de Papa Variedad iniap-gabriela a la aplicación de tres fertilizantes foliares en la Parroquia San Lorenzo, Provincia Bolívar. Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar. Pp. 14.

10) Chela, E. 2009. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica Entre sistemas de producción en la microcuenca del Rio Alumbre, cantón Chillanes, Provincia Bolívar. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Estatal de Bolívar. 75 pp.

11) Chancusig, E. 1999. Evaluación del sistema tradicional de cultivos en Relevos de papa en las comunidades andinas de Cotopaxi, ecuador. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de magíster en gestión en desarrollo rural y agricultura sustentable. Temuco-chile.

12) Departamento de Ordenamiento del Territorio y Medio Ambiente, 2009.

13) García, L. Benites, A; Martinez, y Vilela, A. 1998. Holgado-Cabrera. Conservation Agriclture: Enviroment, Farmers Experience, Innovation, Socio-aconemy, Policy. Boston: Kluwer Academic press.

14) Gallegos, P.Avalos, G. y Castillo, C. 1997. "El gusano blanco de la papa en Ecuador: Comportamiento y control".INIAP. Quito, Ecuador. 35p.

15) GobiernoProvincial de Bolívar. 2004. Plan Estratégico deDesarrollo Provincial, 2004-2024. Dirección de Planificación. AH/editorial. Guaranda, Ecuador. 224 pp.

16) González, M. 2008. Caracterización socio económica y ambiental de Los sistemas de producción en la sub-cuenca del río Chimbo. Tesis de grado para la obtención del título de ingeniera agroforestal. Universidad Estatal de Bolívar. 109 pp.

17) Hobbs, el. al. 1997. Centro internacional para el mejoramiento de maíz y trigo CIMMYT.

18) Human, Z.1983. Morfología y Taxonomía de la papa.

19) INIAP. 2010. Informe Anual Técnico. Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Protección Vegetal. Quito, Ecuador.

20) Inforganic. 2004, La importancia de la materia orgánica en el suelo.

21) Metcalfe, S. y Elkins, D. 1998. Producción de Cosechas: fundamentos y prácticas. Traducido por María Teresa Martínez Utrilla. Editorial LIMUSA, México, pp. 703-719

22) Monar, C.2000. Informe anual de labores. INIAP – UVTTLC - Bolívar. Guaranda, Ecuador. Pp. 42.

23) Morocho, G.1997. Balance de la Oferta y demanda de la Papa para la Industria, estudio de caso ciudad de quito. Anteproyecto de Tesis.

24) Mocoa. et. al. 2002. Ministerio de agricultura y desarrollo rural programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria pronatta-funach-ascapam unión temporal.

25) Naranjo, H. y Vega, J. 1991.Aspectos Tecnológicos del Cultivo de Papa Enel Ecuador. Fundación para el Desarrollo Agropecuario. (FLINDAGRO) 260 pp.

26) Naranjo, H.1978. Labores de siembra, cultivo y cosecha en campos de producción de semilla de papa. Primer curso internacional sobre producción de semilla de papa. Quito. MAG, INIAP, CIP.

27) López, G.2008. Módulo II de conservación de suelos. Cotopaxi – Ecuador.

28) Ortiz, R. 2008. Hidroponía en el suelo. Edición Abya-Yala. Quito Ecuador. Pp. 34-38

29) Parsons, D.et.al. 1998. Manual para la educación agropecuaria. Edición. Trillas- Mexico. Pp 709.

30) Pumisacho, M; Sherwood, S. 2002. El cultivo de la papa en el Ecuador.

31) Pumisacho, M. y Velásquez, J. 2009. Manual del cultivo de papa para Pequeños productores. Quito. INIAP, COSUDE. 98 p.

32) Porrut. 1998. Los Climas del Ecuador: fundamentos explicativos. Documentos de Investigación Nº 4. Centro Ecuatoriano de Información Geográfica y ORSTOM.

33) Suquilanda, M.1996. La Agricultura Orgánica una alternativa viable para El establecimiento de sistemas productivos sustentables. Quito. pp. 20-30.

34) 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.

35) Torres, C.2002. Manual agropecuario. Tecnología orgánica de granja integrales autosuficiente. Editorial. Limeria. S.A. Bogotá-Colombia.

36) Urbano, P.y Urbano, J. 1997. Erosión y Conservación del suelo. España. Pp. 213-245.

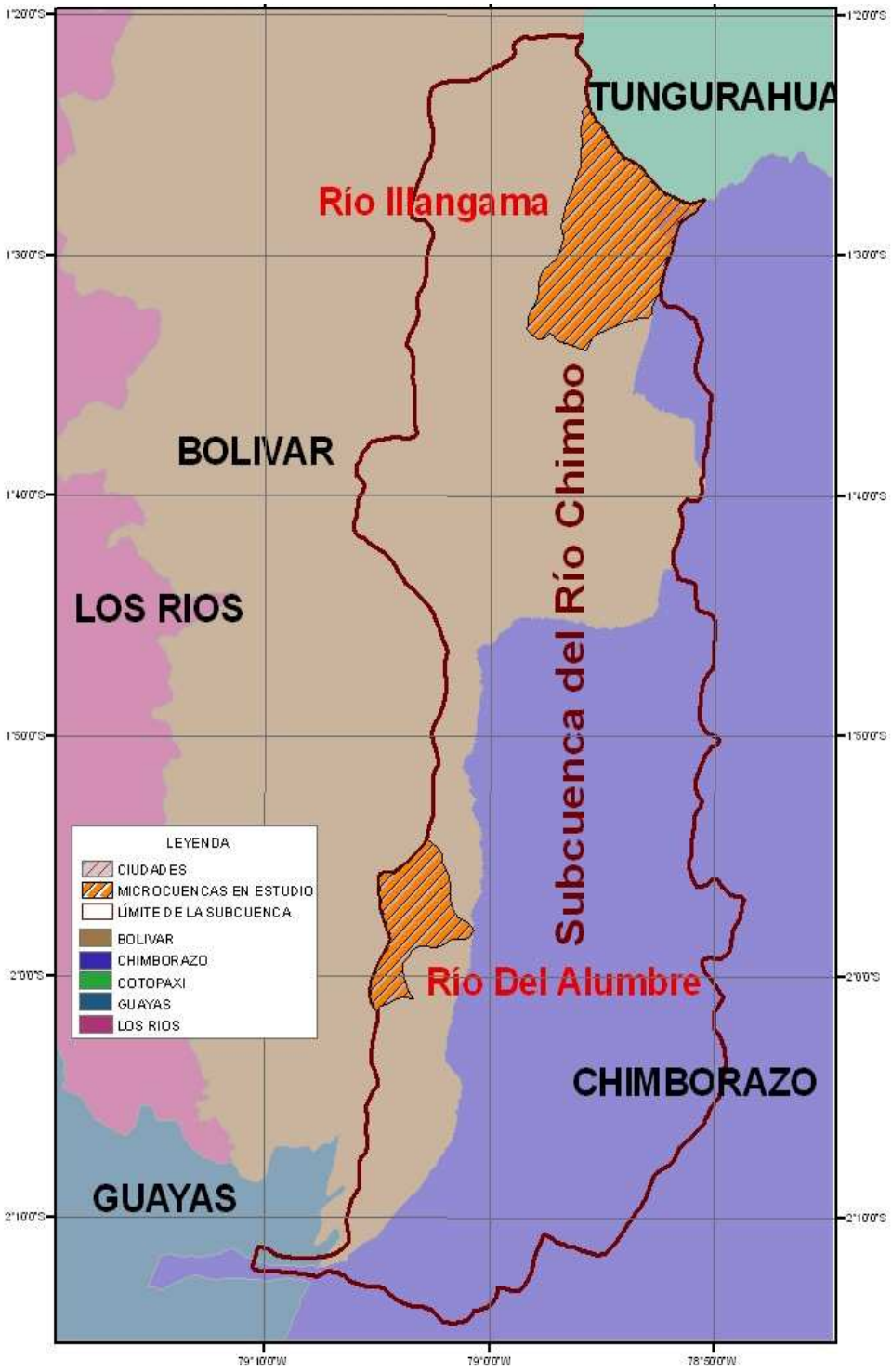
37) Yanggen, D.et. al. 2003. Impactos en producción, salud y medio Ambienteen Carchi, Ecuador. Edición primera. Pp. 9.

38) http://www.monografias.com/trabajos14/propiedadesagua/propiedadesagua.shtml

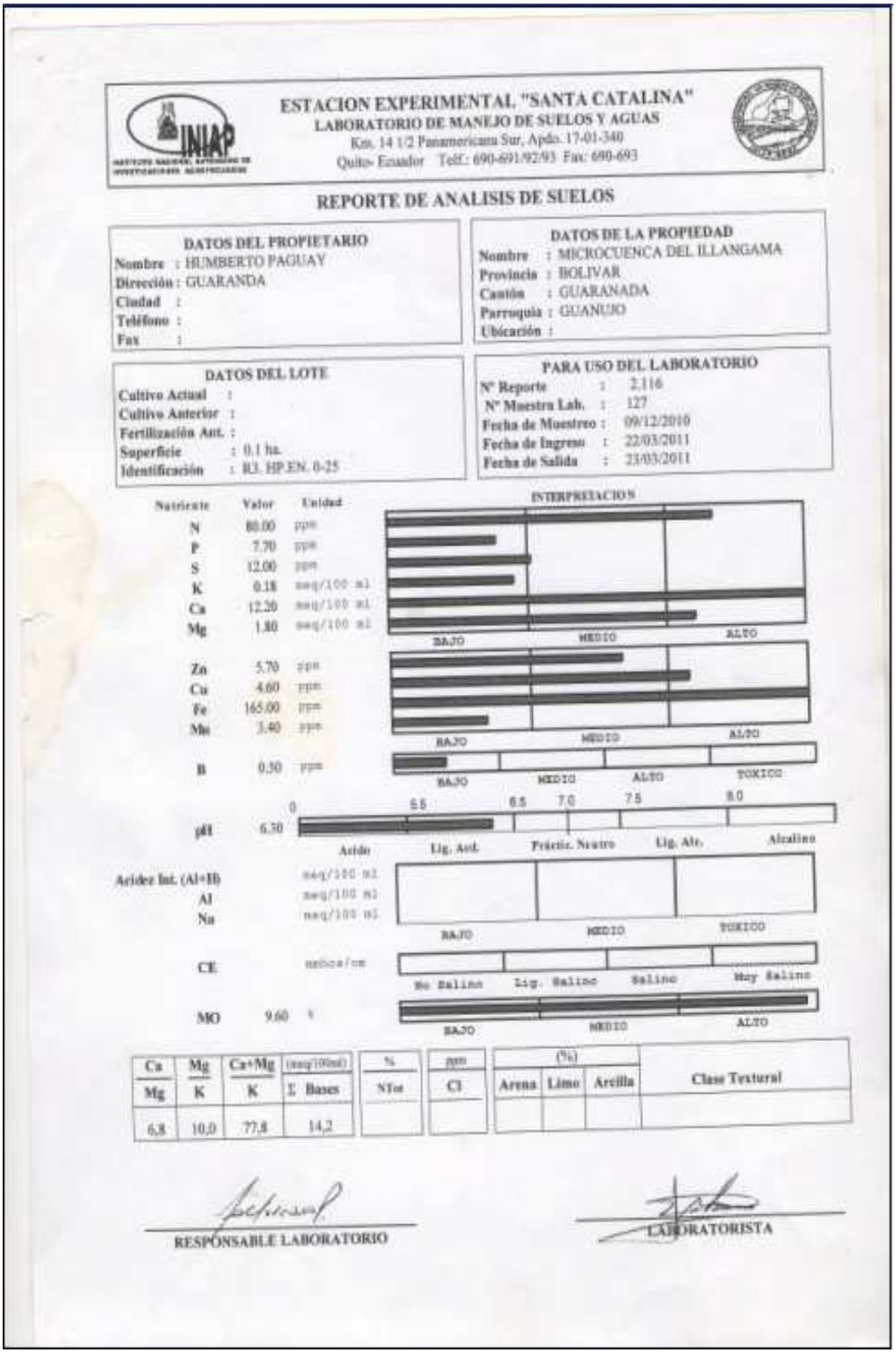
39) www. Infoagro.com/

ANEXOS

Anexo. 1. Mapa de la microcueca del RíoIllangama**.**



Anexo 2. Resultados de los análisis químicos de suelos.



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 : HUMBERTO PAGUAY
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : MICROCUENCA DEL ILLANGAMA
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANADA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

DATOS DEL LOTE
Cultivo Actual :
Cultivo Anterior :
Fertilización Ant. :
Superficie : 0.1 ha.
Identificación : R3. HP.EN. 0-25

PARA USO DEL LABORATORIO
N° Reporte : 2.116
N° Muestra Lab. : 127
Fecha de Muestreo : 09/12/2010
Fecha de Ingreso : 22/03/2011
Fecha de Salida : 23/03/2011

Nutriente	Valor	Unidad
N	80.00	ppm
P	7.70	ppm
S	12.00	ppm
K	0.18	meq/100 ml
Ca	12.20	meq/100 ml
Mg	1.80	meq/100 ml
Zn	5.70	ppm
Cu	4.60	ppm
Fe	165.00	ppm
Mn	3.40	ppm
B	0.50	ppm
pH	6.30	
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml
Al		meq/100 ml
Na		meq/100 ml
CE		mmhos/cm
MO	9.60	%

INTERPRETACION

BAJO MEDIO ALTO

BAJO MEDIO ALTO

BAJO MEDIO ALTO TOXICO

0 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0

Acido Lig. Acid. Prácticamente Neutro Lig. Alc. Alcalino

BAJO MEDIO TOXICO

No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino

BAJO MEDIO ALTO

Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	(meq/100ml) Σ Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	(%) Limo	(%) Arcilla	Clase Textural
6,8	10,0	77,8	14,2						

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 : MANUEL PASTO
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : MICROCUENCA DEL ILLANGAMA
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANADA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

DATOS DEL LOTE
Cultivo Actual :
Cultivo Anterior :
Fertilización Ant. :
Superficie : 0.1 ha.
Identificación : R1. M.PS.EN. 0-25

PARA USO DEL LABORATORIO
N° Reporte : 2,114
N° Muestra Lab. : 119
Fecha de Muestreo : 09/12/2010
Fecha de Ingreso : 22/03/2011
Fecha de Salida : 23/03/2011

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	69.00	ppm	
P	6.30	ppm	
S	9.30	ppm	
K	0.14	meq/100 ml	
Ca	8.30	meq/100 ml	
Mg	2.10	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Zn	4.70	ppm	
Cu	5.40	ppm	
Fe	302.00	ppm	
Mn	4.10	ppm	BAJO MEDIO ALTO
B	0.40	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	6.10		0 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido, Lig. Acd., Prácticamente Neutro, Lig. Alc., Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO TOXICO
CE		mmhos/cm	No Salino, Lig. Salino, Salino, Muy Salino
MO	7.80	%	BAJO MEDIO ALTO

Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Σ Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	(%) Limo	(%) Arcilla	Clase Textural
4,0	15,0	74,3	10,5						

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 : MATIAS PAGUAY
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : MICROCUENCA DEL ILLANGAMA
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANADA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

DATOS DEL LOTE
Cultivo Actual :
Cultivo Anterior :
Fertilización Ant. :
Superficie : 0.1 ha.
Identificación : R2. M.PA.EN. 0-25

PARA USO DEL LABORATORIO
N° Reporte : 2.115
N° Muestra Lab. : 123
Fecha de Muestreo : 09/12/2010
Fecha de Ingreso : 22/03/2011
Fecha de Salida : 23/03/2011

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	69.00	ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
P	5.80	ppm	
S	10.00	ppm	
K	0.14	meq/100 ml	
Ca	9.50	meq/100 ml	
Mg	1.40	meq/100 ml	
Zn	4.00	ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
Cu	4.90	ppm	
Fe	166.00	ppm	
Mn	3.00	ppm	
B	0.40	ppm	BAJO / MEDIO / ALTO / TOXICO
pH	6.60		0 / 5.5 / 6.5 / 7.0 / 7.5 / 8.0 — Acido / Lig. Acid. / Práctic. Neutro / Lig. Alc. / Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	BAJO / MEDIO / TOXICO
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
CE		mmhos/cm	No Salino / Lig. Salino / Salino / Muy Salino
MO	8.20	%	BAJO / MEDIO / ALTO

Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Σ Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	(%) Limo	(%) Arcilla	Clase Textural
6,8	10,0	77,9	11,0						

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 : MANUEL PASTO
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : MICROCUENCA DEL ILLANGAMA
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual :
Fecha de Muestreo : 10/12/2010
Fecha de Ingreso : 10/01/2011
Fecha de Salida : 25/08/2011

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
0000119												40	50	10	Franco-Limoso
0000120												40	52	8	Franco-Limoso
0000121												40	50	10	Franco-Limoso
0000122												38	54	8	Franco-Limoso

INTERPRETACION					
Al+H, Al y Na		C.E.		M.O. y Cl	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino		B = Bajo	
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino		M = Medio	
T = Tóxico				A = Alto	

ABREVIATURAS

C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA

C.E. = Pasta Saturada
M.O. = Dicromato de Potasio
Al+H = Titulación NaOH

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Anexo. 3. Tabla de presupuesto parcial.

Presupuesto Parcial (Beneficio Bruto) de datos promedios de ensayos de fertilización y labranza por ha.

Tratamientos	Rendimiento (T/ha)	Precio por tonelada ($)	Beneficio Bruto ($/ha)
T1	15.81	220	3478
T2	13.97	220	3073
T3	14.55	220	3201
T4	5.39	220	1185

Presupuesto Parcial (Beneficio Neto) de datos promedios de ensayos de fertilización y labranza por ha

Tratamientos	Beneficio Bruto ($/ha)	Costos que varían ($/ha)	Beneficio Neto ($/ha)
T1	3478	1905	1573
T2	3073	1693	1380
T3	3201	1369	1832
T4	1185	1146	40

Análisis de dominancia ordenados de menor costo que varía con su correspondiente beneficio neto de datos de respuesta a fertilización

Tratamientos N°	Total costos que varia ($/ha)	Total beneficios netos ($/ha)
T4	1146	40 √
T3	1369	1832 √
T2	1693	1380D
T1	1905	1573D

Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos no dominados.

Tratamiento N°	Beneficio Neto (BN) ($/ha)	Costos que varían ($/ha)	Incremento		Tasa de Retorno Marginal (•/.)
			BN ($/ha) (CU)	CV ($/ha)	
T3	1832	1369	1792	223	804
T4	40	1146			

Anexo. 4. Glosario de términos**.**

AC.- Agricultura de conservación.

Abono verde.- Es el cultivo de plantas, con el propósito de abonar, enriquecer y mejorar la fertilidad del suelo, incorporando al suelo plantas verdes con alto porcentaje de agua que aún no han muerto y están apenas lignificados, y que poseen abundante azúcar, almidón y nitrógeno.

Agricultura orgánica.- Se define como un sistema de producción que se apoya hasta donde es posibleen la rotación de cultivos, abonos de animales, leguminosas, abonos verdes, desechos orgánicos provenientes afuera del predio, control natural y biológico de plagas, para mantener la productividad y fertilidad del suelo.

Biodiversidad.- Se refiere a todas las especies de plantas, anímales y microorganismos existentes que interactúan dentro de un ecosistema.

Conservación.- Arte cuyo cometido es la planificación, diseño, modificación y conservación de elementos vivos o inertes que reproducen un espacio natural.

Control biológico.- Es un proceso en el que las plagas son matadas por sus enemigos naturales, y esas muertes contribuyen a la producción de más enemigos naturales de la plaga. Es parte del control natural, es la represión de las plagas mediante la acción de sus enemigos naturales (parasitoides, predadores y patógenos).

Erosión.- Es el movimiento de tierra debido al agua, el viento, el hielo u otros procesos geológicos.

Humus.- Es el producto o resultado del proceso de degradación de la materia orgánica que mejora la estructura del suelo, provee sustancias nutritivas para la planta e incrementa la capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo.

Materia orgánica.- Es toda sustancia muerta en el suelo, que provenga de plantas, microorganismos, excreciones animales y de todos los organismos vivos, que sirve para activar la flora y fauna del suelo (edafón), quienes en última instancia son los responsables de poner a disposición de las plantas los nutrientes necesarios para su normal desarrollo.

Mulch.- Consiste en cubrir el suelo desnudo con material orgánico, basado en la inexistencia de suelos descubiertos en la naturaleza, que siempre tiende a formar un manto verde de plantas protectoras.

Pasto.- Comprende todo aquello que sirve como alimento a los animales domésticos.

Plaga.- Se define como la población de insectos fitófagos que reduce la producción y afecta el valor de la cosecha.

Pequeño agricultor.- Persona o individuo cuyas actividades agrícolas tienen como finalidad proveer a sus necesidades y a los de su familia, más que obtener producción para el mercado.

Productores.- Organismos como las plantas verdes, que foto sintetizan, es decir, que son capaces de producir alimento con la energía solar (también las bacterias foto y quimio sintéticas).

Rotación de cultivos.- Es un conjunto de secuencias en los que los cultivos se suceden dentro de un determinado terreno.

Sistemas.- Es un arreglo de componentes que funcionan, permanentemente sincronizados, como una unidad.

Tecnología agropecuaria.- Es el conjunto de conocimientos organizados necesarios para la producción, procesamiento, comercialización y utilización de cualquier producto agropecuario.

Anexo No. 5. Fotografías del Manejo y Evaluación del Ensayo.

Trazado de Parcelas.



Muestreo de suelos.



Lectura de compactación.



Muestreo para el análisis de densidad aparente con el barreno K.



Corte y remoción del pasto.



Trampeo para gusano blanco.



Siembra y fertilización del Ensayo.



Aplicación de Fertilización Complementaria y Rascadillo.



Desarrollo Vegetativo del Cultivo.



Aporque del cultivo.



Control de plagas y enfermedades.



Cosecha del ensayo.

