

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RENDIMIENTO DE  
PAPA CRIOLLA AMARILLA (*Solanum phureja*) EN DOS LOTES SOMETIDOS A  
RECUPERACIÓN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ZANJAS DE  
FERTILIDAD, EN EL CORREGIMIENTO DE MAPACHICO,  
MUNICIPIO DE PASTO**

**JAIRO OSVALDO RODRIGUEZ LEIVA  
CARLOS MAURICIO SAA RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PASTO - COLOMBIA  
2004**

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RENDIMIENTO DE  
PAPA CRIOLLA AMARILLA (*Solanum phureja*) EN DOS LOTES SOMETIDOS A  
RECUPERACIÓN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ZANJAS DE  
FERTILIDAD, EN EL CORREGIMIENTO DE MAPACHICO,  
MUNICIPIO DE PASTO**

**JAIRO OSVALDO RODRIGUEZ LEIVA  
CARLOS MAURICIO SAA RODRIGUEZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presidente de Tesis  
HUGO RUIZ ERAZO. I.A., M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONÓMICA  
PASTO- COLOMBIA  
2004**

*“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusivas de sus autores”*

*Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.*

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**San Juan de Pasto, Mayo de 2004**

***Dedico:***

*A la memoria de mi padre  
A mi madre  
A Maria Fernanda, mi hija  
A mis hermanos*

**JAIRO**

***Dedico:***

*A mis padres*

*A mi hija Catalina*

*A mi esposa*

*A mis hermanos*

*A la memoria de mi tío, Alvaro*

*A la memoria de mi abuela*

**CARLOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Hugo Ruiz. Ingeniero Agrónomo M. Sc. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Benjamín Sañudo Sotelo. Ingeniero Agrónomo. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Alberto Unigarro. Ingeniero Agrónomo. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Miguel Ángel Viveros. Ingeniero Agrónomo. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño

Todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma en la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	19
1. OBJETIVOS	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 GENERALIDADES DE DEGRADACIÓN DEL SUELO	21
2.2 LA EROSIÓN	22
2.3 MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS	23
2.3.1 La materia orgánica.	23
2.4 PRÁCTICAS DE MANEJO DE SUELOS	25
2.4.1 Abonos verdes.	26
2.5 TRABAJOS CON ABONOS VERDES	28
2.6 ZANJAS FÉRTILES	29
2.7 ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS	30
2.7.1 Importancia de las propiedades físicas del suelo.	30
3. DISEÑO METODOLÓGICO	35
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	36
3.2 ÁREA EXPERIMENTAL	36
3.3 SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN	36

3.4 LABORES CULTURALES	37
3.4.1 Control de malezas.	37
3.4.2 control de plagas y enfermedades.	37
3.5 VARIABLES EVALUADAS	38
3.5.1 Evaluación componentes de producción de la papa.	38
3.6 EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	38
3.6.1 Densidad aparente (g/cc).	39
3.6.2 Densidad real.	39
3.6.3 Porosidad total (%).	39
3.6.4 Conductividad hidráulica.	40
3.6.5 Humedad del suelo	40
3.6.6 Espacio aéreo.	41
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
3.8 ANÁLISIS ECONÓMICO	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 DENSIDAD APARENTE	42
4.2 DENSIDAD REAL	44
4.3 POROSIDAD TOTAL DEL SUELO	45
4.4 HUMEDAD VOLUMÉTRICA	45
4.5 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA	47
4.6 ESPACIO AÉREO	49
4.7 VARIABLES DE RENDIMIENTO DE PAPA	51
4.7.1 Número de tubérculos de papa gruesa por planta.	51

4.7.2	Número de tubérculos de papa delgada por planta.	54
4.7.3	Kilogramos de papa gruesa por planta.	55
4.7.4	Kilogramos de papa delgada por planta.	56
4.7.5	Rendimiento total en ton/ha.	57
4.8	ANÁLISIS ECONÓMICO	59
5.	CONCLUSIONES	61
6.	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFÍA	63
	ANEXOS	67

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> .Mapa de campo.	37
<b>Figura 2.</b> Distribución de las plantas en la parcela.	38
<b>Figura 3.</b> Densidad aparente del suelo en los lotes en estudio a dos profundidades 0-10 cm y 10-20 cm.	43
<b>Figura 4.</b> Densidad real del suelo en los lotes en estudio y bajo los diferentes tratamientos.	44
<b>Figura 5.</b> Porosidad total del suelo en los lotes en estudio a dos profundidades 0 - 10 y 10-20 cm.	46
<b>Figura 6.</b> Humedad volumétrica del suelo en los lotes en estudio y con diferentes tratamientos a dos profundidades 0-10 cm y 10-20 cm.	48
<b>Figura 7.</b> Conductividad hidráulica del suelo de 0-10 cm en los dos lotes.	50
<b>Figura 8.</b> Conductividad hidráulica del suelo de 10 -20 cm en los dos lotes.	50
<b>Figura 9.</b> Espacio aéreo del suelo en los lotes evaluados de 0- 10cm.	52
<b>Figura 10.</b> No de tubérculos /planta papa gruesa en los lotes evaluados.	54
<b>Figura 11.</b> No de tubérculos /planta papa delgada en los lotes evaluados.	55
<b>Figura 12.</b> Kg/ Planta de papa gruesa en los lotes evaluados.	56
<b>Figura 13.</b> Kg/ Planta de papa delgada en los lotes evaluados.	57
<b>Figura 14.</b> Rendimiento kg/ha papa amarilla en los lotes eva luados.	58

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Prueba de Tukey entre localidades para densidad aparente del suelo entre 0-10 cm.	43
<b>Tabla 2.</b> Prueba de Tukey entre localidades para densidad aparente del suelo entre 10-20 cm.	43
<b>Tabla 3.</b> Prueba de Tukey para densidad real entre localidades.	44
<b>Tabla 4.</b> Prueba de Tukey entre localidades para porosidad total del suelo entre 0-10 cm.	45
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Tukey entre localidades para humedad volumétrica del suelo entre 0 – 10 cm.	46
<b>Tabla 6.</b> Prueba de Tukey entre localidades para humedad volumétrica del suelo entre 10-20 cm.	47
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Tukey entre localidades para conductividad hidráulica del suelo entre 0 - 10 cm	48
<b>Tabla 8.</b> Prueba de Tukey entre localidades para conductividad hidráulica del suelo entre 10-20 cm	48
<b>Tabla 9.</b> Prueba de Tukey entre localidades para espacio aéreo del suelo entre 10-20 cm.	50
<b>Tabla 10.</b> Prueba de Tukey entre localidades para numero de tubérculos de papa gruesa por planta	52
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Tukey entre tratamientos para número de tubérculos de papa gruesa por planta.	53
<b>Tabla 12.</b> Prueba de Tukey entre localidades para numero de tubérculos de papa delgada por planta	54
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Tukey entre localidades para kilogramos de papa gruesa por planta.	56
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Tukey entre localidades para kilogramos de papa delgada por planta	57
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Tukey entre localidades para rendimiento total de papa amarilla en t/ha	58
<b>Tabla 16.</b> Ingreso neto del cultivo de papa amarilla en los dos lotes.	60

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Análisis de varianza para la densidad aparente, del suelo entre 0-10 cm.	68
<b>Anexo B.</b> Análisis de varianza para la densidad aparente, del suelo entre 10-20 cm.	69
<b>Anexo C.</b> Análisis de varianza para la densidad real del suelo entre 0-10 cm.	70
<b>Anexo D.</b> Análisis de varianza para la porosidad total, del suelo entre 0-10 cm.	71
<b>Anexo E.</b> Análisis de varianza para la humedad volumétrica, del suelo entre 0-10 cm.	72
<b>Anexo F.</b> Análisis de varianza para la humedad volumétrica, del suelo entre 10-20 cm.	73
<b>Anexo G.</b> Análisis de varianza para la conductividad hidráulica, del suelo entre 0-10 cm.	74
<b>Anexo H.</b> Análisis de varianza para la conductividad hidráulica, del suelo entre 10-20 cm.	75
<b>Anexo I.</b> Análisis de varianza para espacio aéreo, entre 0-10 cm.	76
<b>Anexo J.</b> Análisis de varianza para número de tubérculos de papa gruesa por planta.	77
<b>Anexo K.</b> Análisis de varianza para número de tubérculos de papa delgada por planta	78
<b>Anexo L.</b> Análisis de varianza para kilogramos de papa gruesa por planta.	79
<b>Anexo M.</b> Análisis de varianza para kilogramos de papa delgada por planta.	80
<b>Anexo N.</b> Análisis de varianza para rendimiento total de papa amarilla t/ha.	81
<b>Anexo O.</b> Costo de producción de papa amarilla lote 1.	82
<b>Anexo P.</b> Costo de producción de papa amarilla lote 2.	83
<b>Anexo Q.</b> Estimación aproximada del costo de los tratamientos realizados en el suelo.	84
<b>Anexo R.</b> Costos de producción del cultivo de papa criolla con la utilización de zanjas fértiles y avena	85
<b>Anexo S.</b> Costos de producción del cultivo de papa criolla con la utilización de zanjas fértiles Abono verde y avena.	86
<b>Anexo T.</b> Costos de producción del cultivo de papa criolla con la utilización de Abono verde.	87
<b>Anexo U.</b> Costos de producción del cultivo de papa criolla con la utilización de Avena.	88
<b>Anexo V.</b> Costos de producción del cultivo de papa criolla en el testigo Absoluto	89

## GLOSARIO

**ÁCIDOS HUMITOS:** fracción del humus soluble en álcali y que precipita en medio ácido.

**COMPACTACIÓN:** sellamiento del suelo por pérdida de su estructura o por la presencia de capas endurecidas o impermeables por procesos formativos

**EROSIÓN:** proceso natural que tiene lugar en todos los terrenos, de fin como el proceso de desprendimiento y arrastre de la capa superficial

**ESTRUCTURA GRANULAR:** esta estructura se presenta cuando las partículas del suelo forman terrones pequeños y redondeados como gránulos

**INFILTRACIÓN DEL SUELO:** se define como el volumen de agua que entra en el suelo desde su superficie

**MINERALIZACIÓN:** proceso microbiológico por el cual el hidrogeno del suelo es convertido de una forma orgánica a formas inorgánicas y ocurre simultáneamente con la mineralización

**PERCOLAR:** corresponde a la acción que ejerce el agua al recorrer el perfil del suelo cuando hay drenaje libre sin penetrar.

**POROSIDAD:** es el volumen de suelo que no esta ocupado por partículas sólidas y que esta ocupado por aire y/o agua.

**ROTACIÓN:** se refiere a la siembra recurrente de diferentes cultivos sobre un mismo terreno

**SUELO:** cuerpo natural tridimensional sobre la superficie terrestre, que contiene materia viva y es capaz de soportar plantas aire libre, el cual es producto de la acción que ejercen el clima, los organismos y el relieve sobre el material parental durante su tiempo de formación

**ZANJA:** excavación larga y angosta que se hace en la tierra con diversos fines

**ZANJA FÉRTIL:** consiste en una practica mecánica por medio de la cual se pretende restituir la capacidad productiva de los suelos que han sido abandonados para labores agropecuarias

## RESUMEN

El presente estudio es continuidad de la línea de investigación: Efecto de las practicas de zanjias fértiles y siembra de abono verde sobre las propiedades físicas y productivas de dos suelos degradados del municipio de Pasto (Gaviria y Villarreal, 2003). Se realizo entre los meses de diciembre de 2002 a mayo de 2003 en el corregimiento de Mapachico, ubicado a 7 Km. de la ciudad de Pasto, situado a una altura de 2710 msnm, con una temperatura de 13°C y una precipitación entre 500-1000 mm, con el fin de evaluar algunas propiedades físicas del suelo y la capacidad productiva de papa criolla amarilla (Solanum phureja) en dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjias de fertilidad y abonos verdes de manera individual e integrada.

Las variables evaluadas en el suelo fueron: densidad aparente, densidad real, porosidad total, humedad volumétrica, conductividad hidráulica y espacio aéreo, y en el cultivo de papa número de tubérculos de papa delgada por planta, número de tubérculos de papa gruesa; kilogramos de papa gruesa por planta, kilogramos de papa delgada /planta y rendimiento total en t/ha. Se trabajo bajo un diseño de bloques al azar con arreglo combinatorio localidades por tratamientos las localidades fueron los lotes y cinco tratamientos y tres repeticiones.

Los resultados se interpretaron estadísticamente de acuerdo con el análisis de varianza y la prueba de significancia de Tukey.

La evaluación de las propiedades físicas de suelos sometidos a practicas de recuperación con la incorporación de materia orgánica (tamo de trigo) por medio de zanjias fértiles, y abonos verdes (avena – chocho) a mediano plazo mostró que el efecto de estas practicas sobre los suelos es transitorio; que se requiere incorporaciones periódicas de materia orgánica para mejorar o cambiar las propiedades físicas del suelo, además las características del suelo donde se hicieron las zanjias, tienen influencia sobre el resultado obtenido

Entre los lotes se encontró diferencias en algunas propiedades físicas como densidad aparente, tanto a 10 como hasta 20cm de profundidad, donde el suelo del lote dos tuvo mayor densidad aparente 1.09 y 1.14g/cc respectivamente, menor conductividad hidráulica entre 10-20cm con 16.04cm/hora y menor espacio aéreo 17.71% y 17.23% que el lote uno, por lo cual se encontraron diferencias marcadas en el rendimiento del cultivo de papa amarilla entre los dos lotes evaluados, las cuales se deben a las características propias de los suelos sobre los cuales se había establecido prácticas de conservación y recuperación de suelos.

## ABSTRACT

The present study is continuity of the study: Effect of you practice them of fertile gutters and siembra of payment green about the physical and productive properties of two floors of low fertility of the municipality of Grass (Gaviria and Villarreal, 2003). One carries out among the months of December from 2002 to May of 2003 in the corregimiento of Mapachico, located to 7 Km. of the city of Grass, located to a height of 2710 m.s.n.m, with a temperature of 13°C and a precipitation among 500-1000 mm, with the purpose of evaluating some physical properties of the floor and yellow Creole potato's productive capacity (*Solanum phureja*) in two subjected lots to recovery by means of the use of gutters of fertility.

The variables evaluated in the floor were: apparent density, real density, total porosity, volumetric humidity, hydraulic conductivity and air space, and in potato's number of tubers of thin potato cultivation for plant, number of tubers of thick potato; kilograms of thick potato for plant, kilograms of thin potato / it plants and total yield in ton/ha. You work under a design of blocks at random with arrangement combinatory towns for treatments the towns were the lots and five treatments and three repetitions.

The results were interpreted statistically of agreement with the variance analysis and the test of significance of Tukey.

The evaluation of the physical properties of subjected floors to you practice of recovery with the incorporation of organic matter by means of fertile gutters, and green payments to medium term it showed that the effect of these you practice on the floors it is transitory; that it requires periodic incorporations of organic matter to improve or to change the physical properties of the floor, also the characteristics of the floor where the gutters were made, they have influence on the obtained result

The floors to the beginning of the work were described by Gaviria and Villareal (2000,48) this way Lot one as horizon superior black color with effective depth smaller than 10cm and an internal horizon constituted by a consolidated material, compact, raincoat, of grade textural loamy franc. The lot two presented two horizons the first one with less than five (5) cm with loose grizzly substrate, while the internal horizon was compound for a sandy and stony loose material, of grade textural frank sandy arcillo.

Among the lots he/she was differences in some physical properties as apparent density, as much to 10 as until 20cm of depth, where the floor of the lot two had bigger density apparent 1.09 and 1.14g/cc respectively, smaller hydraulic conductivity among 10-20cm with 16.04cm/hora and smaller space air 17.71% and 17.23% that the lot one, reason why they were differences marked in the yield of yellow potato's cultivation among the two evaluated lots, which are due to the characteristics characteristic of the floors on which had settled down conservation practices and recovery of floors.

## INTRODUCCIÓN

En la zona andina del departamento de Nariño, la degradación de los suelos cultivados es un motivo de preocupación para investigadores, técnicos y agricultores, quienes buscan diferentes soluciones desde puntos de vista de fitomejoramiento, de fertilización orgánica, laboreo de conservación y abandono temporal de los terrenos a una reposición natural, sin encontrar respuestas consistentes al deterioro.

Si se observa el perfil de la mayoría de los suelos, con problemas de fertilidad, es posible determinar un horizonte superficial delgado y con problemas estructurales, sentado sobre una capa compactada que no permite un crecimiento radical adecuado de las plantas que impide el movimiento normal de las aguas y que probablemente lleva a la acumulación de elementos minerales tendiente a un desequilibrio nutricional. Tal situación hace que el crecimiento y producción de las plantas sean pobres y originen a pérdidas económicas.

El hecho observado a conducido a plantear investigaciones, sobre mejoramiento físico del perfil, lo cual puede lograrse con una estrategia denominada zanjas fértiles, ya implementada con resultados iniciales promisorios\*, pero que debe ser evaluado a través del tiempo para las recomendaciones prácticas necesarias

El presente trabajo se realizó en cumplimiento de los siguientes objetivos:

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar algunas de las propiedades físicas y el rendimiento de papa criolla amarilla (Solanum phureja) en dos lotes del corregimiento de Mapachico, sometidos a un proceso de recuperación física, mediante la estrategia de zanjas fértiles y abonos verdes, de manera individual e integrada.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Determinar la densidad aparente, densidad real, porosidad total, espacio aéreo, humedad volumétrica, y conductividad hidráulica en dos lotes en recuperación.
- ✓ Evaluar los componentes de rendimiento y la producción comercial de papa criolla amarilla.
- ✓ Realizar un análisis de costos de las alternativas propuestas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 GENERALIDADES DE DEGRADACIÓN DEL SUELO

En nuestro medio el modelo predominante de agricultura intensiva y productivista, ha traído consigo una alteración drástica de los recursos naturales que utiliza, y por ello, el suelo acusa problemas de degradación que comprometen su potencialidad. La erosión, la compactación, la salinización, la pérdida de la capa arable y por lo mismo la pérdida de la materia orgánica, así como el avance cada vez más fuerte de la desertización son pruebas irrefutables del fenómeno de degradación<sup>1</sup>.

Actualmente la puesta en práctica de sistemas de manejo más sustentables es imperativa para frenar la pérdida de tierras, suelos y biodiversidad. Las estadísticas sobre agricultura orgánica, labranza cero y agricultura de conservación muestran que cada vez más grupos de agricultores se están organizando, gestionando apoyos e incentivos a los gobiernos, y están manteniendo y recuperando gradualmente el recurso suelo. Por ejemplo, más de 58 millones de hectáreas de tierras, principalmente en América (45% en América latina), se encuentran bajo labranza cero<sup>2</sup>.

José Rubio menciona que :

Los principales procesos de degradación son los siguientes: Erosión hídrica, eólica, salinización y sodificación, contaminación, degradación de la estructura edáfica, formación de costras superficiales y subsuperficiales, disminución de la porosidad, mineralización (disminución en la cantidad y calidad de la materia orgánica) y disminución de las reservas hídricas del suelo<sup>3</sup>.

Los suelos que son cultivados permanentemente, sus agregados quedan expuestos a la fragmentación por rápido humedecimiento, impacto de la lluvia o impacto directo de los implementos de labranza. Durante este proceso se presenta pérdida de la materia orgánica, lo cual ocasiona una disminución del porcentaje de agregados estables del agua.

Tisdall y Oades, citados por García 1989, afirman que: “en los suelos que son cultivados permanentemente las labores de preparación deterioran las condiciones físicas así; como la

---

<sup>1</sup> BURBANO ORJUELA, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1989. p. 363.

<sup>2</sup> Organisation Alimentation Fod. Agricultura de conservación. [en línea]. Estados Unidos, 2003, [citado 17 de febrero]. Disponible en >URL : <http://www.fao.org>>

<sup>3</sup> RUBIO, José. Los suelos y el problema ambiental En: Revista de Occidente, Madrid, España. 1997. p 75.

estructura, aireación permeabilidad, resistencia a la penetración, retención de humedad, además de originar compactación y pie de arado en ciertos casos”<sup>4</sup>.

Rubio afirma que: “la utilización de zonas marginales para su transformación en cultivos crea con frecuencia situaciones de inestabilidad que se desencadenan cuando no se aplican las técnicas adecuadas de conservación o éstas se abandonan junto con el cultivo, cuando existen problemas de rentabilidad económica”<sup>5</sup>.

WCED, citado por Salamanca, indica que “es necesario aprender a controlar o manejar la degradación del suelo para garantizar ganancias productivas a largo plazo y asegurar la disponibilidad de alimentos para esta generación y las generaciones futuras”<sup>6</sup>.

Actualmente los productores, las agro empresas y las instituciones de investigación han reaccionado satisfactoriamente frente a los problemas de erosión, degradación y compactación del suelo. Por ello, están buscando nuevos y mejores sistemas de producción agrícola y ganadera de fácil adopción, que incluyen por ejemplo sistemas de labranza de conservación, labranzas cero y mínima (previo mejoramiento del suelo) y la integración de cultivos y pasturas en sistemas de producción agro pastoriles<sup>7</sup>.

## 2.2 LA EROSIÓN

“La erosión puede provocar cambios en las propiedades del suelo, que a largo plazo provocan una disminución de los rendimientos y finalmente el terreno se hace improductivo, con efectos muy notorios en un periodo de tiempo relativamente corto”<sup>8</sup>.

Primavesi afirma que:

La ignorancia de los factores que hacen a la productividad del suelo llevan a que esta se pierda rápidamente, de esta forma se busca hechar la culpa a factores como el clima, el cual tiene importancia cuando el suelo está físicamente decaído simplemente porque las raíces son confinadas a la capa superior, que está expuesta a un recalentamiento y resecamiento frecuente, además por el pequeño volumen de suelo explorado de todas maneras faltan

---

<sup>4</sup> GARCIA, Julio. Prevención de la degradación del suelo y su restauración. Madrid, España : *s.n.*, 1989. p. 75.

<sup>5</sup> RUBIO, Op.cit., p. 76.

<sup>6</sup> SALAMANCA, Alveiro. Influencia de las características físicas del suelo y de su interacción con las condiciones climáticas en el comportamiento y calidad *Desmodium heterocarpon* subsp. *Ovalifolium* (oashi) en tres regiones de Colombia. Palmira, Colombia, 2000, 173 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. p. 21.

<sup>7</sup> GAVIRIA MUÑOZ, Pedro y VILLAREAL MUÑOZ, Edwin. Efecto de zanjas fértiles y siembra de abono verde sobre propiedades físicas y productivas de dos suelos de baja fertilidad del municipio de Pasto. Pasto, 2003, 123p. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 28.

<sup>8</sup> PORTA, J; LOPEZ, M y ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid : Mundi-prensa, 1994. p. 512.

nutrientes, además muchas veces los fertilizantes aplicados permanecen intactos en el suelo compactado sin poder ser disueltos y absorbidos.

Además cuando las condiciones de la superficie del suelo son buenas es decir, grumosas y cuando está protegida de la intensidad de la lluvia la erosión será menor<sup>9</sup>.

## 2.3 MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

**2.3.1 La materia orgánica.** “La materia orgánica del suelo es un complejo sistema de sustancias, en un estado dinámico y permanente que se produce por la admisión de restos orgánicos en el mismo, principalmente de origen vegetal y en menor cantidad de origen animal, y en permanente transformación bajo la acción de factores biológicos, químicos y físicos”<sup>10</sup>.

Burbano, citado por Gaviria y Villarreal, menciona que :

Los componentes de la materia orgánica del suelo pueden clasificarse en dos grupos generales de sustancias no húmicas y húmicas. En el grupo de las sustancias no húmicas se incluyen los residuos inalterados de tejidos vegetales y animales. Tales sustancias tienen una constitución química perteneciente a grupos orgánicos conocidos como carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas y otras. En la categoría de sustancias húmicas se incluyen aquellas sustancias modificadas química y biológicamente que conservan muy poca o ninguna semejanza con los compuestos orgánicos conocidos<sup>11</sup>.

Por otra parte, La estabilidad de los agregados de los grumos del suelo depende de la microvida del suelo, y como no existe microvida heterótrofa sin materia orgánica, esta es indispensable para el mantenimiento de los grumos.

Para formar grumos estables a la acción del agua se necesita materia orgánica y micro organismos, estos en la descomposición de material celulósico, producen una jalea bacteriana los ácidos poliurónicos, que pegan los agregados formando grumos. Para la formación de grumos se necesita encontrar agregados primarios formados por atracción electro química de los cuales pueden formarse agregados mayores por la acción de grupos carboxílicos donde los grumos orgánicos provenientes de la humificación de materia orgánica sirven

---

<sup>9</sup> PRIMAVERSI, Ana. Manejo ecológico del suelo. 5ª ed. Buenos aires: El Ateneo, 1989. p. 212.

<sup>10</sup> GUERRERO HIDALGO, Olga y MUÑOZ FERNÁNDEZ, María. Evaluación de abonos orgánicos en la producción de arveja (*Pisum sativum*, L.) en la zona cafetera de Piendamó, Cauca. Pasto, 1994, 58p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 36.

<sup>11</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 35.

como puentes entre los otros agregados formando un complejo arcillo humoso de difícil descomposición<sup>12</sup>.

“Los residuos de cosechas representan el grupo de partes del vegetal no consumible por el hombre, como hojas, tallos, raíces y otros órganos aéreos o subterráneos. Tales residuos no deben considerarse desdeñables, puesto que representan una aportación al año de 500 a 800 kg/ha de humus”<sup>13</sup>.

▪ **Importancia de la materia orgánica.** Según Burbano:

La importancia de la materia orgánica se ha reconocido por el hombre desde hace varios milenios, de ahí que la preocupación por su mantenimiento y conservación haya sido una constante, dentro de las labores agrícolas de muchas civilizaciones. Sin embargo dada su complejidad hasta el presente no se conoce en forma cabal, las características y propiedades de este conjunto de productos que generalmente se conoce como materia orgánica<sup>14</sup>.

“La acción de la materia orgánica puede ser directa o indirecta, se considera por lo tanto, que el humus puede actuar directamente sobre la producción de los cultivos, aporta a las plantas a través de la descomposición biológica, nitrógeno, azufre y fósforo en formas asequibles”<sup>15</sup>.

Urbina y Rodríguez<sup>16</sup> han hecho señalamientos importantes acerca del uso de estiércoles como mejoradores de las propiedades físicas del suelo, disminuyendo los valores de densidad aparente e incrementa la capacidad de retención de agua, la conductividad hidráulica y la porosidad.

Además, todas las plantas requieren y dependen de la existencia de materia orgánica en el suelo. La materia orgánica que se le agrega, se transforma por vía biológica en humus. El humus mejora las propiedades del suelo (absorción-infiltración, adherencia, permeabilidad, etc.), las químicas (disponibilidad de nutrientes) y las biológicas pues en el suelo habitan organismos animales y vegetales cuya vida se incentiva con la presencia de materia orgánica.

---

<sup>12</sup> PRIMAVERSSI, Op.cit., p. 192.

<sup>13</sup> ACOSTA, Misael. La tierra agrícola: nuestro recurso básico. Quito, Ecuador : Publicaciones Científicas MAS, 1986. p. 196.

<sup>14</sup> BURBANO, Op.cit., p. 287.

<sup>15</sup> DONAHUE, R.; MILLER, R. y SCHICKLUNA, J. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Bogotá: Prentice-Hall Internacional, 1981.p. 94.

<sup>16</sup> URBINA, Camilo y RODRIGUEZ, Oscar. Efecto de dos abonos orgánicos en el control de la erosión y mejoramiento físico y químico del suelo. En: Revista de la Facultad de Agronomía U.C.V. Alcance No 47, Venezuela, 1995. p. 65.

Menciona que la materia orgánica facilita el desarrollo de las raíces, al afectar la entrada de sustancias nutritivas en el organismo vegetal, en su respiración, metabolismo y en definitiva en una numerosa serie de fenómenos relacionados con incremento de las cosechas<sup>17</sup>.

Van der Watt, and Claasens citados por Arias, afirman que: “la materia orgánica es uno de los mas importantes agentes estabilizantes de los agregados en el suelo, sin embargo su efecto positivo estabilizador es mas pronunciado en suelos arenosos”<sup>18</sup>.

Arias<sup>19</sup>, al estudiar la susceptibilidad de algunos suelos alicos de Colombia reporta que el efecto de la materia orgánica sobre la estabilidad estructural fueron mas evidentes en suelos con mayores contenidos de arena y limos siempre que el contenido de humus fue superior al 4% y reporta que en suelos del CIAT, los cuales eran arcillosos y con concentraciones superiores a 5% de humus no la aplicación de materia orgánica no contrarresto la inestabilidad física como se esperaba.

▪ **Importancia del humus.** Morales y García, citados por Gaviria y Villarreal afirman que:

Las sustancias húmicas, principales componentes del humus del suelo y de la materia orgánica, se emplean en muchos países del mundo, inclusive en Colombia, para mejorar los suelos y el rendimiento de las cosechas. Además se conoce de varias investigaciones a nivel mundial que ponen de manifiesto que los humatos solubles, ciertas vitaminas, algunos ácidos del ciclo de Krebs y los polifenoles, todos ellos componentes del humus del suelo y de abonos orgánicos, tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas<sup>20</sup>.

En la actualidad, anualmente se transforman cantidades apreciables de humus del suelo debido a varios procesos físicos y químicos, ocasionando al menos temporalmente carencia de materia orgánica disponible.

## 2.4 PRACTICAS DE MANEJO DE SUELOS

El manejo y conservación de suelos de ladera se puede hacer mediante el uso de tecnología de bajo impacto ambiental que incluye técnicas como el cultivo en franjas, rotación de cultivos, tutorados, labranza reducida, manejo integrado

---

<sup>17</sup> KONONOVA, M. Materia orgánica del suelo. Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona : Oikos-Tau, 1982. p. 154, 156.

<sup>18</sup> ARIAS, M., MADERO, E. Algunas características agronómicas de la papunga y su influencia como cobertura sobre ciertas propiedades físicas de un suelo en condiciones semicontroladas. *En* : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol. 30, no. 1 (2000); p. 221.

<sup>19</sup> *Ibid.*, p. 224.

<sup>20</sup> GAVIRIA, *Op.cit.*, p. 38.

de plagas, enfermedades y malezas, uso de abonos biológicos y orgánicos, reciclaje de desechos, uso de coberturas vivas y muertas<sup>21</sup>.

García menciona que :

Las posibilidades de restauración del suelo por efecto de la erosión se pueden agrupar en modificaciones del propio suelo, principalmente mediante enmiendas orgánicas y químicas y mediante su configuración, tales como terrazado, curvas de nivel, manejo de la vegetación con plantación de cubiertas vegetales, pastos y aprovechamiento, manejo y control de agua mediante regadíos o drenajes<sup>22</sup>

Para corregir esto, se realizaron practicas de conservación de suelos, en parcelas demostrativas, con la incorporación de abonos verdes, y la diversificación de cultivos, con el objetivo de seguridad alimentaria y recuperación a mediano y largo plazo de suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas. También se destaca la participación y la autogestión por parte de las comunidades. Además de sembraron cultivos en curvas de nivel, acequias ladera, barreras vivas, terrazas banco, terrazas de banco angosto, y agroforesteria

#### **2.4.1 Abonos verdes.**

Los cultivos que se utilizan como abonos verdes son aquellos que se incorporan en el suelo a fin de mejorarlo, generalmente estos cultivos se mezclan con el suelo cuando aun están verdes y por eso su denominación. El abono verde es la siembra de un cultivo hecha a propósito para incorporarse al terreno durante la época de la floración, porque en ese momento es mayor la riqueza nutritiva de los tejidos. Además durante esa etapa las plantas alcanzan su máximo desarrollo y tienen un alto contenido de agua que facilita una rápida descomposición<sup>23</sup>.

“Además, cuando los abonos verdes se utilizan adecuadamente pueden incrementar la materia orgánica o las reservas de nitrógeno utilizable del suelo, pero rara vez suelen tener ambos efectos al mismo tiempo”<sup>24</sup>.

Al respecto, algunas leguminosas constituyen el mejor abono verde, ya que además de la adición de materia orgánica al ser incorporadas al terreno, se

---

<sup>21</sup> GOMEZ, Arnold y GARCIA, Bernardo. Manejo y conservación de suelos de ladera. Boletín Técnico No 1. San Juan de pasto: CORPOICA, C.I. Obonuco, Septiembre, 1998. p. 4.

<sup>22</sup> GARCIA, Op.cit., p. 17.

<sup>23</sup> ACOSTA, Op.ct., p. 194.

<sup>24</sup> BURBANO, Op.cit., p. 384.

aprovecha su peculiaridad de enriquecer los suelos al fijarse el nitrógeno atmosférico en los nódulos radiculares de estas plantas por la intervención de algunas especies de bacterias simbióticas<sup>25</sup>.

- **Beneficio de los abonos verdes.** “Son múltiples los beneficios físicos, químicos y biológicos de los abonos verdes en los suelos, contribuyendo a disminuir la incidencia de malezas, enfermedades y plagas”<sup>26</sup> (Kahnt, 1989, 122).

De acuerdo con Sañudo, Checa y Arteaga:

La incorporación de avena forrajera (avena sativa L) previa a la siembra de arveja en suelos de escasa fertilidad, disminuye la incidencia del amarillamiento por (*Fusarium oxysporum*, f. sp. Pisi). El efecto positivo del abono verde llega a ser mayor cuando se hace el encalamiento y la adición de un caldo microbial, con la primera práctica se aporta los cationes calcio, magnesio, mejorando las perspectivas nutricionales<sup>27</sup>.

- **Principales especies utilizadas como abonos verdes.** De acuerdo con Burbano :

Las leguminosas resultan ser la más apropiadas dadas su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico a favor de los siguientes cultivos: Se utilizan especies como la alfalfa (*Medicago sativa*), el lupino (*Lupinus* sp.), el trébol rojo (*Trifolium pratense*), los tréboles dulces (*Melilotus* sp.), el frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum*), el Kudzu (*Pueraria javanica*), la canavalia (*Canavalia ensiformis* (L) D.C), la crotalaria (*Crotalaria juncea* L) el Guandul (*Cajanus cajan* (L) Milss).

Las gramíneas se siembran casi siempre para abono verde en asociación con leguminosas, lo cual permite obtener una masa de vegetación mayor que con las leguminosas solas quedando por tanto, mejor ocupado el terreno. Se emplean especies como el centeno (*Secale cereale*), la cebada (*Hordeum sativum*), la avena (*Avena sativa*), el pasto gordura (*Melinis minutiflora*)<sup>28</sup>.

También las crucíferas tienen un desarrollo muy rápido y proporcionan un buen abono verde cuando se dispone de poco tiempo. Son capaces de utilizar las reservas minerales mejor que la mayor parte de las plantas por la extensión de su sistema radicular y por acumular importantes cantidades de elementos en

---

<sup>25</sup> TORRES, E. Manual de conservación de suelos. México : DIANA, 1982. p.111.

<sup>26</sup> KAHNT, G. Abono verde. Montevideo, Uruguay : Agropecuaria Hemisferio Sur, 1989. p. 122.

<sup>27</sup> SAÑUDO, Benjamin; CHECA CORAL, Oscar y ARTEAGA, Germán. Perspectivas para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. Pasto-Colombia. CORPOTRIGO, UNDENAR, UNIGRAF, 2001.

<sup>28</sup> BURBANO, Op.cit., p. 243.

su parte aérea. Como especies utilizadas están la colza (*Brassica napus*), el rábano forrajero (*Raphanus raphanistrum*)<sup>29</sup>.

▪ **Desventajas del abono verde.** Primavessi afirma que: “el abono verde no enriquece al suelo en materia orgánica pero aumenta la suma de bases y beneficia la cosecha, que su efecto constituye el suministro de nitrógeno orgánico y sustancias de crecimiento. que tienen gran efecto en caña, papa y poroto”<sup>30</sup>.

“Además el abono verde no mejora la bioestructura del suelo o lo hace por poco tiempo, pero si contribuye al empobrecimiento del suelo en humus”<sup>31</sup>.

Casas, afirma que: “el efecto de abono verde con mungo (*Phaseolus aureus*) fertilizado tendió a incrementar la materia orgánica para el ciclo siguiente y los nutrientes catiónicos pero a disminuir los orgánicos (P,S,B) y el K cuando se incorporo el mungo sin fertilizar”<sup>32</sup>.

## 2.5 TRABAJOS CON ABONOS VERDES

Casas realizó investigaciones sobre el efecto de *Crotalaria juncea* (*Crotalaria*) y *Phaseolus aureus* (mungo), que fueron fertilizados con parte del fertilizante requerido por el cultivo siguiente, este concluye que: “la fertilización de los abonos verdes no aumento significativamente la biomasa pero si mejoró su calidad en aportes de nutrientes e indujo la obtención de rendimientos adicionales en grano de sorgo y arroz entre 0.7-0,8 ton ha con la fertilización fosfórica y con boro para la crotalaria usada como abono verde y tendió a mejorar la fertilidad de los suelos”<sup>33</sup>.

Chagas y Andrade citados por Casas afirma que: “en Brasil y otros países se ha encontrado respuesta positiva de la crotalaria a la fertilización con fósforo y otros elementos, aumentando su biomasa y producción de semillas e incrementando la eficiencia de ellos en el cultivo siguiente”<sup>34</sup>.

Muñoz, citado por García y Dúran<sup>35</sup> en experimentos a largo plazo y con la utilización

---

<sup>29</sup> Ibid., p. 343.

<sup>30</sup> PRIMAVESSI, Op.cit., p. 115.

<sup>31</sup> Ibid., p. 116.

<sup>32</sup> CASAS, Alberto. Efecto de la fertilización en dos abonos verdes y su incidencia en los suelos y en los rendimientos del cultivo siguiente. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. vol.30, No. 2 (2000); p. 119.

<sup>33</sup> Ibid., p. 117.

<sup>34</sup> Ibid., p. 54.

<sup>35</sup> GARCIA, J. y DURAN, R. Evaluación de sistemas de labranza sobre la producción de cultivos en suelos aldoneros del valle del Cesar. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol. 30, No. 1 (2000); p. 76.

continuada de abonos orgánicos pudo establecer que las propiedades químicas del suelo varían considerablemente en relación a su estado original.

El mejoramiento de la fertilidad de los suelos con el uso del abono verde puede incidir en un mayor vigor de las plantas de arveja, mejorándose las características productivas, además de que las condiciones que influyen particularmente en las poblaciones microbiales heterótrofas llevan a que las plantas no sean afectadas por él patógeno o hayan infecciones tardías que no reducen significativamente el rendimiento<sup>36</sup>.

García<sup>37</sup> junto con otros investigadores, evaluando alternativas agronómicas para la recuperación de suelos algodoneros en el valle del Cesar encontraron como efecto de la labranza profunda (con cincel rígido) mejoras en las condiciones del suelo adversas para el crecimiento de las plantas. Además de esto complementando esta labranza con rotación e incorporación del abono verde y aplicación del material orgánico se logró mejorar aun más las condiciones del suelo disminuyendo la densidad aparente especialmente a nivel superficial (0-20 cm.), la porosidad también logró aumentarse lo mismo que el contenido de materia orgánica.

De igual forma encontraron aumentos en la producción del cultivo del algodón utilizando la rotación del cultivo con el abono verde y/o incorporación del material orgánico.

## 2.6 ZANJAS FÉRTILES

Sañudo, Checa y Arteaga, mencionan que :

Las zanjás fértiles es una práctica mecánica por medio de la cual se pretende restituir la capacidad productiva de los suelos que han sido abandonados para labores agropecuarias. Mediante la apertura de surcos a un metro de distancia, inicialmente con uno o dos pases de arado de vertedera de tracción animal, para posteriormente hacer zanjás de 0,30 m de ancho y 0,30 m de profundidad, las cuales se rellenan con una capa densa de residuos de cosecha como tamo de trigo, caña de maíz picada, tamo de avena etc, remojándolos con bioabono para zanjás fértiles, sin filtrar y mezclándolo con agua en proporción 2:2; finalmente, los residuos se cubren con el suelo extraído<sup>38</sup>.

La inclusión de tamo en las zanjás y tamo mas caldo microbial además de la remoción de suelo como tal logra posiblemente aumentar la actividad de la

---

<sup>36</sup> SAÑUDO, Benjamín. CHAVEZ, Guillermo y VALLEJO, Walter. Empleo de la avena forrajera como abono verde para disminuir la incidencia del amarillamiento de la arveja (*Fusarium oxysporum* f. sp. Pisi.). En : Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Vol. 18, No 2(2001); p. 76.

<sup>37</sup> GARCIA, J. AÁRON M, MAESTRE M y BLANCO J. Alternativas agronómicas para la recuperación de suelos de algodoneros degradados en el valle del Cesar. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. s.l., Vol. 30 No. 1 (2000); p. 86.

<sup>38</sup> SAÑUDO, CHECA y ARTEAGA, Op.cit., p. 30.

biota del suelo que es mayor cuando los residuos se enriquecen con caldo microbial, puesto que se favorece la micro biota heterótrofa decisiva en los procesos de transformación lo cual contribuye con la mineralización de la materia orgánica.

En general cuando se remueve el suelo dentro de la modalidad de zanjias se presenta una mejor respuesta del cultivo que cuando no se hizo ninguna labor de remoción dentro de estos suelos con alto grado de degradación<sup>39</sup>.

Gaviria y Villarreal<sup>40</sup>, en un estudio realizado para determinar el efecto de las practicas de zanjias fértiles y siembra de abono verde sobre las propiedades físicas y productivas de dos suelos de baja fertilidad encontraron que el tratamiento con zanjias fértiles y abono verde produjo un efecto mayor que el testigo sobre las condiciones físicas del suelo al disminuir la resistencia a la penetración con 3.33 Mpa lote1 y 3.34 Mpa lote 2, la densidad aparente y aumentar la porosidad total, además del contenido de materia orgánica.

Además las características de crecimiento y producción de avena fueron mayores en el tratamiento con zanjias fértiles y abono verde por el efecto positivo que estas prácticas proporcionaron al suelo mejorando las condiciones físicas que favorecen el desarrollo de las plantas.

García y Duran, afirman que estudios preliminares muestran que: “con cambios efectuados en la labores tradicionales de preparación de suelos y usando prácticas agronómicas apropiadas (zanjias fértiles), solas o combinadas es posible mejorar las condiciones adversas de los suelos e incrementar positivamente los rendimientos”<sup>41</sup>.

Castro y Amezquita citados por García y Duran<sup>42</sup> encontraron que con el uso de labranza profunda en suelos con limitaciones físicas se presentó disminución en la densidad aparente, aumentos en porcentaje de porosidad total almacenamiento de humedad y espaciamento aéreo con relación al uso de labranza convencional.

## **2.7 ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS**

**2.7.1 Importancia de las propiedades físicas del suelo.** “Las propiedades físicas de los suelos, no solamente son importantes para caracterizar, identificar, y clasificar los suelos,

---

<sup>39</sup> SAÑUDO, Benjamín; RUIZ, Hugo y LEGARDA, Lucio. Las zanjias fértiles una alternativa de suelos degradados en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Vol. 18, No 2(2001); p 217.

<sup>40</sup> GAVIRIA, Op.cit ., p. 101.

<sup>41</sup> GARCIA y DURAN, Op.cit., p. 59.

<sup>42</sup> Ibid., p. 60.

sino que están estrechamente relacionados con su productividad”<sup>43</sup>; además, “las propiedades físicas del suelo son de gran importancia ya que tienen infinidad de proyecciones en relación a su uso y manejo. Explicaciones de respuesta a fertilización, diseño, riego y drenaje, construcciones prácticas de manejo de suelos, control de erosión, conservación de suelos, manejo de cuencas hidrográficas”<sup>44</sup>.

Entre las propiedades físicas del suelo se cuenta con:

- **Densidad aparente y real.**

La densidad real ( $D_r$ ) es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen ocupado por los sólidos, tiene un valor promedio de 2,65 g/cc.

La densidad aparente ( $D_a$ ) es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total (con espacio poroso) ocupado por el suelo. Sus valores en suelos agrícolas pueden variar entre 0,7 g/cc y 1,3 g/cc. La materia orgánica del suelo al ayudar a mantener un buen espacio poroso hace que la densidad aparente se mantenga baja<sup>45</sup>.

Montenegro afirma que :

La densidad aparente y real a pesar de verse afectada por las labores agrícolas en algunos horizontes A, permite demostrar los factores que las determinan, a saber: contenidos de materiales orgánicos, textura y origen del suelo, especialmente referido a sus materiales (orgánicos, piroclásticos, arcillosos, etc.). La densidad aparente de los suelos orgánicos al igual que otras características físicas son muy diferentes a la de los suelos minerales<sup>46</sup>

Montenegro y Malagon manifiestan que: “La densidad aparente es afectada por el contenido de materia orgánica, especialmente en zonas de bajo efecto de cenizas volcánicas donde los materiales alofanicos afectan el grado de desarrollo estructural alcanzado. Los valores mas bajos de densidad aparente se obtienen en suelos orgánicos, presentándose valores muy inferiores a 1 g/cc”<sup>47</sup>.

---

<sup>43</sup> LEGARDA, Lucio. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. En : Curso sobre diagnostico-fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto : s.n., 1988. p. 79.

<sup>44</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 33.

<sup>45</sup> BURBANO, Op.cit., p. 7

<sup>46</sup> MONTENEGRO, Hugo. Interpretación de las propiedades físicas del suelo, textura, estructura, densidad, aireación, etc. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá. Colombia : SCCS, 1990. p 119.

<sup>47</sup> MONTENEGRO, G. y MALAGON. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá. Colombia : IGAC. 1990. p. 381.

Por otra parte, Méndez y Navas, indican que: “suelos de baja densidad aparente, por lo general son resistentes a la erosión hídrica, debido a que poseen alta capacidad de infiltración lo cual disminuye el riesgo de la escorrentía. Por otra parte facilita el intercambio gaseoso y estimula el desarrollo vegetativo”<sup>48</sup>.

Ferreira citado por Primavessi afirma que “con el aumento de la densidad aparente del suelo la raíz encuentra dificultades para la penetración, a partir de 1.2g/cc y que esto se refleja en el desarrollo de las plantas de cacao en este caso”<sup>49</sup>.

Primavessi, señala que: “en suelos secos una densidad aparente de 1.2-1.54 g/cc ya puede constituir una barrera sería, mientras que a partir de 1.6g/cc la mayoría de las raíces se desvía, afirma que en suelos vírgenes el enraizamiento es profundo debido a la menor densidad aparente del suelo”<sup>50</sup>.

▪ **Porosidad del suelo.** Legarda afirma que:

La porosidad es el volumen de suelo que no está ocupado por partículas sólidas y que está ocupado por aire y/o agua. La importancia de la porosidad radica en el hecho de que el aire y el agua que ocupa dicho espacio es fundamental para el desarrollo de las plantas, y por tanto para la producción del cultivo.

De igual manera, la porosidad esta íntimamente relacionada con la agregación, con la estructura de los suelos. De la porosidad dependerán importantes propiedades y procesos físicos en los suelos como la retención y el movimiento de agua, la aireación y la transferencia de oxígeno en el medio radical y la facilidad con que las raíces pueden penetrar el suelo<sup>51</sup>.

Rodríguez, afirma que: “la porosidad del suelo y por supuesto su componente de macro y microporos, esta relacionada con la génesis y el manejo dado al suelo”<sup>52</sup>. “De igual manera La intensidad de operaciones de labranza tienden a la deformación del arreglo de los poros del suelo y en consecuencia afecta la densidad aparente”<sup>53</sup>.

“Aproximadamente la mitad del volumen del suelo esta representado por el espacio poroso lleno de aire y agua, ambos esenciales para la vida. La cantidad de espacio poroso esta en

---

<sup>48</sup> MENDEZ, H. y NAVAS, S. Caracterización de retención de humedad de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del departamento de Nariño. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. *s.n.*, Vol. 12, no. 1 (1982); p. 146.

<sup>49</sup> PRIMAVESSI, *Op.cit.*, p. 40.

<sup>50</sup> *Ibid.*, p. 40.

<sup>51</sup> LEGARDA, Las propiedades físicas y la productividad del suelo. *Op.cit.*, p. 86.

<sup>52</sup> RODRIGUEZ, M. Influencia de la reducción de los operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Bogotá : ICA, 1984. 142p.

<sup>53</sup> MONTENEGRO y MALAGON, *Op.cit.*, p. 253.

función de la estructura, el contenido de materia orgánica y la textura. Los poros del suelo según su tamaño se clasifican en macroporos, mesoporos y microporos”<sup>54</sup>.

Primavessi, afirma que: “la pérdida de macroporos y el aumento de microporos evidencian la compactación del suelo que ya no es grumoso y paso a hacer compacto. En la medida que se reduce el porcentaje de macroporos, predominan los microporos y consecuentemente faltará agua, aire y la posibilidad de penetración radicular”<sup>55</sup>.

Hoyos menciona que: “en los suelos de la altillanura ondulada colombiana la menor porosidad total fue consecuencia de la mayor densidad aparente que muestran los suelos mas arenosos”<sup>56</sup>.

▪ **Conductividad hidráulica.** “La conductividad hidráulica es una propiedad física importante en el diseño de sistemas de drenajes del suelo y expresa la habilidad del suelo saturado de permitir el paso del agua. La variabilidad de la conductividad hidráulica fluctúa en rangos bastante amplios, desde 0,60 cm/h y 0,16 cm/h para los suelos del municipio de Pasto”<sup>57</sup>.

Legarda, manifiesta que la textura es uno de los principales factores que determinan la permeabilidad del suelo y Grassi<sup>1</sup>, citado por Legarda, menciona otros factores que afectan la permeabilidad entre ellos la interacción del agua con el medio poroso, obturación de poros (por aire atrapado y destrucción de agregados) microorganismos (su multiplicación y consiguiente descomposición de materia orgánica puede obturarlos)rajaduras y cavidades resultante de la actividad de lombrices y descomposición de raíces. Heterogeneidad del medio poroso (variaciones en las características físicas de distintos estratos conduce a diferencias de la permeabilidad).

Además, el conocimiento de la velocidad de infiltración del agua en un suelo es importante para muchos estudios relacionados con el riego entre ellos el tiempo que el agua puede estar sobre la superficie del suelo (tiempo de riego), para que se infiltre una determinada lamina de agua sin causar erosión.

---

<sup>54</sup> BURBANO, Op.cit., p. 6.

<sup>55</sup> PRIMAVESSI, Op.cit., p. 186.

<sup>56</sup> HOYOS, F. Evaluación de alternativas agronómicas para la recuperación de suelos de la altillanura Colombiana. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. *s.l.* Vol. 30 no. 1 (2000); p. 58.

<sup>57</sup> LEGARDA. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. Op.cit., p. 89.

El mismo autor puntualiza que la resistencia al movimiento del agua aumenta considerablemente con la destrucción de la estructura y la segregación de las partículas, así como también por el apisonamiento de la superficie del suelo<sup>58</sup>.

Lujan menciona que: “el sistema radicular de la planta de papa es frondoso y débil, por lo cual las raíces son sensibles a la falta de agua y ultra sensibles a su exceso. los suelos sueltos y bien drenados facilitan el buen desarrollo de las raíces y por consiguiente una cuidadosa y oportuna preparación del terreno contribuyen a los máximos rendimientos”<sup>59</sup>.

Primavessi, citado por Hoyos, arguye que: “la capacidad de infiltración de un suelo es una propiedad que puede cambiar con varios factores entre ellos: estructura humedad inicial, textura permeabilidad continuidad del espacio poroso y homogeneidad del perfil, además de pendiente, cobertura vegetal y el tipo de manejo del suelo tiene gran influencia”<sup>60</sup>.

CIAT, citado por Hoyos informa que: “la incorporación de seis toneladas por año de residuos lignificados de cosecha previamente guadañados en sistemas rotativos de arroz-pastos ha incrementado la infiltración de 13mm/hora a 130 mm/hora en suelos de la Altillanura”<sup>61</sup>.

Hoyos señala que: “la mayor infiltración de la Altillanura ondulada estuvo asociada a mayores porcentajes de arena de 69.5%, lo cual corrobora que porcentajes de arena mayores al 60% muestran alta infiltración. Además que la incorporación de residuos lignificados en rotación de cultivos en suelos franco arcillosos se logran incrementos importantes en la infiltración”<sup>62</sup>.

También, el mismo autor, señala que en suelos arenosos con alta infiltración se debe enfocar el mejoramiento con una incorporación mas profunda con abonos verdes para establecer cultivos permanentes de raíces profundas para aprovechar eficientemente la captación de agua de estos suelo y mejorar su estabilidad estructural.

De igual manera, el manejo sostenible del suelo debe enfocarse hacia el mantenimiento y balance de un espacio poroso suficiente que permita una buena suplencia de oxígeno y agua para las raíces de acuerdo a los requerimientos de los cultivos. En este sentido el manejo de residuos de cosecha y de incorporación de abonos verdes, su adecuada incorporación y el desarrollo de coberturas rápidas y densas en la superficie juegan un papel clave en la salud del suelo.

---

<sup>58</sup> LEGARDA, Lucio. Técnicas de aplicación de riego agrícola. Pasto, Nariño : Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 2002. p. 35, 44.

<sup>59</sup> LUJAN, L. Morfología, estructura y fisiología de la planta de papa. En : Curso de actualización de conocimientos en el cultivo de la papa. Bogotá : FEDEPAPA, 1991. p. 3.

<sup>60</sup> HOYOS, Op.cit., p. 56.

<sup>61</sup> Ibid., p. 62.

<sup>62</sup> Ibid., p. 57.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente trabajo se realizó en el corregimiento de Mapachico municipio de Pasto, ubicado a 7 Km. de la ciudad de Pasto, situado a una altura de 2710 msnm, con una temperatura de 13°C y una precipitación entre 500-1000 mm, en dos suelos los cuales fueron sometidos a labores de recuperación de suelos por un periodo aproximado de cuatro años.

Los suelos al inicio del trabajo fue descrito por Gaviria y Villarreal, así:

Lote uno como horizonte superior color negro con profundidad efectiva menor de 10cm y un horizonte interno constituido por un material consolidado, compacto, impermeable, de grado textural franco arcilloso. El lote dos presentaba dos horizontes el primero con menos de cinco (5) cm. con sustrato grisáceo suelto, mientras que el horizonte interno estaba compuesto por un material suelto arenoso y pedregoso, de grado textural franco arcillo arenoso<sup>63</sup>.

Estos autores trabajaron por medio de la apertura de zanjas fértiles en el suelo a 40 cm de profundidad, en las cuales se incorporó tamo de trigo rociado con caldo microbial (bioabono) posteriormente cubiertas con tierra, sobre las zanjas fértiles se establecieron cultivos de avena en el tratamiento zanja fértil, en el tratamiento zanja fértil abono verde avena se sembró chocho (*Lupinus mutabilis*) que fue incorporado como abono verde y posteriormente avena.

Además se prepararon parcelas en las cuales se estableció el cultivo de chocho para su incorporación como abono verde (tratamiento abono verde), se estableció un tratamiento testigo el cual consistió de la siembra de avena para incorporación y un testigo absoluto en el cual no se desarrollo ninguna práctica de conservación.

Sobre el suelo modificado resultante de estas prácticas Gaviria y Villarreal realizaron evaluación de algunas propiedades físicas del suelo, como densidad real y aparente, porosidad total y distribución de poros, humedad volumétrica del suelo y resistencia a la penetración.

En el tiempo transcurrido entre el final de la evaluación de propiedades del suelo realizada por Gaviria y Villarreal, no se han establecido tratamientos o labores similares tendientes a incorporar materia orgánica al suelo.

---

<sup>63</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 48.

### **3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL**

El trabajo se realizó bajo un diseño de bloques al azar con arreglo combinado localidades por tratamiento con dos localidades que correspondieron a dos lotes, y cinco parcelas pequeñas, con tres repeticiones o bloques, de acuerdo con la distribución utilizada en el anterior trabajo realizado por Gaviria y Villarreal<sup>64</sup>.

El presente trabajo corresponde a un seguimiento a estos tratamientos para evaluar su efecto sobre algunas propiedades físicas del suelo y su incidencia en el rendimiento de papa criolla.

T1: Zanjas fértiles-avena.

T2: Zanjas fértiles-abono verde-avena.

T3: Abono verde-avena.

T4: Avena (Testigo).

T5: Testigo absoluto sin incorporación de abono verde.

### **3.2 ÁREA EXPERIMENTAL**

Se trabajó dos lotes cada uno con una dimensión de 19,5 m x 40,0 m, en los cuales se trazó tres bloques de 5,0 m x 39,0 m, separados por calles de 1,50 m. En cada bloque se ubicaron cinco parcelas de 5,0 m x 7,0 m, separadas por calles de 1,0 m, siguiendo la misma distribución utilizada por Gaviria y Villarreal<sup>65</sup> en el año 1999.

En cada parcela se establecieron seis surcos a 1 m, de distancia y de 7 m de longitud para sembrar por surco, 24 tubérculos de papa criolla amarilla con un tubérculo de aproximadamente 40 g por sitio para un total de 144 por parcela ( ver Figura 1).

### **3.3 SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN**

Se sembró un tubérculo por sitio a una profundidad de 0,20 m y a las distancias de siembra de 0,3 metros entre plantas.

---

<sup>64</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 69, 74, 84.

<sup>65</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 50.

\* Entrevista con Luis Felipe Alvarado, Ingeniero Agrónomo. Msc. San Juan de Pasto, 10 de diciembre del 2003.

Se aplicó fertilizante 15-15-15 en forma manual fraccionada entre el momento de la siembra y al aporque en dosis de 23 g por sitio por aplicación; para un total de cuatro bultos por lote; lo cual equivale a 1533 kg/ha del fertilizante\*.

### 3.4 LABORES CULTURALES

**3.4.1 Control de malezas.** Se realizó dos desyerbas con azadón al primer aporque a los cuarenta y cinco días, y con el segundo aporque a los noventa días cuando inicia el proceso de tuberización.

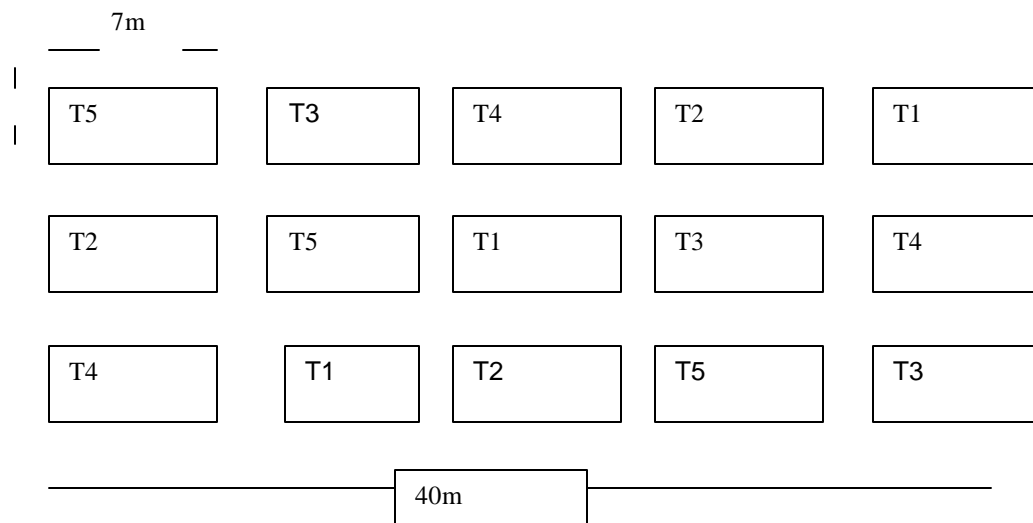
**3.4.2 Control de plagas y enfermedades.** Se realizaron tres aplicaciones de Carbofuran (Furadan) granulado en dosis de 33 kg/ha para el control de gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache). Las épocas de aplicación fueron las siguientes: al momento de la siembra, y en el primer y segundo aporque.

Para el control del minador de la hoja (*Liryomiza huidobrensis*), como para el control de Epytris se aplicó Dimetoato (Roxión) en dosis de 25cc/bomba de 20 litros, y de acuerdo a la incidencia de la plaga se hicieron tres aplicaciones.

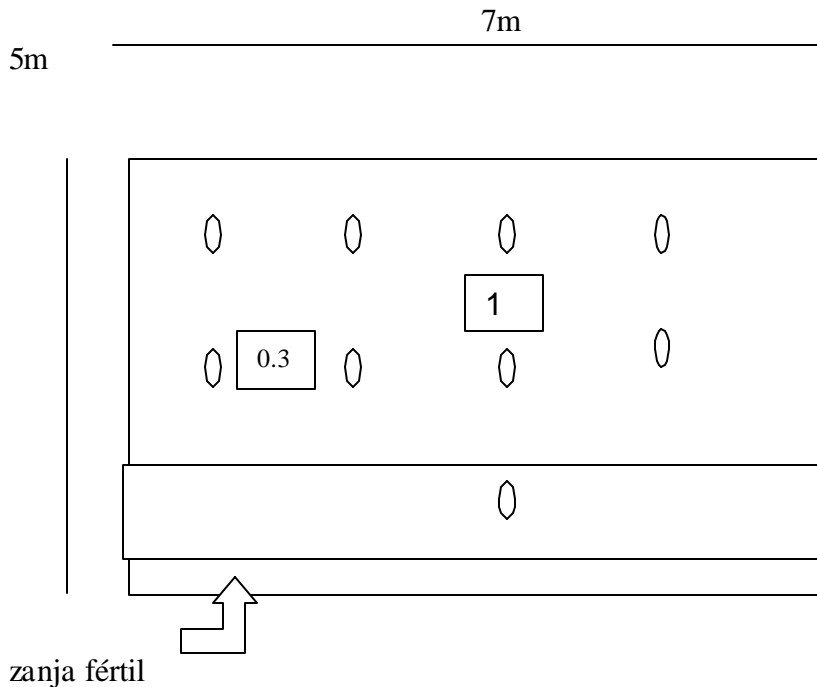
El control preventivo de la gota de la papa (*Phytophthora infestans*) se hizo con cuatro aplicaciones de Dimetomorf (Forum) en dosis de 12gr/bomba de 20 litros al follaje rotándolo con Ofurace (Grolan) en dosis de 40 g/bomba.

El control preventivo para polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) se hizo la aplicación de clorpiricol (clorpirifos), en dosis de 40cc/bomba de 20e litros, al tercio medio de la planta en el aporque y en la floración.

**Figura 1. Plano de campo.**



**Figura 2. Distribución de las plantas en la parcela.**



### **3.5 VARIABLES EVALUADAS**

#### **3.5.1. Evaluación componentes de producción de la papa.**

**Número de tubérculos de papa gruesa y delgada.** En la época de cosecha se extrajeron 20 plantas de los surcos centrales para evaluar el número y peso de tubérculos de primera mayor de 40 g, y de segunda menor de 40 g obteniendo los promedios por planta\*.

**Kilogramos de papa gruesa y delgada por planta.** De cada una las veinte plantas extraídas anteriormente se tomó el peso de los tubérculos clasificados como papa gruesa y delgada para obtener el promedio del rendimiento por planta.

**Rendimiento total por parcela.** Se hizo la cosecha de las plantas de los cuatro surcos centrales, descartando las plantas externas, lo cual correspondió a un área útil de 26,40 m<sup>2</sup> (6,60 m X 4 m). Se seleccionaron los tubérculos comerciales y se hizo el pesaje para obtener los rendimientos en toneladas por hectárea.

### **3.6 EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

Para realizar la evaluación de las propiedades físicas del suelo se tomó dos muestras de suelo a dos profundidades profundidad A entre 0- 10 y profundidad B entre 10-20 cm, de cada parcela en los dos lotes, las cuales fueron llevadas al laboratorio para realizar las determinaciones correspondientes, en una sola oportunidad en el mes de enero de 2003 al

inicio del cultivo para evaluar las condiciones que presentaba el suelo por efecto de los tratamientos a los cuales se les hace seguimiento .

Para la evaluación de la densidad real, solo se hizo una recolección de muestra de suelo a 10 cm, en la época mencionada.

**3.6.1 Densidad aparente (g/cc).** Se utilizó la metodología propuesta por el Instituto Universitario Juan de Castellanos<sup>66</sup> determinando la densidad aparente por el método del cilindro de volumen conocido, a partir de la siguiente ecuación

$$Da = \frac{M_{ss}}{V_c}$$

Donde.  $Da$  = densidad aparente del suelo, g/cc  
 $M_{ss}$  = Masa del suelo seco a 105 ° C, g.  
 $V_c$  = Volumen del cilindro donde se tomo la muestra de suelo

**3.6.2 Densidad real (g/cc).** Para determinar la densidad real se empleo el método del picnómetro, propuesto por el Instituto Universitario Juan de Castellanos<sup>67</sup>, basado en la determinación de la masa y el volumen de sólidos del suelo a través de un frasco de volumen conocido. Los cálculos se hicieron a partir de la siguiente ecuación.

$$Dr = \frac{M_{ss}}{V_{ss}}$$

Donde,  $Dr$  = *Densidad de las partículas o densidad real, g/cm<sup>3</sup>*  
 $M_{ss}$  = *masa de suelo seco, g.*  
 $V_{ss}$  = *Volumen de suelo seco, cc*

Para esta determinación se tomo una muestra por cada lote, de tal forma que se obtuvo un valor de densidad real.

**3.6.3 Porosidad total (%)** para esta determinación se siguió la metodología expuesta por El instituto universitario Juan de Castellanos<sup>68</sup>, y se obtuvo con los datos de densidad real y densidad aparente mediante la siguiente relación.

---

\* ENTREVISTA con Benjamín Sañudo Ingeniero Agrónomo. Docente de la facultad de ciencias agrícolas. San Juan de Pasto, 20 de abril del 2003.

<sup>66</sup> CASTELLANOS, Juan. Manual Técnico: fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Tunja : Instituto Universitario Juan Castellanos, 1998. 351 p.

<sup>67</sup> Ibid., p. 26.

<sup>68</sup> Ibid., p. 127.

$$VTP = \left(1 - \frac{D_a}{D_s}\right) * 100$$

Donde,

*VTP* = volumen total de poros, %

*D<sub>a</sub>* = densidad aparente del suelo g/cm<sup>3</sup>.

*D<sub>s</sub>* = densidad de las partículas, g/cm<sup>3</sup>

**3.6.4 Conductividad hidráulica** Para esta determinación se siguió la metodología expuesta por El Instituto Universitario Juan de Castellanos<sup>69</sup>, para determinar la conductividad hidráulica, los cálculos se hicieron a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{Q}{At} = v = -k \Delta \frac{H}{l}$$

Donde,

*Q* = Volumen del flujo.

*T* = tiempo.

*A* = área de la sección transversal del flujo.

*v* = Velocidad (L/T).

*k* = Conductividad Hidráulica.

*H* = carga hidráulica o energía/ unidad de peso de agua (L).

$\Delta \frac{H}{l}$  = gradiente hidráulico (sin dimensiones).

$\Delta H$  = diferencia en la carga hidráulica.

**3.6.5 Humedad del suelo.** Para determinar la humedad gravimétrica del suelo se sacaron muestras a profundidades entre 0 -10 y 10 -20 cm de profundidad; estas muestras se tomaron en cilindros previamente marcados y pesados; los cilindros se llenaron con el suelo y se colocaron en bolsas plásticas previamente marcadas. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio en donde se dejaron abiertas en un horno a 110°C por 24 horas, después de las cuales se sacaron, se cubrieron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente y por ultimo se realizaron los cálculos a partir de la siguiente ecuación \*

$$\% \text{ de humedad gravimétrica} = \frac{M(\text{suelo}) - M(\text{suelo secado al horno})}{M(\text{suelo secado al horno})} * 100$$

---

<sup>69</sup> Ibid., p. 127

Para el cálculo de la humedad volumétrica se determinó la humedad gravimétrica y se multiplicó por la densidad aparente.

$$H(8\%) = \frac{M_{ag}}{M_s} * 100$$

$$HV(\%) = \% HG * Da$$

Donde:  $HV(\%) = \text{Porcentaje de humedad volumétrica}$   
 $HG(\%) = \text{Porcentaje de humedad gravimétrica}$   
 $Da = \text{Densidad aparente}$

**3.6.6 Espacio aéreo.** El espacio aéreo o porosidad de aireación del suelo se calculó con base en el dato de la porosidad total, con la siguiente fórmula.

Espacio aéreo = Porosidad total – Humedad volumétrica, recomendada por el Instituto Universitario Juan de Castellanos<sup>70</sup>, (1998,28). O sea:

$$E_a = \left( 1 - \frac{P_a}{P_s} \right) - \frac{H_g D_a}{100 P_{ag}}$$

Donde:

$H_g = \text{humedad gravimétrica en porcentaje.}$

$E_a = \text{razón del espacio aéreo.}$

$P_{ag} = \text{densidad del agua.}$

### 3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos en cada variable se sometieron a un análisis de varianza y aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas significativas fueron evaluadas mediante la prueba de significancia de Tukey.

### 3.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico de los resultados se realizó, teniendo en cuenta los costos totales de producción en los cuales se incurrió y se determinó el ingreso neto de cada tratamiento para cada lote\*.

---

\* ENTREVISTA con Hugo Ruiz. Profesor de suelos de la Universidad de Nariño. Pasto. 20 de enero de 2003.

<sup>70</sup> Ibid., p. 28.

\* ENTREVISTA con Francisco Torres, Profesor Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto,

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DENSIDAD APARENTE

Al realizar el análisis de varianza para la densidad aparente únicamente se presentaron diferencias estadísticas entre localidades, para las profundidades evaluadas (ver Anexos A, B y Figura 3).

La prueba de comparación de promedios de Tukey para la densidad aparente obtenida entre 0-10cm mostró que el lote dos con 1,09 g/cc presentó diferencias estadísticas con el valor obtenido en el lote uno con 1,02 g/cc (ver Tabla 1).

Al comparar los valores promedio obtenidos para la densidad aparente entre 10-20 cm el lote uno con 1,04 éste presentó diferencias estadísticas con el valor obtenido en el lote dos 1,14g/cc (ver Tabla 2).

En general los valores promedios obtenidos para los diferentes tratamientos se observan en la Figura 3.

La diferencia encontrada en la densidad aparente en los dos lotes evaluados está relacionado con las características propias de los suelos estudiados las cuales han sido heredadas o generados por procesos de acomodamiento de partículas<sup>71</sup>, al estudiar y evaluar la densidad aparente de estos mismos suelos encontraron el mismo comportamiento entre los dos lotes asociando este comportamiento a que el lote dos presenta menor evolución que el lote uno el cual presenta menor contenido de gravas.

Los valores similares encontrados en la densidad aparente de los diferentes tratamientos se debe posiblemente a que han transcurrido tres años (1999-2002) en los cuales no se ha vuelto a realizar la apertura de zanjas fértiles o aplicación de abonos verdes (tratamientos) lo cual según Primavessi<sup>72</sup> altera la bioestructura original formada por la incorporación de materia orgánica, la cual es temporal y necesita renovación periódica, y con la aplicación de fertilizantes, para tener una actividad microbiana dirigida. Bures por su parte afirma que: “el incremento en la densidad aparente posiblemente indica pérdida de materia orgánica del suelo la cual parece estar relacionada con los resultados obtenidos al no presentar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados”<sup>73</sup>. García dice: “el evaluar el efecto de la labranza vertical (con cincel rígido), la incorporación de abono orgánico y/o estiércol, rotación e incorporación de abono verde lograron disminución en la densidad

---

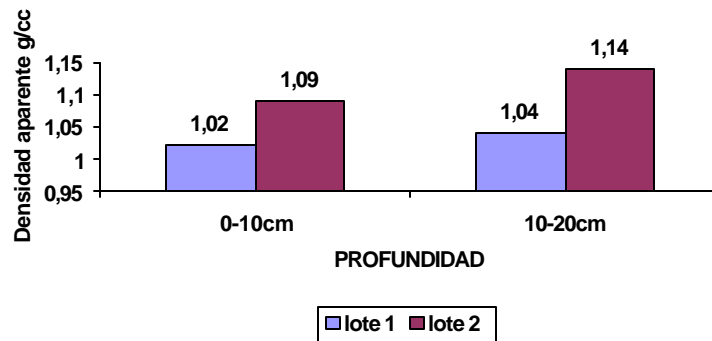
<sup>71</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 62.

<sup>72</sup> PRIMAVESSI, Op.cit., p. 225.

<sup>73</sup> BURES, Silvia. *Materia orgánica* En: Terralia. Ediciones aerotécnicas. Madrid. no. 8(2000); p. 18.

aparente de 1,6g/cc a 1,476g/cc en el segundo año en suelos cultivados con algodón en el valle del Cesar<sup>74</sup>.

**Figura 3. Densidad aparente del suelo en los lotes en estudio a dos profundidades 0-10 cm. y 10-20 cm.**



**Tabla 1. Prueba de Tukey entre localidades, para densidad aparente del suelo entre 0-10cm.**

		Lote 2	Lote1
		1,09	1,02
Lote 1	1,02	<b>0,07**</b>	0
Lote2	1,09	0,00	
Comparador Tukey	0,01	0,03	
	0,05	0,018	

**Tabla 2. Prueba de Tukey entre localidades, para densidad aparente del suelo entre 10-20cm.**

		Lote2	Lote1
		1,135	1,039
Lote 1	1,039	<b>0,096**</b>	0
Lote 2	1,135	0	
Comparador Tukey	0,01	0,038	
	0,05	0,028	

<sup>74</sup> GARCIA; AÁRON; MAESTRE y BLANCO, Op.cit., p. 87.

## 4.2 DENSIDAD REAL

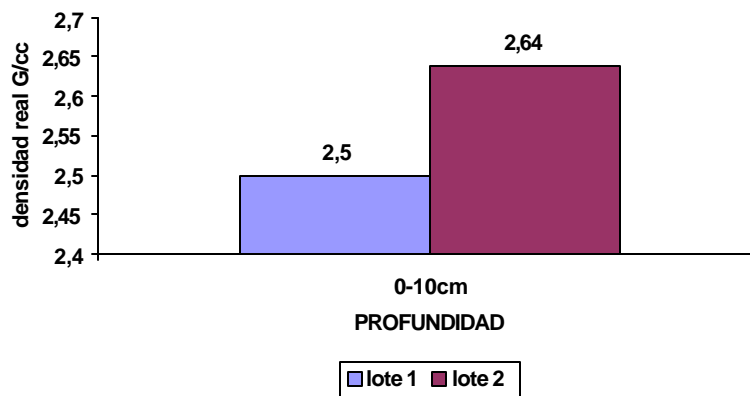
Al realizar el análisis de varianza para esta variable se encontraron diferencias estadísticas para localidades (ver Anexo C).

En la prueba de comparación de promedios de Tukey (ver Tabla 3) se encontró que la densidad real del lote dos con un promedio de 2,64g/cc fue estadísticamente diferente del valor promedio obtenido en el lote uno con 2,5g/cc; la Figura 4, se observan los valores promedios obtenidos para los dos lotes.

Los valores promedio de densidad real obtenidos para los diferentes tratamientos, en general, se observan en la (ver Figura 4).

La diferencia en la densidad real obtenida en los dos lotes está relacionada con las características propias de los suelos en estudio, como se mencionó en el numeral 3.1, ya que los valores de densidad real se ven afectados por los contenidos de materiales piroclásticos y orgánicos de los cuales sus componentes de micro y macroporos están relacionados con la génesis del suelo y el manejo dado al suelo, como afirma Montenegro<sup>75</sup>

**Figura 4. Densidad real del suelo de 0-10 cm.**



**Tabla 3. Prueba de Tukey para densidad real entre localidades**

		Lote2	Lote1
Lote 1	2,50	0,14**	0
Lote 2	2,64	0,00	
Comparador Tukey	0,01	0,05	
	0,05	0,03	

<sup>75</sup> MONTENEGRO, Op.cit., p. 119.

### 4.3 POROSIDAD TOTAL DEL SUELO

El análisis de varianza realizado para esta variable presentó diferencias estadísticas entre localidades (ver Anexo D); en la Figura 5 se presentan los valores obtenidos para los lotes evaluados.

Al realizar la prueba de comparación de promedios de Tukey (ver Tabla 4) no se presentaron diferencias estadísticas para la porosidad en los dos lotes evaluados. “Por ser la porosidad una característica derivada e influida por la textura y el contenido de materiales orgánicos, entre otros, ésta propiedad es susceptible a cambios por las prácticas de manejo (laboreo) y por el tipo y grado de desarrollo que adquieren las unidades estructurales”<sup>76</sup>. Sin embargo como la incorporación de materiales orgánicos se dejó de realizar (tal como se mencionó antes) sus efectos sobre las propiedades físicas fundamentales han disminuido; al respecto, García y Dúran menciona que: “los efectos de la incorporación de abonos verdes y orgánicos debe ser continua y que sus efectos se pueden observar a partir del segundo año”<sup>77</sup>. En suelos algodoneros del valle del Cesar, este autor encontró un incremento en la porosidad total de 32,8% a 36,9% al evaluar labranza profunda e incorporación de abonos verdes y orgánicos.

De acuerdo con lo anterior la porosidad encontrada en los suelos evaluados es igual entre los dos lotes y entre tratamientos por que el efecto de la materia orgánica en el suelo ha cesado, puesto que no se han realizado nuevas aplicaciones de ella a partir de las incorporaciones realizadas en el trabajo realizado por Gaviria y Villarreal, el cual inicio en el año 2000 y publicado en 2003.

**Tabla 4. Prueba de Tukey entre localidades, para porosidad total del suelo entre 0-10cm de profundidad**

0-10cm		Lote 1	Lote2
		58,13	57,67
Lote 2	57,67	<b>0,46 n.s.</b>	0,00
Lote1	58,13	0	
Comparador Tukey	0,01	1,59	
	0,05	1,16	

### 4.4 HUMEDAD VOLUMÉTRICA

Al realizar el análisis de varianza (Anexos E y F) para la humedad volumétrica del suelo entre 0-10cm y 10-20cm de profundidad se presentaron diferencias estadísticas entre los lotes evaluados.

<sup>76</sup> Ibid., p. 119.

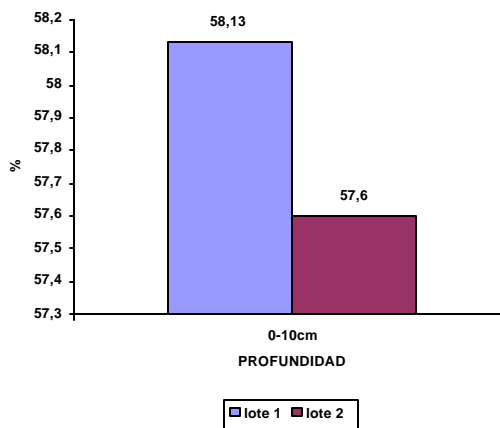
<sup>77</sup> GARCIA y DURAN, Op.cit., p. 91.

La prueba de comparación de promedios de Tukey (ver Tabla 5) para la humedad volumétrica para la profundidad entre 0-10cm mostró que el lote uno con una humedad volumétrica de 40,42% fue estadísticamente superior a la del lote dos con 37,08%; esta misma tendencia se observó para la profundidad de 10-20cm en la que el lote uno (41,09%) fue estadísticamente superior al lote dos (37,5%)(ver Tabla 6)

Entre tratamientos no se presentaron diferencias porque la materia orgánica aplicada al suelo, o mejor su efecto sobre las propiedades físicas del suelo ha disminuido, de tal forma que se manifiestan las características aportadas por el suelo donde se habían realizado las prácticas de conservación.

En la figura 6 se observan en general los valores obtenidos para esta variable en las dos profundidades, los dos lotes y los diferentes tratamientos aplicados.

**Figura 5. Porosidad total del suelo en lotes en los lotes estudio de 0 – 10 cm.**



**Tabla 5 Prueba de Tukey entre localidades, para humedad volumétrica del suelo entre 0-10cm.**

		Lote 1	Lote2
		40,42	37,09
Lote 2	37,09	<b>3,33**</b>	0
Lote1	40,42	0,00	
Comparador Tukey	0,010	2,33	
	0,050	1,69	

**Tabla 6 Prueba de Tukey entre localidades, para humedad volumétrica del suelo entre 10-20cm.**

		Lote 1	Lote2
		41,10	37,51
Lote 2	37,51	<b>3,59**</b>	0,00
Lote1	41,10	0	
Comparador Tukey	0,01	2,21	
	0,05	1,60	

#### 4.5 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

La conductividad hidráulica para la dos profundidades evaluadas (0-10cm y 10-20cm) presentaron diferencias estadísticas en el análisis de varianza solo entre lotes.(ver Anexos G y H)

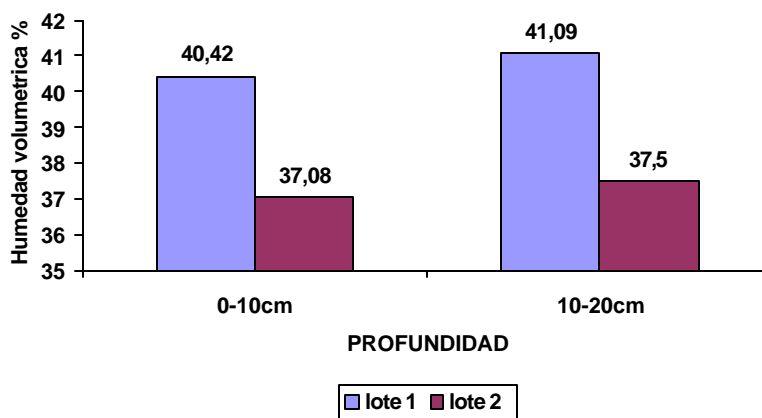
Al comparar la conductividad hidráulica del suelo para la profundidad de 0-10cm mediante la prueba de Tukey (Tabla 7), no se encontraron diferencias estadísticas significativas, en promedio la conductividad hidráulica para el lote uno fue de 19,98 cm/hora y para el lote dos 17,75 cm/hora. En general los valores obtenidos permiten calificar la conductividad hidráulica como rápida a muy rápida según Montenegro<sup>78</sup>.

La conductividad hidráulica entre 10-20cm de profundidad para los dos lotes evaluados mediante la prueba de Tukey (Tabla 8), mostró que el lote uno con una conductividad hidráulica de 19,59 cm/hora presentó diferencias estadísticas con la conductividad hidráulica del lote dos con 16,04 cm/hora. Según Montenegro (1990 ,125) “la conductividad hidráulica se puede calificar como rápida a muy rápida”<sup>79</sup>.

<sup>78</sup> MONTENEGRO, Op.cit., p. 125.

<sup>79</sup> Ibid., p. 125.

**Figura 6. Humedad volumétrica del suelo en los lotes en estudio a dos profundidades 0 – 10 cm y 10 – 20 cm.**



Estos valores muestran que en ambos suelos la conductividad hidráulica, posiblemente está influenciada por la remoción de los residuos de cosecha que han cambiado las relaciones de porosidad total y continuidad prosa que están afectando positivamente este parámetro hasta el momento

**Tabla 7. Prueba de Tukey entre localidades, para Conductividad Hidráulica del suelo entre 0-10cm.**

		Lote 1	Lote2
		19,98	19,75
Lote 2	19,75	<b>0,23 n.s.</b>	0,00
Lote1	19,98	0,00	
Comparador Tukey	0,01	1,24	
	0,05	0,90	

**Tabla 8. Prueba de Tukey entre localidades, para conductividad hidráulica del suelo entre 10-20cm.**

		Lote 1	Lote2
		19,84	16,04
Lote 2	16,04	<b>3,80**</b>	0
Lote1	19,84	0	
Comparador Tukey	0,01	1,43	
	0,05	1,04	

La diferencia que se encontró en la conductividad hidráulica puede también atribuirse al material del cual se origina (piedra, arcilla, ceniza volcánica, arena) el suelo y la proporción en la que se encuentran, de tal forma aún la textura del suelo también influirá en esta propiedad.

“La textura inicial del lote uno fue reportada como Franco arcilloso y el lote dos como franco arcillo arenoso”<sup>80</sup> y como se mencionó antes las características propias de cada suelo afectan sus propiedades físicas. Montenegro, afirma que: “la estructura afecta directamente muchas de las propiedades del suelo entre las cuales se destaca la retención y conducción de agua que dependen del espacio poroso, del tamaño y distribución de los poros”<sup>81</sup>.

En este mismo orden de ideas CIAT, citado por Hoyos informó que: “la incorporación de 6 toneladas/año de residuos lignificados de cosecha previamente guadañados en sistemas rotativos de arroz- pastos ha incrementado la infiltración de 13mm/hora a 130 mm/hora en suelos franco arcillosos de la Altillanura”<sup>82</sup>.

En la Figura 7 y 8 se observa, en general los valores obtenidos para esta variable en las dos profundidades, en los dos lotes y los diferentes tratamientos evaluados, la cual se puede considerar moderadamente rápida a muy rápida posiblemente como efecto de las labores de recuperación zanjas y abonos verdes aplicadas al suelo original

#### **4.6 ESPACIO AÉREO**

El análisis de varianza ( ver Anexo I) para el espacio aéreo a la profundidad entre 0-10cm mostró diferencias estadísticas significativas únicamente entre lotes. Al comparar el promedio de espacio aéreo por medio de la prueba de Tukey (ver Tabla 9) se encontró que el lote uno con 20,58% de espacio aéreo fue mayor en esta variable que el lote dos con un espacio aéreo de 17,71%, en general los valores encontrados son favorables por cuanto son superiores a 10% valor este considerado como restrictivo para el desarrollo de las raíces, según lo afirmado por Forshyte<sup>83</sup> 1985,191).

Para la profundidad entre 10-20cm (ver Anexo K)se observo la misma tendencia y al comparar los promedios de cada lote mediante la prueba de Tukey (ver Tabla 10) se presentaron diferencias estadísticas del lote uno con 21,29% sobre el lote dos con 17,73% (ver Figura 9).

---

<sup>80</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 48.

<sup>81</sup> MONTENEGRO, Op.cit., p. 112.

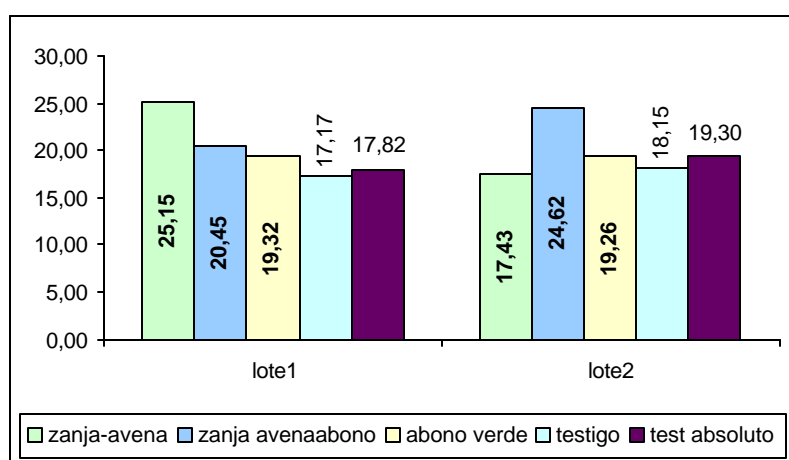
<sup>82</sup> HOYOS, Op.cit., 57.

<sup>83</sup> FORSYTHE, Warren. Manual de laboratorio de física de suelo s. Turrialba, Costa Rica: IICA,1985. p. 191.

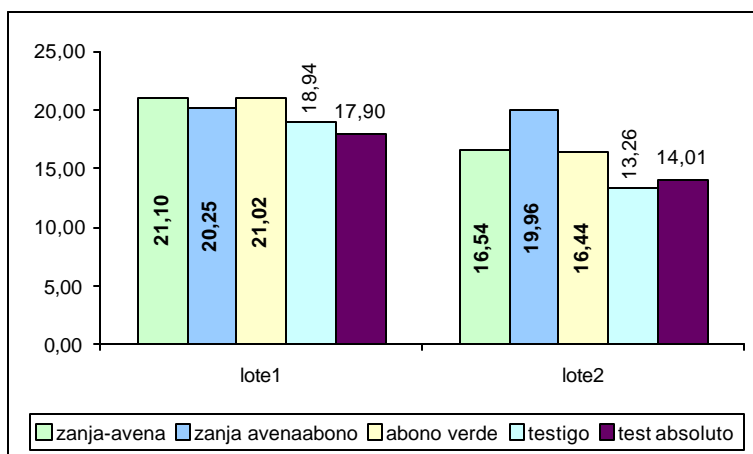
**Tabla 9. Prueba de Tukey entre localidades, para espacio aéreo en el suelo entre 0-10cm.**

		Lote 1	Lote2
Lote 2	17,71	20,58	17,71
Lote1	20,58	0,00	0,00
Comparador Tukey	0,01	3,12	
	0,05	2,27	

**Figura 7. Conductividad hidráulica del suelo de 0 – 10 cm. en los dos lotes.**



**Figura 8. Conductividad hidráulica del suelo de 10 – 20 cm en los dos lotes.**



Esta variable es afectada por las características de cada suelo, los datos analizadas(0-10 y 10-20cm) en cuanto a densidad aparente, el lote dos mostró mayor densidad aparente 1,13g/cc entre 10-20cm que el lote uno, y que ofrece mayor resistencia al desarrollo y

penetración de la raíz en el suelo, por lo cual la raíz de la planta de papa, por ser débil tendría menor posibilidad para desarrollarse entre 10-20cm de profundidad en el lote dos.

Igualmente es factible que los procesos de difusividad, sean menores debido al espacio aéreo con que cuentan, disminuyendo así las posibilidades de aireación y oxido reducción disminuyendo las actividades nutricionales normales del suelo hacia la planta.

Gaviria y Villareal<sup>84</sup> sobre los mismos suelos no encontraron diferencias entre los lotes en cuanto a la resistencia a la penetración de la raíz, pero en la época tres (Enero 2002) reportan el menor valor de esta variable con 3,10 Mpa y los asocian a menores valores de densidad aparente (0,91g/cc) y mayor porcentaje de porosidad total(64,12%) y afirman que estos pudieron favorecer la reducción de la resistencia a la penetración.

De acuerdo con lo anterior la diferencia en el espacio aéreo del suelo entre los dos lotes a las dos profundidades evaluadas son consecuencia de las diferencias en densidad aparente y porosidad.

Los valores de espacio aéreo obtenidos a las dos profundidades analizadas en los tratamientos evaluados, no se presentaron diferencias por que el efecto de la materia orgánica ha disminuido por el tiempo transcurrido desde la última aplicación, además las operaciones de labranza y preparación del suelo pudieron modificar las propiedades físicas.

## **4.7 VARIABLES DE RENDIMIENTO DE PAPA**

**4.7.1 Número de tubérculos de papa gruesa por planta.** EL análisis de varianza realizado para ésta variable presentó diferencias estadísticas entre localidades y tratamientos (ver Anexo J).

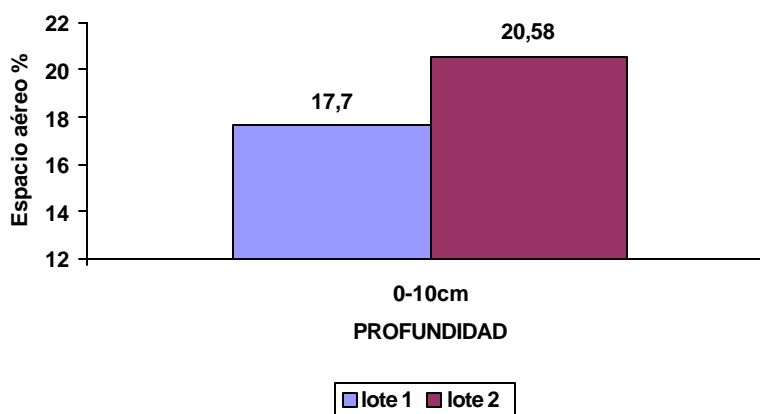
En la figura 9 se observa el número promedio de tubérculos de papa amarilla tipo gruesa obtenido en los diferentes tratamientos aplicados en los dos lotes evaluados.

Al realizar la prueba de comparación de promedios de Tukey para localidades (ver Tabla 11) el lote uno con 18,21 tubérculos /planta presentó diferencias estadísticas con el número de tubérculos por planta obtenidos en el lote dos con 12,48.

---

<sup>84</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 62.

**Figura 9. Espacio aéreo del suelo en los lotes evaluados de 0 – 10 cm.**



La diferencia en el número de tubérculos/planta podría estar relacionado como lo afirma Barrera<sup>85</sup> que con la debilidad que presenta el sistema radicular de la papa la presencia de capas endurecidas o compactas, tales como las que se presentan en el lote dos, tienden a limitar la profundidad radicular y la producción de tubérculos por planta. Al respecto si se considera el peso de la hectárea surco en los primeros 20 cm de profundidad la diferencia de peso del suelo entre el lote uno (D.a. 1,0g/cc) y el lote dos (D.a. 1,1g/cc) sería de 200.000 kilogramos que pueden afectar el desarrollo de la raíz según lo afirmado por Flor citado por Viveros<sup>86</sup>.

**Tabla 10. Prueba de Tukey entre localidades, para número de tubérculos de papa gruesa por planta**

		Lote 1	Lote2
		18,21	12,49
Lote 2	12,49	<b>5,72 **</b>	0
Lote1	18,21	0	
Comparador Tukey	0,010	2,06	
	0,050	1,49	

La prueba de Tukey (ver Tabla 12) realizada para los tratamientos considerados indica diferencias entre el número de tubérculos /planta de tipo gruesa obtenido con zanjas fértiles e incorporación de avena (T1) con 16,79 tubérculos /planta y el obtenido con la incorporación de abono verde y avena (14 tubérculos/planta) y el testigo absoluto (14,13 tubérculos planta) como se observa en la Tabla 12.

<sup>85</sup> BARRERA, L. La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilidad de los cultivos. En : Fertilidad de Suelos, Diagnóstico y Control. SCCS. Santa fé de Bogotá, 1994. p. 70.

<sup>86</sup> VIVEROS, Miguel Ángel . Diagnóstico químico del suelo En : Curso sobre diagnóstico-fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Colombia : SCCS, 1988. p. 15.

**Tabla 11. Prueba de Tukey entre tratamientos, número de tubérculos de papa gruesa por planta.**

		T1Zanja fértil – avena	T2 Zanja Fértil avena a. verde	T4 Testigo Avena	T5 Testigo absoluto	T3 Abono verde - avena
		16,79	16,61	15,23	14,13	14,00
T3	14,00	<b>2,79*</b>	2,61	1,23	0,13	0,00
T5	14,13	<b>2,66*</b>	2,48	1,10	0,00	
T4	15,23	1,56	1,38	0,00		
T2	16,61	0,18	0,00			
T1	16,79	0,00		TUKEY	0,01 0,05	3,35 2,65

Los resultados posiblemente están relacionados con el movimiento vertical del suelo, al abrir las zanjas fértiles, lo cual si se asimila con una labranza profunda podría favorecer el desarrollo radicular del cultivo al reducirse la resistencia a su penetración, de acuerdo con esto son las características de la planta y su respuesta a las condiciones del suelo las que determinan la producción. Alvarado afirma que: “por lo general el sistema radicular penetra hasta los primeros treinta centímetros y que el rendimiento de cualquier cultivar de papa se da en función de la relación clima- suelo- planta”<sup>87</sup>.

Además la debilidad del sistema radicular de la planta de papa puede hacer que las plantas tengan una respuesta significativa a las pequeñas diferencias en las propiedades físicas del suelo.

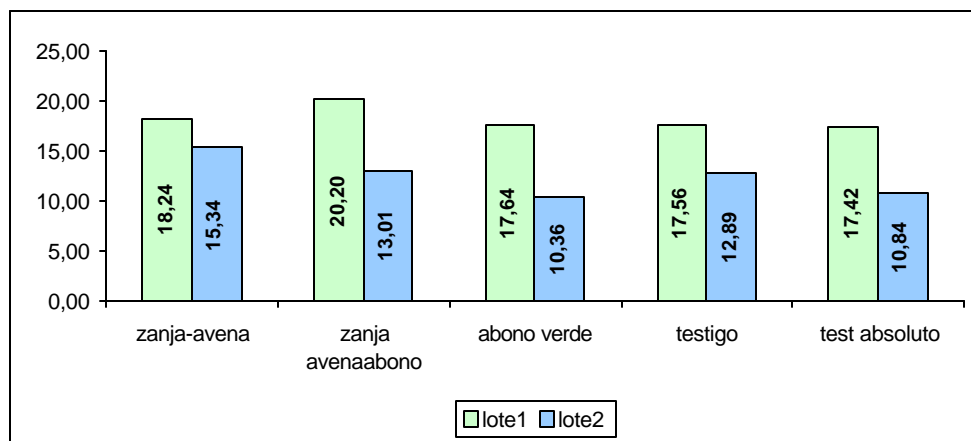
En la figura 10, se observan los valores correspondientes al número de tubérculos por planta para cada uno de los lotes evaluados.

García y Dúran<sup>88</sup>, en un estudio de alternativas agronómicas para evaluar la recuperación de suelo aldoneros del Cesar encontró con la labranza profunda vs. labranza tradicional aumentos en el crecimiento de la plantas en un 21%, reducción de la resistencia a la penetración por crecimiento de las raíces en 121%, y aumentos en la producción del cultivo en 39% de 930 a 1301kg/ha, si éste fue el caso de algodón, puede tener gran importancia en la papa de cuyo sistema radicular y parte subterránea se obtienen los beneficios económicos

<sup>87</sup> ALVARADO, Fernando y WINER, Hugo. Ofertas agroecológicas para pequeños agricultores. Centro IDEAS, 1998. p. 22.

<sup>88</sup> GARCIA y DURAN, Op.cit., p. 89.

**Figura 10. Número de tubérculos por planta en papa gruesa en los lotes evaluados.**



**4.7.2 Numero de tubérculos de papa delgada por planta.** El análisis de varianza para esta variable mostró únicamente diferencias estadísticas entre lotes (ver Anexo K). En la figura 11 se muestra los valores promedios obtenidos para número de tubérculos de papa delgada por planta en las dos localidades y con los diferentes tratamientos evaluados.

Al realizar la prueba de comparación de promedios de Tukey (ver Tabla 13) entre localidades, el lote uno con 20 tubérculos /planta presentó diferencias estadísticas con el número de tubérculos/planta obtenido en el lote dos (14,04 tubérculos/planta)

**Tabla 12. Prueba de Tukey entre localidades, para número de tubérculos de papa delgada por planta.**

		Lote 1	Lote2
		20,07	14,04
Lote 2	14,04	<b>6,03**</b>	0
Lote1	20,07	0	
Comparador Tukey	0,01	0,516	
	0,05	0,375	

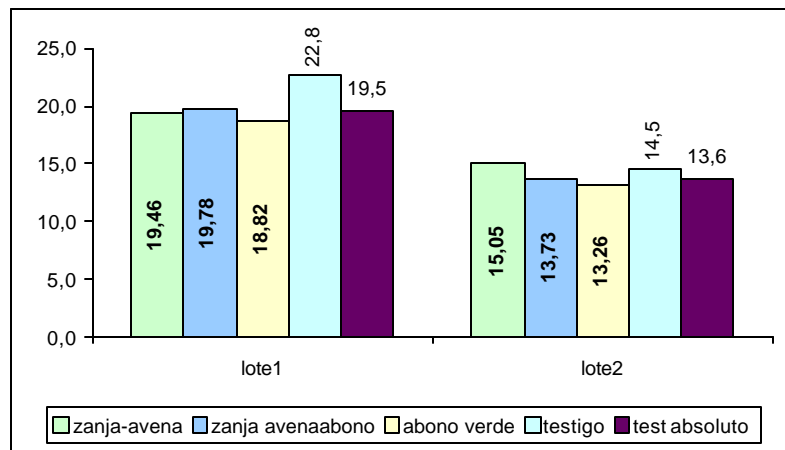
Los resultados obtenidos parecen estar relacionados como se mencionó en 3.2.1 con las propiedades físicas densidad aparente, y conductividad hidráulica evaluadas las cuales presentan unas condiciones más favorables para el desarrollo de las raíces de la papa en el lote uno, al respecto Gaviria y Villareal<sup>89</sup> en los mismo suelos encontraron para el lote uno una resistencia a la penetración de 3,33 Mpa. y para el lote dos de 3,34Mpa.

<sup>89</sup> GAVIRIA, Op.cit., p. 64.

En el lote dos el espacio aéreo del suelo a profundidad entre 0-10cm con 20,58% es mayor que el espacio que podría ocupar la raíz en los diez centímetros siguientes, con (17,23%) que expresa la dificultad que ha encontrado la raíz de la papa para penetrar el suelo y alcanzar un desarrollo aceptable, al respecto Alvarado (1998) afirma que: “por lo general el sistema radicular de la papa penetra hasta los primeros treinta centímetros”<sup>90</sup>.

En el lote uno se encontró que el espacio disponible para ser ocupado por la raíz fue mayor a profundidad de 10-20 cm pasando de 17,7 hasta 21,29% y que posibilita el mejor desarrollo del sistema radicular que podría reflejarse en el mayor número de tubérculos/planta.

**Figura 11. Número de tubérculos por planta de papa delgada en los lotes evaluados**



**4.7.3 Kilogramos de papa gruesa por planta.** Para esta variable al realizar el análisis de varianza presentó diferencias estadísticas entre localidades (ver Anexo L).

La Figura 12 muestra el peso por planta de los tubérculos obtenidos en los dos lotes y con diferentes tratamientos.

Al realizar la prueba de comparación de promedios de Tukey (ver Tabla 14) para localidades el lote uno con 0,45kg/planta presentó diferencias con el peso de tubérculos obtenido en el lote dos con 0,28kg/planta

<sup>90</sup> ALVARADO, Op.cit., p. 22.

Los resultados parecen estar relacionados con el número de tubérculos de papa gruesa presente en cada uno de los lotes evaluados, lo cual indicaría que las variables del suelo que afectan su número también estarían afectando su peso. Al respecto Lujan afirma que: “los suelos sueltos y bien drenados facilitan el buen desarrollo de las raíces y por consiguiente, una cuidadosa y oportuna preparación del suelo contribuirá a los máximos rendimientos”<sup>91</sup>.

**Tabla 13. Prueba de Tukey entre localidades, para kilogramos de papa gruesa por planta.**

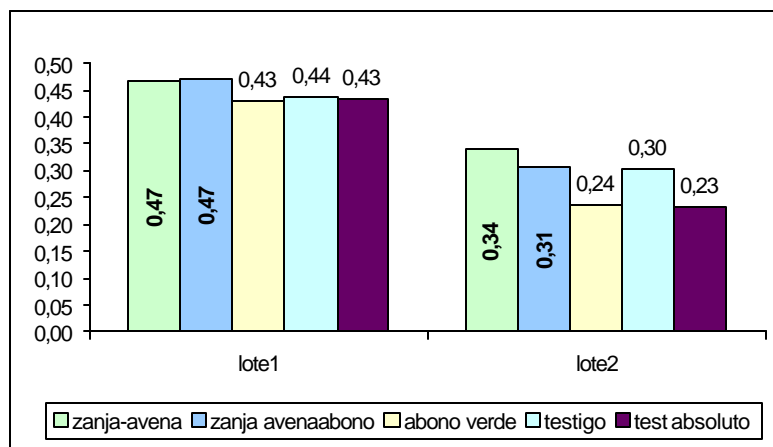
		Lote 1	Lote2
		0,45	0,28
Lote 2	0,28	<b>0,16**</b>	0
Lote1	0,45	0	
Comparador Tukey	0,01	0,012	
	0,05	0,009	

Las diferencias existentes entre los suelos de los lotes evaluados que están expresadas en textura materiales de origen y grado de evolución de sus unidades estructurales, pese a las labores de conservación ejecutadas (zanjas y abonos verdes), por efecto del tiempo transcurrido y los procesos de reacomodamiento de partículas en el suelo prácticamente hacen que las diferencias entre tratamientos desaparezcan, y que sean las características propias de cada suelo las que prevalecen y tienen mayor efecto sobre el comportamiento del cultivo.

**4.7.4 Kilogramos de papa delgada por planta.** Al realizar el análisis de varianza para determinar la producción en kg/planta de papa se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre lotes (ver Anexo M). La prueba de Tukey (ver Tabla 15) mostró que el promedio de producción en el lote uno 0,305kg/planta es significativamente superior al lote dos 0,223kg / planta (ver Figura 13)

<sup>91</sup> LUJAN, Op.cit., p. 3.

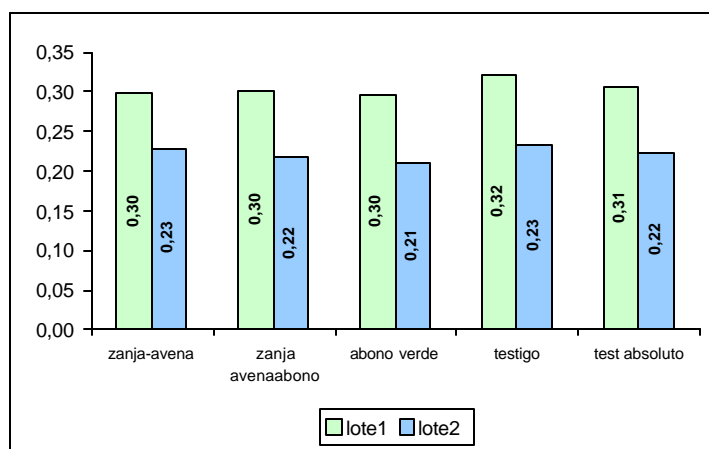
**Figura 12. Kilogramo/planta de papa gruesa en los lotes evaluados.**



**Tabla 14. Prueba de Tukey entre localidades, para Kilogramos de papa delgada por planta.**

		Lote 1	Lote2
Lote 2	0,22	0,31	0,22
Lote1	0,31	0,082**	0
Comparador Tukey	0,01	0,007	
	0,05	0,005	

**Figura 13. Kilogramo/planta de papa delgada en los lotes evaluados.**

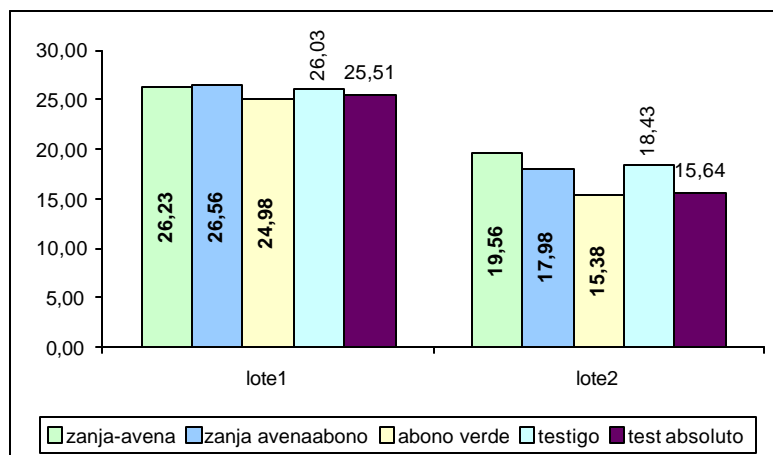


Las condiciones del lote uno densidad aparente entre 0-10cm y espacio aéreo especialmente, son mas favorables para el desarrollo de la planta que las ofrecidas en el segundo lote, similar a lo ocurrido frente a la producción de tubérculos de categoría gruesa, mencionadas en el numeral anterior.

El análisis de varianza no muestra diferencias estadísticas significativas (ver Anexo M). entre tratamientos, el promedio de producción varió entre 0,255 kg/planta en el tratamiento tres(abono verde) y 0,275kg/planta en el tratamiento cuatro (testigo - avena), Figura 13.

**4.7.5 Rendimiento total en ton/ha.** El análisis de varianza para el rendimiento total de papa por hectárea mostró diferencias estadísticas entre localidades(ver Anexo O). En la prueba de Tukey (ver Tabla 16) el lote uno fue superior al lote dos con un promedio de 25,86 t/ha frente a 17,4 t/ ha de papa en el lote dos (ver Figura 14).

**Figura 14. Rendimiento Ton/ha. papa amarilla en los lotes evaluados.**



**Tabla 15. Prueba de Tukey entre localidades, para rendimiento total de papa amarilla en t/ha.**

		Lote 1	Lote2
		25,86	17,40
Lote 2	17,40	<b>8,46**</b>	0
Lote1	25,86	0	
Comparador Tukey	0,01	0,65	
	0,05	0,47	

La diferencia de rendimiento del cultivo entre los lotes está relacionado con las propiedades físicas del suelo donde la densidad aparente del suelo a profundidad de 0-10cm el lote dos con 1,09g/cc. fue mayor que la obtenida en el lote uno y parece estar relacionada con menor resistencia del suelo de lote uno a su penetración por la débil raíz de la papa que el lote dos.

Lowry y colaboradores citados por Legarda, encontraron que: “altos valores de densidad aparente redujeron la capacidad de almacenamiento de agua, lo cual redundo a su vez, en un escaso desarrollo radicular. En el lote dos la densidad aparente del suelo es mayor y ha afectado el desarrollo del sistema radicular de la planta y en general del cultivo”<sup>92</sup>.

El rendimiento en ton/ha de los tratamientos no muestra diferencias significativas en el análisis de varianza combinado( ver Anexo 0) , El rendimiento del cultivo de papa amarilla por efecto de los tratamientos efectuados en el suelo varió entre 26,56t /ha en el tratamiento dos (zanja fértil- abono verde - avena) y el tratamiento tres (abono verde avena) con 24,98

<sup>92</sup> LEGARDA. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. Op.cit., p. 86.

t/ha en el lote uno, de acuerdo con los resultados obtenidos y a pesar de no existir diferencias significativas entre ellos se observa un comportamiento aceptable del cultivo.

En el lote dos el rendimiento entre tratamientos varió desde 19,56 t/ha para el tratamiento uno(zanja fértil –avena) y el tratamiento tres con 15,38 t/ha (ver Figura 13), de esta forma se puede observar que en un suelo con menor aptitud para el cultivo de papa como este, el efecto de labores de recuperación como las zanjas fértiles realizadas con la continuidad debida, pueden marcar diferencias en el comportamiento de cultivos.

#### **4.8 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para el análisis económico de los resultados obtenidos se tuvo en cuenta los costos totales de producción del cultivo en los cuales se incurrió, teniendo en cuenta que el manejo agronómico del cultivo fue similar para todas los casos.

Los resultados están de acuerdo al costo total de inversión para el cultivo establecido (ver Anexos P,Q) y el rendimiento del cultivo en papa gruesa que tuvo un precio de venta en el mercado de \$25.000 pesos por carga de 100 kilogramos y papa delgada que tuvo un precio de venta de \$12.000 pesos/carga, los costos de producción varían por efecto de la mano de obra y utilizada en la cosecha, empaque y transporte del producto al mercado.

El rendimiento del cultivo presentó diferencias en cuanto a su productividad entre los lotes lo cual se reflejó en el resultado económico obtenido, así, el ingreso neto obtenido del cultivo de papa amarilla varía en el lote uno esta dado por la venta 298 bultos de papa gruesa y 203bultos de papa delgada que generan un ingreso bruto de \$ 4,943,000.00 pesos /ha que al quitar el costo de producción del cultivo que el lote uno fue de \$ 3,350,540.00 pesos/ha se obtiene un ingreso neto de \$1.444.460.00 pesos/ha.

En el lote dos el costo de producción fue de \$3.138.620.0 pesos/ha, en esta oportunidad el rendimiento del cultivo genero un ingreso por venta de la papa que fue de \$ 3.230.200 pesos/ha el cual está dado por la venta de 188 bultos de papa tipo gruesa y 146.7 bultos de papa tipo delgada, la diferencia entre estos dos rubros dan como resultado un ingreso neto de \$91.580.00 pesos/ha,

La comparación de los resultados del ingreso neto obtenido del cultivo entre los dos lotes hace una vez más evidente la influencia ejercida por las condiciones del suelo ahora sobre el aspecto económico de la actividad agrícola. (ver Tabla 17).

En el anexo R se establece un aproximación al costo de los tratamientos realizados dicho costo aproximado varia desde cero(\$0)pesos/ha en el tratamiento testigo absoluto hasta 1.309.251.2 pesos/ha en el tratamiento zanja fértil abono verde avena desafortunadamente no se realizó un seguimiento continuado en todos los aspectos del ensayo incluyendo lo económico de tal forma que las conclusiones en este sentido carecen de aproximacion.

En los Anexos S,T,U,V,W , se encuentran estimados los valores en bs que se incurrieron en la época en que se trabajo con la incorporación de los tratamientos mencionados.

**Tabla 16. Ingreso neto del cultivo de papa amarilla en los dos lotes**

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR LOTE.		
	LOTE1	LOTE2
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$ 3,948,540.00	\$ 3,138,620.00
INGRESO BRUTO	\$ 4,943,000.00	\$ 3,230.200.00
INGRESO NETO	\$ 1,444.460.00	\$ 91.580.00

## 5. CONCLUSIONES

Entre los lotes evaluados se presentaron diferencias estadísticas significativas en las propiedades físicas, en cuanto a densidad aparente y real se encontró que el lote dos tuvo mayor densidad aparente que el lote uno, en las dos profundidades evaluadas con valores de 1.135 g/cc. Y 1.09g/cc. de igual forma la determinación de densidad real mostró que el lote dos con 2.64g/cc fue superior que la densidad real del lote uno con 2.5gr/cc.

La humedad volumétrica del suelo presentó diferencias estadísticas entre los lotes evaluados, el lote uno presento mayores contenidos de humedad que el lote dos en las dos profundidades evaluadas con valores de 40.42% entre 0-10cm de profundidad y 41.10% entre 10-20cm de profundidad.

La conductividad hidráulica del suelo en lotes evaluados fue diferente en los lotes a profundidad entre 10-20cm de profundidad, donde el lote uno tuvo una conductividad de 19.84cm/hora frente a 16.04cm/hora del lote dos.

En cuanto a los componentes de rendimiento del cultivo el lote uno superó al lote dos en todos los parámetros evaluados presentando 18.21 tubérculos de papa tipo gruesa por planta, 20.07 tubérculos de papa tipo delgada por planta, 0.45kilogramos de papa gruesa por planta, 0.31kilogramos de papa delgada por planta y un rendimiento de 25.86ton/ha.

El mayor rendimiento de papa se presento en el lote uno en todos los tratamientos destacándose el tratamiento uno (zanja fértil- abono verde –avena)con 26,56 t/ha, y el mas bajo se obtuvo con el tratamiento tres (abono verde avena ) con 24,98 t/ha.

De acuerdo con el análisis económico el mayor ingreso neto obtenido del cultivo de papa amarilla se presento en el lote uno con \$1.598.543.84 pesos/ha respecto al lote dos con \$214.014.25 pesos/ha; como consecuencia de las diferencias existentes entre las propiedades físicas de los dos suelos evaluados

## **6. RECOMENDACIONES**

Evaluar el efecto de las prácticas de zanjas fértiles mas abonos verdes en cultivos diferentes, durante varios semestres, con una adecuada rotación; así como cambios en las propiedades físicas, químicas y actividad microbiana.

Desarrollar trabajos de investigación que evalúen el efecto de labores de recuperación de suelos como los son: Las zanjas fértiles mas abonos verdes complementados con un estudio económico sobre el costo de estas practicas; en diferentes zonas del departamento de Nariño.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Misael. La tierra agrícola: nuestro recurso básico. Quito, Ecuador : Publicaciones Científicas MAS, 1986. 218p.

ALVARADO, Fernando y WINER, Hugo. Ofertas agroecológicas para pequeños agricultores. Pasto : Centro Ideas, 1998 p. 43-55.

ARIAS,M. , MADERO, E. Algunas características agronómicas de la papunga y su influencia como cobertura sobre ciertas propiedades físicas de un suelo en condiciones semicontroladas. En Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol. 30, no. 1 (2000); p. 221-256.

BARRERA B, L. La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilidad de los cultivos. En : Fertilidad de Suelos, Diagnóstico y Control. SCCS. Santa fé de Bogotá, 1994. 85p.

BURBANO ORJUELA, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1989. 447p.

BURES, Silvia. Materia orgánica En : Terralia. Ediciones aerotécnicas. Madrid. no. 8(2000); p. 13-20.

CASAS, Alberto. Efecto de la fertilización en dos abonos verdes y su incidencia en los suelos y en los rendimientos del cultivo siguiente. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. vol.30, No. 2 (2000); p. 117-124

CASTELLANOS, Juan. Manual Técnico: fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Tunja : Instituto Universitario Juan Castellanos, 1998. 351 p.

\_\_\_\_\_. Sembradores de esperanza en Honduras. Diócesis de Choluteca, Honduras: SERPAVI, 2003. (VIDEO)

DONAHUE, R.; MILLER, R. y SCHICKLUNA, J. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Bogotá : Prentice-Hall Internacional, 1981. 624p.

FORSYTHE, Warren. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica: IICA,1985, 212 p.

GARCIA, Julio. Prevención de la degradación del suelo y su restauración. Hojas divulgadoras. No 4. Madrid, España. 1989. p10-20.

GARCIA, J, AÁRON M, MAESTRE M y BLANCO J. Alternativas agronómicas para la recuperación de suelos de algodóneros degradados en el valle del Cesar. En : Suelos

Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. *s.l.*, Vol. 30 No. 1 (2000); p. 86.

GARCIA, J. y DURAN, R. Evaluación de sistemas de labranza sobre la producción de cultivos en suelos algodoneros del valle del Cesar. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol. 30, No. 1 (2000); p. 76.

GAVIRIA MUÑOZ, Pedro y VILLAREAL MUÑOZ, Edwin. Efecto de zanjas fértiles y siembra de abono verde sobre propiedades físicas y productivas de dos suelos de baja fertilidad del municipio de Pasto. Pasto, 2003, 123p. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas

GOMEZ, Arnold y GARCIA, Bernardo. Manejo y conservación de suelos de ladera. Boletín Técnico No 1. San Juan de pasto: CORPOICA, C.I. Obonuco, Septiembre, 1998. 12p.

GUERRERO HIDALGO, Olga y MUÑOZ FERNÁNDEZ, María. Evaluación de abonos orgánicos en la producción de arveja (Pisum sativum, L.) en la zona cafetera de Piendamó, Cauca. Pasto, 1994, 58p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

HOYOS, F. Evaluación de alternativas agronómicas para la recuperación de suelos de la altillanura Colombiana. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. *s.l.* Vol. 30 no. 1 (2000); p. 76.

KAHNT, G. Abono verde. Montevideo, Uruguay : Agropecuaria Hemisferio Sur, 1989. 155p.

KONONOVA, M. Materia orgánica del suelo. Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona : Oikos-Tau, 1982. 382 p.

LEGARDA, Lucio. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. En Curso sobre diagnostico-fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto. Colombia: SCCS, 1988. p. 81-90.

\_\_\_\_\_. Técnicas de aplicación de riego agrícola. Pasto, Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas: 2002. 135p.

\_\_\_\_\_. Manejo agronómica de algunos cultivos de clima cálido de la zona del Remolino (Nariño), mediante el sistema de riego por exudación. Pasto, Nariño: Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas, 2002. 72p.

LUJAN, L. Morfología, estructura y fisiología de la planta de papa . En : Curso de actualización de conocimientos en el cultivo de la papa. Bogotá : FEDEPAPA, 1991. 156 p.

MENDEZ, H. y NAVAS, S. Caracterización de retención de humedad de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del departamento de Nariño. En : Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. *s.n.*, Vol. 12, no. 1 (1982); p. 141-148.

MONTENEGRO, Hugo. Interpretación de las propiedades físicas del suelo, textura, estructura, densidad, aireación, etc. En Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá. Colombia: S.C.C.S, 1990. p 99-127.

MONTENEGRO, G. y MALAGON. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá. Colombia : IGAC. 1990. 813p.

Organisation Alimentation Food. Agricultura de conservación. [en línea]. Estados Unidos, 2003, [citado 17 de febrero]. Disponible en >URL : <http://www.fao.org>>

PORTA, J; LOPEZ, M y ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid : Mundi-prensa, 1994. 807p.

PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico del suelo. 5ª ed. Buenos aires: El Ateneo, 1989. 499p.

RODRIGUEZ, M. Influencia de la reducción de las operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Bogotá : ICA, 1984. 142p.

RUBIO, José. Los suelos y el problema ambiental En: Revista de Occidente, Madrid, España. 1997. p 72-79.

SALAMANCA, Alveiro. Influencia de las características físicas del suelo y de su interacción con las condiciones climáticas en el comportamiento y calidad *Desmodium heterocarpon* subsp. *Ovalifolium* (oashi) en tres regiones de Colombia. Palmira, Colombia, 2000, 173 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

SAÑUDO, Benjamín. CHAVEZ, Guillermo y VALLEJO, Walter. Empleo de la avena forrajera como abono verde para disminuir la incidencia del amarillamiento de la arveja (*Fusarium oxisporum* f. sp. Pisi.). En : Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Vol. 18, No 2(2001); p. 74-78.

SAÑUDO, Benjamin; CHECA CORAL, Oscar y ARTEAGA, Germán. Perspectivas para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. Pasto-Colombia. CORPOTRIGO, UNDENAR, UNIGRAF, 2001. 214p.

SAÑUDO, Benjamín; RUIZ, Hugo y LEGARDA, Lucio. Las zanjas fértiles una alternativa de suelos degradados en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Vol. 18, No 2(2001); p 213-218.

TORRES, E. Manual de conservación de suelos. México : DIANA, 1982. p. 73-131.

URBINA, Camilo y RODRIGUEZ, Oscar. Efecto de dos abonos orgánicos en el control de la erosión y mejoramiento físico y químico del suelo. En: Revista de la Facultad de Agronomía U.C.V. Alcance No 47, Venezuela, 1995. p. 64-77.

VIVEROS, Miguel Ángel . Diagnóstico químico del suelo En : Curso sobre diagnóstico-fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Colombia : SCCS, 1988. p15.

# **ANEXOS**

**Anexo A. Análisis de varianza para densidad aparente del suelo entre 0-10cm.**

Lote1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,103	2	0,052	7,861	0,01	0,05
Tratamientos	0,08	4	0,020	3,032ns	7,01	3,84
Error	0,05	8	0,007			
Total	0,24	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,021	2	0,011	1,042	0,01	0,05
Tratamientos	0,03	4	0,008	0,775 ns	7,01	3,84
Error	0,08	8	0,010			
Total	0,13	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para densidad aparente del suelo entre 0-10cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	16,739	16,739	1994,078**	7,64	4,2
Bloque Dentro						
De Localidad	4	0,125	0,031			
Tratamiento	4	0,042	0,010	1,248 ns.	4,77	3,01
Trat*Local	4	0,070	0,017	2,071	4,77	3,01
Error	16	0,134	0,008			
Total	29	0,371				

CV.% 8.68%

**Anexo B. Análisis de varianza para densidad aparente del suelo entre 10-20cm.**

Lote1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,062	2	0,0312	1,0081	0,01	0,05
Tratamientos	0,07	4	0,0179	0,5784 ns	7,01	3,84
Error	0,25	8	0,0310			
Total	0,38	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,090	2	0,0448	3,7487	0,01	0,05
Tratamientos	0,04	4	0,0095	0,7977 ns	7,01	3,84
Error	0,10	8	0,0120			
Total	0,22	14				

Análisis de varianza combinado bcalidades por tratamiento para densidad aparente del suelo entre 10-20 cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	17,826	17,826	830,651**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	0,152	0,038			
Tratamiento	4	0,061	0,015	0,708 ns.	4,77	3,01
Trat*Local.	4	0,049	0,012	0,571ns.	4,77	3,01
Error	16	0,343	0,021			
Total	29	0,605				

CV.% 13,48%

**Anexo C. Análisis de varianza para densidad real del suelo entre 0-10 cm.**

Lote1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,067	2	0,034	1,595	0,01	0,05
Tratamientos	0,11	4	0,027	1,282	7,01	3,84
Error	0,17	8	0,021			
Total	0,34	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,088	2	0,044	1,183	0	0,05
Tratamientos	0,14	4	0,035	0,942	7	3,84
Error	0,30	8	0,037			
Total	0,53	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para densidad real suelo entre 0-10 cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	99,208	99,208	3394,543	7,6	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	0,156	0,039			
Tratamiento	4	0,130	0,032	1,110	4,8	3,01
Trat*Local	4	0,119	0,030	1,018	4,8	3,01
Error	16	0,468	0,029			
Total	29	0,872				

CV.% **10,67**

**Anexo D. Análisis de varianza para porosidad total del suelo entre 0-10cm.**

Lote 1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	208,133	2	104,067	4,999	0,01	0,05
Tratamientos	117,07	4	29,267	1,406 ns.	7,01	3,84
Error	166,53	8	20,817			
Total	491,73	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	54,933	2	27,467	0,595	0,01	0,05
Tratamientos	155,33	4	38,833	0,842 ns.	7,01	3,84
Error	369,07	8	46,133			
Total	579,33	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para porosidad total del suelo entre 0-10cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	50288,600	50288,600	1502,273**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	263,067	65,767			
Tratamiento	4	93,533	23,383	0,699ns	4,77	3,01
Trat*Local.	4	178,867	44,717	1,336ns	4,77	3,01
Error	16	535,600	33,475			
Total	29	1071,067				

CV.% 9,99%

**Anexo E. Análisis de varianza para Humedad volumétrica del suelo entre 0-10cm.**

Lote1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	181,188	2	90,5940	1,3030	0,01	0,05
Tratamientos	476,73	4	119,1819	1,7141 ns	7,01	3,84
Error	556,24	8	69,5295			
Total	1214,15	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	197,639	2	98,8196	1,3504	0,01	0,05
Tratamientos	41,36	4	10,3406	0,1413 ns	7,01	3,84
Error	585,43	8	73,1788			
Total	824,43	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para humedad volumétrica del suelo entre 0-10cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	22656,388	22656,388	317,520**	7,64	4,2
Bloque Dentro						
De Localidad	4	378,827	94,707			
Tratamiento	4	347,729	86,932	1,218 ns	4,77	3,01
Trat*Local.	4	170,361	42,590	0,597ns	4,77	3,01
Error	16	1141,667	71,354			
Total	29	2038,584				

CV.% 21,8%

**Anexo F. Análisis de varianza para humedad volumétrica del suelo entre 10-20cm.**

Lote1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	135,153	2	67,576	0,894	0,01	0,05
Tratamientos	123,49	4	30,873	0,408 ns	7,01	3,84
Error	604,94	8	75,617			
Total	863,58	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	228,326	2	114,163	2,156	0,01	0,05
Tratamientos	86,17	4	21,542	0,407 ns	7,01	3,84
Error	423,70	8	52,962			
Total	738,19	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para humedad volumétrica del suelo entre 10-20 cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	23316,325	23316,325	362,676**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	363,479	90,870			
Tratamiento	4	122,675	30,669	0,477ns	4,77	3,01
Trat*Local.	4	86,987	21,747	0,338ns	4,77	3,01
Error	16	1028,635	64,290			
Total	29	1601,776				

CV.% 20,4%

**Anexo G. Análisis de varianza para Conductividad hidráulica del suelo entre 0-10cm.**

Lote 1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	7,686	2	3,843	0,201	0,01	0,05
Tratamientos	119,79	4	29,946	1,569 ns	7,01	3,84
Error	152,72	8	19,090			
Total	280,20	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	180,962	2	90,481	4,205	0,01	0,05
Tratamientos	96,24	4	24,060	1,118 ns	7,01	3,84
Error	172,14	8	21,518			
Total	449,34	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para conductividad hidráulica del suelo entre 0-10 cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	5920,872	5920,872	291,611**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	188,648	47,162			
Tratamiento	4	96,263	24,066	1,185 ns	4,77	3,01
Trat*Local.	4	119,763	29,941	1,475	4,77	3,01
Error	16	324,864	20,304			
Total	29	729,538				

CV.% 22,68%

**Anexo H. Análisis de varianza para conductividad hidráulica del suelo entre 10-20cm.**

Lote 1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	8,821	2	4,410	0,170	0,01	0,05
Tratamientos	23,21	4	5,804	0,224 ns	7,01	3,84
Error	207,45	8	25,931			
Total	239,48	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	51,979	2	25,990	0,939	0,01	0,05
Tratamientos	82,80	4	20,701	0,748 ns	7,01	3,84
Error	221,52	8	27,690			
Total	356,31	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para conductividad hidráulica del suelo entre 10-20cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	4991,294	4991,294	186,169**	7,64	4,2
Bloque Dentro						
De Localidad	4	60,800	15,200			
Tratamiento	4	80,495	20,124	0,751ns	4,77	3,01
Trat*Local.	4	25,524	6,381	0,238ns	4,77	3,01
Error	16	428,969	26,811			
Total	29	595,787				

CV.% 28,86%

**Anexo I. Análisis de varianza para Espacio aéreo en el suelo entre 0-10cm.**

Lote1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	345,439	2	172,72	5,22	0,01	0,05
Tratamientos	385,60	4	96,40	2,91ns	7,01	3,84
Error	264,73	8	33,09			
Total	995,77	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	49,193	2	24,60	0,33	0,01	0,05
Tratamientos	64,90	4	16,23	0,22 ns	7,01	3,84
Error	598,28	8	74,79			
Total	712,38	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para espacio aéreo en el suelo entre 0-10cm.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	12739,787	12739,787	236,193**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	394,631	98,658			
Tratamiento	4	358,177	89,544	1,660 ns	4,77	3,01
Trat*Local	4	92,326	23,081	0,428ns	4,77	3,01
Error	16	863,009	53,938			
Total	29	1708,143				

CV.% 25,22%

**Anexo J. Análisis de varianza para número de tubérculos de papa gruesa por planta**

Lote1

F.de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	27,488	2	13,7442	3,7929	0,01	0,05
Tratamientos	16,03	4	4,0081	1,1061ns	7,01	3,84
Error	28,99	8	3,6237			
Total	72,51	14				

Lote 2

F.de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	4,085	2	2,043	2,388	0,01	0,05
Tratamientos	47,46	4	11,865	13,870 **	7,01	3,84
Error	6,84	8	0,855			
Total	58,39	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para número de tubérculos de papa gruesa por planta.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	3902,799	3902,799	1742,668**	7.64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	31,574	7,893			
Tratamiento	4	41,849	10,462	4,672*	4,77	3,01
Trat*Local.	4	21,643	5,411	2.416	4,77	3,01
Error	16	35,833	2,240			
Total	29	130,899				

CV.% 9.75%

**Anexo K Análisis de varianza para numero de tubérculos de papa delgada por planta.**

Lote 1

F.de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	29,156	2	14,5782	2,5873	0,01	0,05
Tratamientos	28,87	4	7,2169	1,2809	7,01	3,84
Error	45,08	8	5,6345			
Total	103,10	14				

Lote 2

F.de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	5,687	2	2,8434	2,0431	0,01	0,05
Tratamientos	6,31	4	1,5776	1,1335 ns	7,01	3,84
Error	11,13	8	1,3917			
Total	23,13	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para número de tubérculos de papa delgada por planta

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	4773,12	1358.664	1742,668**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	34,643				
Tratamiento	4	23,428	1.667	4,672*	4,77	3,01
Trat*Local	4	11,751	0.836	2,416	4,77	3,01
Error	16	56,210				
Total	29	126,231				

CV% 10,99%

## Anexo L. Análisis de varianza para Kilogramos de papa gruesa por planta

Lote 1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,045	2	0,02275	8,02	0,01	0,05
Tratamientos	0,00	4	0,00110	0,39 ns	7,01	3,84
Error	0,02	8	0,00284			
Total	0,07	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,006	2	0,0029	2,347	0,01	0,05
Tratamientos	0,03	4	0,0069	5,618 *	7,01	3,84
Error	0,01	8	0,0012			
Total	0,04	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento kilogramos de papa gruesa por planta.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	2,305	2,305	1135,648 **	7,64	4,2
Bloque Dentro						
De Localidad	4	0,051	0,013			
Tratamiento	4	0,024	0,006	3,004*	4,77	3,01
Trat*Local.	4	0,007	0,002	0,923	4,77	3,01
Error	16	0,032	0,002			
Total	29	0,116				

CV.% 19,72%

### Anexo M. Análisis de varianza para kilogramos de papa delgada por planta

Lote 1

F.de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,016	2	0,0082	6,0269	0,01	0,05
Tratamientos	0,00	4	0,0003	0,2276 ns	7,01	3,84
Error	0,01	8	0,0014			
Total	0,03	14				

Lote 2

F.de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	0,0005	2	0,0002	2,8761	0,01	0,05
Tratamientos	0,0009	4	0,0002	2,9826 ns	7,01	3,84
Error	0,0006	8	0,0001			
Total	0,0020	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para kilogramos por planta de papa delgada.

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	1.122	1,122	1562,296**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	0,017	0,004			
Tratamiento	4	0,002	0,000	0,636ns	4,77	3,01
Trat*Local	4	0,000	0,000	0,121ns	4,77	3,01
Error	16	0,011	0,001			
Total	29	0,030				

CV.% 10,15%

**Anexo N. Análisis de varianza para rendimiento total de papa amarilla t/ha.**

Lote 1

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	132,328	2	66,16	7,27	0,01	0,05
Tratamientos	4,66	4	1,16	0,13 ns	7,01	3,84
Error	72,85	8	9,11			
Total	209,84	14				

Lote 2

F. de variabilidad	SC	G.L	CM	FC	F Tabla	
Bloque	10,699	2	5,349	2,666	0,01	0,05
Tratamientos	39,80	4	9,950	4,959 *	7,01	3,84
Error	16,05	8	2,006			
Total	66,55	14				

Análisis de varianza combinado localidades por tratamiento para rendimiento total de papa amarilla en t/ha

F. de variabilidad	GL.	SC	CM	FC	F Tabla	
Localidad	1	7824,194	7824,194	1408,082**	7,64	4,2
Bloque Dentro De Localidad	4	143,027	35,757			
Tratamiento	4	33,544	8,386	1,509ns	4,77	3,01
Trat*Local.	4	10,914	2,729	0,491	4,77	3,01
Error	16	88,906	5,557			
Total	29	276,392				

CV.% 10,9%

## Anexo O . Costo de producción de papa amarilla lote 1

---

### COSTOS DIRECTOS

---

#### MANO DE OBRA

	Unidades	No	Vr unitario	Total
Adecuación	Jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Siembra	Jornales	14	\$ 5,000.00	\$ 70,000.0
Deshierba y aporque	Jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Cosecha	Jornales	35	\$ 5,000.00	\$ 175,000.0
Aplicación pesticidas	Jornales	30	\$ 5,000.00	\$ 150,000.0
<b>Subtotal</b>		<b>135</b>		<b>\$ 675,000.0</b>

#### INSUMOS

<b>Semilla</b>	Bultos	15	\$ 30,000.00	\$ 450,000.0
<b>Fertilizantes 15-15-15</b>	Bultos	25.6	\$ 40,000.00	<b>\$ 1,024,000.0</b>

#### Insecticidas

Furadan	Kilos	33	\$ 5,000.00	\$ 165,000.0
Roxion	Litros	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.0
Clorpirifos	Litros	4	\$ 25,000.00	\$ 100,000.0

#### Subtotal

**\$ 331,000.0**

#### Fungicidas

Forum	Papeleta 120gr.	6	\$ 15,000.00	\$ 90,000.0
Grolan	Libras	6	\$ 14,000.00	\$ 84,000.0

#### Subtotal

**\$ 174,000.0**

#### Transporte

Insumos				\$ 75,000.0
Producto al mercado	Bulto	501	\$ 1,000.00	\$ 501,000.0

#### Subtotal

**\$ 576,000.0**

#### Empaques

Unidades	Ciento	5	\$ 80,000.00	\$ 400,000.0
Rollo cabuya	Rollo*1500m	2	\$ 6,000.00	\$ 12,000.0

#### Subtotal

**\$ 412,000.0**

#### TOTAL C. DIRECTOS

**\$ 3,044,000.0**

#### COSTOS INDIRECTOS

Arrendamientos	Ha.	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.0
Administración 5% Cd).				\$ 15,220.0
Intereses 36% anual	Meses	5		\$ 91,320.0

#### TOTAL C. INDIRECTOS

**\$ 306,540.0**

#### COSTOS TOTALES

**\$ 3,498,540.0**

---

## Anexo P . Costo de producción de papa amarilla Lote 2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>				
	<b>Unidades</b>	<b>No</b>	<b>vr unitario</b>	<b>Total</b>
Adecuación	Jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Siembra	Jornales	14	\$ 5,000.00	\$ 70,000.0
Deshierba y aporque	Jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Cosecha	Jornales	23	\$ 5,000.00	\$ 115,000.0
Aplicación pesticidas	Jornales	30	\$ 5,000.00	\$ 150,000.0
<b>Subtotal</b>		<b>123</b>		<b>\$ 615,000.0</b>
<b>INSUMOS</b>				
<b>Semilla</b>	Bultos	15	\$ 30,000.00	\$ 450,000.0
<b>Fertilizantes 15-15-15</b>	Bultos	25.6	\$ 40,000.00	<b>\$ 1,024,000.0</b>
<b>Insecticidas</b>				
Furadan	Kilos	33	\$ 5,000.00	\$ 165,000.0
Roxion	Litros	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.0
Clorpirifos	Litros	4	\$ 25,000.00	\$ 100,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 331,000.0</b>
<b>Fungicidas</b>				
Forum	Papeleta 120gr.	6	\$ 15,000.00	\$ 90,000.0
Grolan	Libras	6	\$ 14,000.00	\$ 84,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 174,000.0</b>
<b>Transporte</b>				
Insumos				\$ 75,000.0
Producto al mercado	Bulto	335	\$ 1,000.00	\$ 335,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 410,000.0</b>
<b>Empaques</b>				
Unidades	Ciento	3.5	\$ 80,000.00	\$ 280,000.0
Rollo cabuya	Rollo*1500mt	1.5	\$ 6,000.00	\$ 9,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 289,000.0</b>
<b>TOTAL C. DIRECTOS</b>				<b>\$ 2,732,000.0</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Arrendamientos	Ha.	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.0
Administración (5% Cd).				\$ 13,660.0
Intereses 36% anual	meses	5		\$ 81,960.0
<b>TOTAL C. INDIRECTOS</b>				<b>\$ 295,620.0</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 3,138,620.0</b>

**Anexo Q. Estimación aproximada del costo de los tratamientos aplicados al suelo**

Detalle	Unidad	cantidad	vr unitario	vr total	Zanja fértil avena	Zanja fértil abono verde avena	abono verde	avena	Testigo absoluto
					T1	T2	T3	T4	T5
Apertura 1° zanja	Yuntas	10	12000	120000					
Apertura 2° zanja	Yuntas	10	12000	120000					
Incorporacion tamo	Jor	3	6000	18000					
Aplicación caldo microbial	Jor	2	6000	12000					
Cobertura tamo	Jor	5	6000	30000					
caldo microbial	Lit	400	10	4000					
Tamo	Ton	6	8300	49800					
<b>SUBTOTAL</b>				<b>353800</b>	353800	353800			
<b>Chocho</b>									
Semilla lupinus	kg	80	2500	200000					
Fertilizantes 13-26-6	kg	75.2	256	19251.2					
Siembra	jor	10	6000	60000					
Corte	jor	5	6000	30000					
Incorporación	yun	5	12000	60000					
<b>SUBTOTAL</b>				<b>369251</b>		369251.2	369251.2		
<b>Avena</b>									
Semilla avena	kg	170	500	85000					
Fertilizantes 13-26-6	kg	200	256	51200					
Siembra	jor	15	6000	90000					
corte	jor	5	6000	30000					
Incorporación	yun	5	12000	60000					
<b>SUBTOTAL</b>				<b>316200</b>	316200	316200		316200	0
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 670,000.00</b>	<b>\$ 1,039,251.20</b>	<b>\$ 369,251.20</b>	<b>\$ 316,200.00</b>	<b>\$ -</b>

**Anexo R. Costos de producción del cultivo de papa criolla con la utilización de zanjas fértiles y avena.**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>				
	<b>unidades</b>	<b>No</b>	<b>vr unitario</b>	<b>total</b>
Adecuación	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Siembra	jornales	14	\$ 5,000.00	\$ 70,000.0
Deshierba y aporque	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Cosecha	jornales	11	\$ 5,000.00	\$ 55,000.0
Aplicación pesticidas	jornales	30	\$ 5,000.00	\$ 150,000.0
<b>Subtotal</b>		<b>111</b>		<b>\$ 555,000.0</b>
<b>INSUMOS</b>				
<b>Semilla</b>	bultos	15	\$ 30,000.00	\$ 450,000.0
<b>Fertilizantes 15-15-15</b>	bultos	25.6	\$ 40,000.00	<b>\$ 1,024,000.0</b>
<b>Insecticidas</b>				
Furadan	kilos	33	\$ 5,000.00	\$ 165,000.0
Roxion	litros	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.0
Clorpirifos	litros	4	\$ 25,000.00	\$ 100,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 331,000.0</b>
<b>Fungicidas</b>				
Forum	papeleta 120gr.	6	\$ 15,000.00	\$ 90,000.0
Grolan	Libras	6	\$ 14,000.00	\$ 84,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 174,000.0</b>
<b>Transporte</b>				
Insumos				\$ 75,000.0
Producto al mercado	bulto	456	\$ 1,000.00	\$ 456,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 531,000.0</b>
<b>Empaques</b>				
Unidades	ciento	4.5	\$ 80,000.00	\$ 360,000.0
Rollo cabuya	rollo*1500mt	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 366,000.0</b>
<b>TOTAL C. DIRTECTOS</b>				<b>\$ 2,981,000.0</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
costo tratamiento				\$ 670,000.0
Arrendamientos	ha.	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.0
Administración (5% Cd).				\$ 14,160.0
Intereses 36% anual	meses	5		\$ 84,960.0
<b>TOTAL C. INDIRECTOS</b>				<b>\$ 969,120.0</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 3,950,120.0</b>

**Anexo S. Costos de producción del cultivo de papa criolla con la utilización de zanjas fértiles abono verde y avena.**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>				
	<b>unidades</b>	<b>No</b>	<b>vr unitario</b>	<b>total</b>
Adecuación	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Siembra	jornales	14	\$ 5,000.00	\$ 70,000.0
Deshierba y aporque	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Cosecha	jornales	13	\$ 5,000.00	\$ 65,000.0
Aplicación pesticidas	jornales	30	\$ 5,000.00	\$ 150,000.0
<b>Subtotal</b>		<b>113</b>		<b>\$ 565,000.0</b>
<b>INSUMOS</b>				
<b>Semilla</b>	bultos	15	\$ 30,000.00	\$ 450,000.0
<b>Fertilizantes 15-15-15</b>	bultos	25.6	\$ 40,000.00	<b>\$ 1,024,000.0</b>
<b>Insecticidas</b>				
Furadan	kilos	33	\$ 5,000.00	\$ 165,000.0
Roxion	litros	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.0
Clorpirifos	litros	4	\$ 25,000.00	\$ 100,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 331,000.0</b>
<b>Fungicidas</b>				
Forum	papeleta 120gr.	6	\$ 15,000.00	\$ 90,000.0
Grolan	Libras	6	\$ 14,000.00	\$ 84,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 174,000.0</b>
<b>Transporte</b>				
Insumos				\$ 75,000.0
Producto al mercado	bulto	444	\$ 1,000.00	\$ 444,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 519,000.0</b>
<b>Empaques</b>				
Unidades	ciento	4.5	\$ 80,000.00	\$ 360,000.0
Rollo cabuya	rollo*1500mt	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 366,000.0</b>
<b>TOTAL C. DIRECTOS</b>				<b>\$ 2,979,000.0</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
costo tratamiento				\$ 1,039,251.2
Arrendamientos	ha.	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.0
Administración (5% Cd).				\$ 14,115.0
Intereses 36% anual	meses	5		\$ 84,690.0
<b>TOTAL C. INDIRECTOS</b>				<b>\$ 1,338,056.2</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 4,317,056.2</b>

**Anexo T. Costos de producción de papa criolla con la utilización de abono verde.**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>				
	<b>unidades</b>	<b>No</b>	<b>vr unitario</b>	<b>total</b>
Adecuación	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Siembra	jornales	14	\$ 5,000.00	\$ 70,000.0
Deshierba y aporque	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Cosecha	jornales	11	\$ 5,000.00	\$ 55,000.0
Aplicación pesticidas	jornales	30	\$ 5,000.00	\$ 150,000.0
<b>Subtotal</b>		<b>111</b>		<b>\$ 555,000.0</b>
<b>INSUMOS</b>				
<b>Semilla</b>	bultos	15	\$ 30,000.00	\$ 450,000.0
<b>Fertilizantes 15-15-15</b>	bultos	25.6	\$ 40,000.00	<b>\$ 1,024,000.0</b>
<b>Insecticidas</b>				
Furadan	kilos	33	\$ 5,000.00	\$ 165,000.0
Roxion	litros	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.0
Clorpirifos	litros	4	\$ 25,000.00	\$ 100,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 331,000.0</b>
<b>Fungicidas</b>				
Forum	papeleta 120gr.	6	\$ 15,000.00	\$ 90,000.0
Grolan	Libras	6	\$ 14,000.00	\$ 84,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 174,000.0</b>
<b>Transporte</b>				
Insumos				\$ 75,000.0
Producto al mercado	bulto	403	\$ 1,000.00	\$ 403,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 478,000.0</b>
<b>Empaques</b>				
Unidades	ciento	4.3	\$ 80,000.00	\$ 350,000.0
Rollo cabuya	rollo*1500mt	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 356,000.0</b>
<b>TOTAL C. DIRTECTOS</b>				<b>\$ 2,918,000.0</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
costo tratamiento				\$ 369,251.2
Arrendamientos	ha.	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.0
Administración (5% Cd).				\$ 13,770.0
Intereses 36% anual	meses	5		\$ 82,620.0
<b>TOTAL C. INDIRECTOS</b>				<b>\$ 665,641.2</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 3,583,641.2</b>

**Anexo U. Costos de producción del cultivo de papa criolla con la utilización de avena.**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>				
	<b>unidades</b>	<b>No</b>	<b>vr unitario</b>	<b>Total</b>
Adecuación	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Siembra	jornales	14	\$ 5,000.00	\$ 70,000.0
Deshierba y aporque	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0
Cosecha	jornales	13	\$ 5,000.00	\$ 65,000.0
Aplicación pesticidas	jornales	30	\$ 5,000.00	\$ 150,000.0
<b>Subtotal</b>		<b>113</b>		<b>\$ 565,000.0</b>
<b>INSUMOS</b>				
<b>Semilla</b>	bultos	15	\$ 30,000.00	\$ 450,000.0
<b>Fertilizantes 15-15-15</b>	bultos	25.6	\$ 40,000.00	<b>\$ 1,024,000.0</b>
<b>Insecticidas</b>				
Furadan	kilos	33	\$ 5,000.00	\$ 165,000.0
Roxion	litros	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.0
Clorpirifos	litros	4	\$ 25,000.00	\$ 100,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 331,000.0</b>
<b>Fungicidas</b>				
Forum	papeleta 120gr.	6	\$ 15,000.00	\$ 90,000.0
Grolan	Libras	6	\$ 14,000.00	\$ 84,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 174,000.0</b>
<b>Transporte</b>				
Insumos				\$ 75,000.0
Producto al mercado	bulto	444	\$ 1,000.00	\$ 444,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 519,000.0</b>
<b>Empaques</b>				
Unidades	ciento	4.5	\$ 80,000.00	\$ 360,000.0
Rollo cabuya	rollo*1500mt	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.0
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 366,000.0</b>
<b>TOTAL C. DIRECTOS</b>				<b>\$ 2,979,000.0</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
costo del tratamiento				\$ 316,200.0
Arrendamientos	ha.	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.0
Administración (5% Cd).				\$ 14,105.0
Intereses 36% anual	meses	5		\$ 84,630.0
<b>TOTAL C. INDIRECTOS</b>				<b>\$ 614,935.0</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 3,593,935.0</b>

## Anexo V. Costos de producción del cultivo de papa criolla en el testigo absoluto.

<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>MANO DE OBRA</b>					
	<b>unidades</b>	<b>No</b>	<b>vr unitario</b>	<b>total</b>	
Adecuación	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0	
Siembra	jornales	14	\$ 5,000.00	\$ 70,000.0	
Deshierba y aporque	jornales	28	\$ 5,000.00	\$ 140,000.0	
Cosecha	jornales	11	\$ 5,000.00	\$ 55,000.0	
Aplicación pesticidas	jornales	30	\$ 5,000.00	\$ 150,000.0	
<b>Subtotal</b>		<b>111</b>		<b>\$ 555,000.0</b>	
<b>INSUMOS</b>					
<b>Semilla</b>	bultos	15	\$ 30,000.00	\$ 450,000.0	
<b>Fertilizantes 15-15-15</b>	bultos	25.6	\$ 40,000.00	<b>\$ 1,024,000.0</b>	
<b>Insecticidas</b>					
Furadan	kilos	33	\$ 5,000.00	\$ 165,000.0	
Roxion	litros	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.0	
Clorpirifos	litros	4	\$ 25,000.00	\$ 100,000.0	
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 331,000.0</b>	
<b>Fungicidas</b>					
Forum	papeleta 120gr.	6	\$ 15,000.00	\$ 90,000.0	
Grolan	Libras	6	\$ 14,000.00	\$ 84,000.0	
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 174,000.0</b>	
<b>Transporte</b>					
Insumos				\$ 75,000.0	
Producto al mercado	bulto	411	\$ 1,000.00	\$ 411,000.0	
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 486,000.0</b>	
<b>Empaques</b>					
Unidades	ciento	4.2	\$ 80,000.00	\$ 336,000.0	
Rollo cabuya	rollo*1500mt	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.0	
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 342,000.0</b>	
<b>TOTAL C. DIRTECTOS</b>				<b>\$ 2,912,000.0</b>	
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
costo tratamiento				\$ 0.0	
Arrendamientos	ha.	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.0	
Administración (5% Cd).				\$ 14,160.0	
Intereses 36% anual	meses	5		\$ 84,960.0	
<b>TOTAL C. INDIRECTOS</b>				<b>\$ 299,120.0</b>	
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 3,211,120.0</b>	