

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS  
DEL SUELO BAJO DOS MODALIDADES DE ZANJAS DE ALTA FERTILIDAD,  
Y LA PRODUCTIVIDAD DE ARVEJA (Pisum sativum) V. SANTA ISABEL, EN  
EL CORREGIMIENTO DE MAPACHICO, MUNICIPIO DE PASTO (NARIÑO)**

**CARLOS DAVID BRAVO BETANCOURTH  
CARLOS EFRAIN SANCHEZ PORTILLA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PASTO - COLOMBIA  
2005**

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS  
DEL SUELO BAJO DOS MODALIDADES DE ZANJAS DE ALTA FERTILIDAD,  
Y LA PRODUCTIVIDAD DE ARVEJA (Pisum sativum) V. SANTA ISABEL, EN  
EL CORREGIMIENTO MAPACHICO, MUNICIPIO DE PASTO (NARIÑO)**

**CARLOS DAVID BRAVO BETANCOURTH  
CARLOS EFRAIN SANCHEZ PORTILLA**

**Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar  
el título de Ingeniero Agrónomo.**

**Presidente de tesis:**

**HUGO RUIZ ERAZO I.A., M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PASTO - COLOMBIA  
2005**

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

Artículo 1º Del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

HUGO RUIZ ERASO  
Presidente

---

JESÚS CASTILLO MARIN  
Jurado

---

CARLOS PANTOJA LOPEZ  
Jurado

---

MARINO RODRÍGUEZ R.  
Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2005

## **DEDICATORIA**

Dedico a:

Dios

Mi madre

Mi esposa

Mi hija Isabela

Mi hermano Ivan

**CARLOS DAVID BRAVO BETANCOURTH**

## **DEDICATORIA**

Dedico a:

Dios

Mi Madre Teresa

Mis hermanos Jorge y Luís

Mis Amigos

**CARLOS EFRAÍN SANCHEZ PORTILLA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

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

Germán Arteaga Meneses. Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Decano Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Alvaro Castillo. Secretario Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Jesús Castillo. M.S.c. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Carlos Pantoja López. Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Instituto Colombiano Agropecuario I.C.A.

Marino Rodríguez. Ingeniero Agrónomo. M. Sc. Instituto Colombiano Agropecuario I.C.A.

Hugo Ruíz Eraso. Ingeniero Agrónomo. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

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

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	21
1. MARCO TEÓRICO	22
1.1 GENERALIDADES	22
1.1.1 Degradación de suelos y erosión	22
1.1.2 Significado del problema	23
1.2 EROSIÓN	23
1.2.1 Concepto	25
1.2.2 Causas	25
1.2.3 Consecuencias	26
1.2.4 Límites tolerables de la erosión	27
1.3 IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS	27
1.3.1. Importancia	28
1.3.2 Influencia con crecimiento de las raíces y plantas	29
1.3.3 Relación con el crecimiento de las raíces	30
1.4 MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS	31
1.4.1 La materia orgánica	31
1.4.2 Importancia de la materia orgánica	31
1.4.3 Efectos de la materia orgánica sobre las características físicas del suelo	33
1.4.4 Importancia del humus	36
1.4.5 Las enmiendas orgánicas	36
1.4.6 Los abonos verdes y sus ventajas	37
1.4.7 Alternativas para detener el proceso erosivo	39
1.4.7.1 Rotación de cultivos	40
1.4.7.2 Subsoladores biológicos	40



1.4.7.3 Zanjales fértiles	40
1.4.7.4 Zanjales de infiltración	42
1.4.7.5 Cultivos de cobertura	42
1.4.7.6 Cultivos en contorno	43
1.4.7.7 Labranza reducida y labranza cero	43
1.4.7.8 Terrazas	43
2. DISEÑO METODOLOGICO	44
2.1 ANTECEDENTES	44
2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	46
2.3 DISTRIBUCIÓN EXPERIMENTAL	47
2.4 SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN	48
2.5 LABORES CULTURALES	48
2.5.1 Control de plagas	48
2.5.2 Control de enfermedades	48
2.6 VARIABLES EVALUADAS	48
2.6.1 Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo	48
2.6.1.1 Densidad aparente (gr /cc)	49
2.6.1.2 Densidad real	49
2.6.1.3 Porosidad total	49
2.6.1.4 Penetrabilidad	50
2.6.1.5 Espacio aéreo	50
2.6.2 COMPONENTES DE RENDIMIENTO	50
2.6.2.1 Número de vainas por planta	50
2.6.2.2 Número de granos por vaina	50
2.6.2.3 Peso de 100 granos	51
2.6.2.4 Rendimiento	51
2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
2.7.1 Análisis de regresión entre las propiedades del suelo	51
2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO	52

3. RESULTADOS Y DISCUSION	53
3.1 DENSIDAD APARENTE	53
3.1.1 Comparación entre sitios	53
3.1.2 Comparación entre tratamientos	53
3.2 DENSIDAD REAL	55
3.2.1 Comparación entre sitios	55
3.2.2 Comparación entre tratamientos	56
3.3 POROSIDAD TOTAL	56
3.3.1 Comparación entre sitios	56
3.3.2 Comparación entre tratamientos	58
3.4 HUMEDAD VOLUMÉTRICA	59
3.4.1 Comparación entre sitios	59
3.4.2 Comparación entre tratamientos	59
3.5 PENETRABILIDAD	60
3.5.1 Comparación entre sitios	60
3.5.2 Comparación entre tratamientos	60
3.6 ESPACIO AÉREO	63
3.6.1 Comparación entre sitios	63
3.6.2 Comparación entre tratamientos	63
3.7 PROYECCIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO	65
3.8 COMPONENTES DE RENDIMIENTO	66
3.8.1 Número de vainas por planta	66
3.8.1.1 Comparación entre sitios	66
3.8.1.2 Comparación entre tratamientos	67
3.8.2 Número de granos por vaina.	68
3.8.2.1 Comparación entre sitios	68
3.8.2.2 Comparación entre tratamientos	69
3.8.3 Peso de 100 granos	69
3.8.3.1 Comparación entre sitios	69

3.8.3.2 Comparación entre tratamientos	70
3.8.4 Producción (kg/ha)	70
3.8.4.1 Comparación entre sitios	70
3.8.4.2 Comparación entre tratamientos	71
3.9 ANÁLISIS DE REGRESIÓN ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS, DETERMINADAS EN LABORATORIO Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO	72
4. ANÁLISIS ECONÓMICO	74
4.1 COMPARACIÓN ENTRE SITIOS	74
4.2 COMPARACIÓN ENTRE TRATAMIENTOS	74
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES	77
7. BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	83

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Fecha correspondiente a las prácticas de este estudio.	46
Tabla 2. Ingreso neto del cultivo de arveja variedad Santa Isabel en los dos lotes.	75
Tabla 3. Ingreso (Bruto y Neto), utilidad y porcentaje de rentabilidad para cada tratamiento.	75

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa de campo	47
Figura 2. Descripción del tratamiento zanja fértil	48
Figura 3. Densidad aparente del suelo a una profundidad de 0 a 10 cm. en el sitio 1.	54
Figura 4. Densidad aparente del suelo a una profundidad de 0 a 10 cm. en el sitio 2	55
Figura 5. Porosidad Total Sitio 1.	57
Figura 6. Porosidad Total Sitio 2.	58
Figura 7. Penetrabilidad y humedad volumétrica en función de la profundidad del suelo para el tratamiento T2.	62
Figura 8. Espacio aéreo Sitio 1	64
Figura 9. Espacio aéreo Sitio 2	65
Figura 10. Efecto de las zanjas fértiles sobre el número de vainas por planta a una profundidad de 0 a 10 cm para los 2 sitios.	68
Figura 11. Efecto de las zanjas fértiles y abono verde sobre el rendimiento de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) variedad Santa Isabel a una profundidad de 0 a 10 cm para los 2 sitios	72

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza para las variables porosidad total, humedad volumétrica, espacio aéreo, penetrabilidad, densidad aparente y densidad real en la evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad, y la productividad de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) Var. Santa Isabel, en la vereda Mapachico, municipio de Pasto (Nariño).	84
Anexo B. Prueba de Tukey para las variables porosidad total, humedad volumétrica, espacio aéreo, penetrabilidad, densidad aparente y densidad real, con valores medios entre sitios, tratamientos y la interacción sitio por tratamiento.	85
Anexo C. Penetrabilidad y humedad volumétrica en función de la profundidad del suelo para el Tratamiento 5	86
Anexo D. Penetrabilidad y humedad volumétrica en función de la profundidad del suelo para el Tratamiento 1	87
Anexo E. Análisis de varianza para las variables número de vainas planta, número de granos vaina, peso de cien granos y rendimiento en la evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad, y la productividad de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) Var. Santa Isabel, en la vereda Mapachico, municipio de Pasto (Nariño).	88
Anexo F. Prueba de Tukey para las variables número de vainas plantas, número de granos, peso de cien granos y rendimiento, con valores medios entre sitios, tratamientos y la interacción sitio por tratamiento.	89
Anexo G. Análisis de regresión lineal Rendimiento Vs Penetrabilidad	90
Anexo H. Análisis de regresión lineal Rendimiento Vs rendimiento	91
Anexo I. Costo de producción de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) var. Santa Isabel sitio 1/ha.	92
Anexo J. Costo de producción de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) var. Santa Isabel sitio 2	93

Anexo K. Estimación aproximada del costo de los tratamientos aplicados al suelo	94
Anexo L. Costo de producción de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) var. Santa Isabel tratamiento T1 (zanjas fértiles avena) rendimiento de 1615 Kg./ha	95
Anexo M. Costo de producción de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) var. Santa Isabel tratamiento T2 (zanjas fértiles abono verde – avena) rendimiento de 2140 Kg./ha	96
Anexo N Costo de producción de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) var. Santa Isabel tratamiento T3 (abono verde) rendimiento de 792 Kg./ha	97
Anexo O Costo de producción de arveja ( <u>Pisum Sativum</u> ) var. Santa Isabel tratamiento T4 (avena) rendimiento de 602 Kg./ha	98
Anexo P. Costo de producción de arveja ( <u>Pisum sativum</u> ) var. Santa Isabel tratamiento T5 (testigo) rendimiento de 398 Kg./ha	99

## GLOSARIO

**ARCILLA:** partícula mineral del suelo cuyo diámetro es inferior a 0,02 milímetros o a su equivalente a 2 micras. Constituye los llamados minerales secundarios del suelo por ser la partícula mineral de menor tamaño.

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

**DENSIDAD DEL SUELO:** relación entre el peso seco del suelo y su volumen desplazado en agua se expresa en gr/cc.

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

**ESTRUCTURA:** propiedad física del suelo que indica el grado de agregación y estabilidad de un suelo. Es sinónimo de arquitectura del suelo.

**HUMUS:** parte viva del suelo, derivado de la descomposición de la materia orgánica.

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

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

**ZANJA FÉRTIL:** es una práctica mecánica que consiste en restituir la capacidad productiva de los suelos que han sido abandonados para labores agropecuarias.

**CALDO MICROBIAL:** es una mezcla la cual se elabora a partir de estiércol de ganado, leche, melaza, levadura y agua oxigenada.

**CANGUAGUA:** suelo denominado así por su origen volcánico con características de afloramiento de piedra y suelos superficiales endurecidos.



## RESUMEN

El trabajo se realizó 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 de 500 – 1000 mm (1998), sobre dos suelos andisoles superficiales, con presencia de un horizonte inferior compacto y responde a una investigación sistémica y sistemática de la Facultad de Ciencias Agrícolas sobre las zanjas de alta fertilidad que se viene desarrollando a partir de 1998. Con el fin de evaluar algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad y la producción de arveja variedad Santa Isabel.

Las variables evaluadas fueron densidad aparente, densidad real, porosidad total, humedad volumétrica, penetrabilidad, espacio aéreo y variables de rendimiento como número de vainas/planta, número de granos/vaina, peso de 100 granos y rendimiento total en Kg./ha. Se trabajó bajo un diseño de bloques al azar con arreglo combinado sitios por tratamiento, con cinco tratamientos, tres repeticiones y análisis de regresión lineal para las propiedades físicas del suelo. Posteriormente se interpretaron los resultados de acuerdo con el análisis de varianza y la prueba de significación de Tukey.

Los tratamientos T1 (zanjas fértiles – avena) y T2 (zanjas fértiles – abono verde – avena), mostraron efectos favorables en cuanto a la densidad aparente (0.98 gr./cc y 0.95 gr/cc) y la porosidad total (56.29% y 59.19%) respectivamente, en comparación con el T5 (testigo) quien no presento valores positivos, por lo tanto los tratamientos T1 y T2 contribuyeron al mejoramiento de las propiedades físicas traducido en la disminución de la resistencia a la penetración de 3.75 mpa en el T5 a 0.63 mpa para el T1 y 0.71 Mpa para el T2; mejoramiento que se refleja en el mayor rendimiento de arveja con 2.139 Kg/Ha.

La producción del sitio 1 (1268,2 kg/ha) fue mayor posiblemente a que en este suelo se presentaron las mejores condiciones proporcionadas por las propiedades físicas como la densidad aparente (0,98 g/cc) además la porosidad total fue mayor (57,48%) junto con la humedad volumétrica (26.41%) y las características propias de cada suelo.

Por otra parte el análisis económico indica que el ingreso neto obtenido por el sitio 1 con \$2'452.612 pesos/ha mostró diferencias estadísticas con el sitio 2 cuyo ingreso neto fue de \$ 1'536,412 pesos/ha. El T2 quien genero mayor tasa de rentabilidad (137%) con \$ 3'720.200 pesos/Ha. De ingreso neto Seguido por el T1 con \$2'668.796 pesos/Ha. De ingreso neto mientras que en el T5 se obtuvo perdidas del orden de \$32.000 pesos/Ha (-2.5% de rentabilidad del capital invertido).

## ABSTRACT

The Work was realized in the Pistrict of Mapachico placed at 7 Km. of Pasto, and it is located at height of 2710 msnm, and with a temperature of 13°C and precipitation from 500 to 1000 mm, over two grounds Andean superficial suns, with presence of a compact and lower horizon which responds to systemic and systematic of faculty of agricultural sciences on the gutters of high fertility that have been developing properties of ground about two kinds of gutters of high fertility and the production of pea like a variety of Santa Isabel.

The variables assessed were apparent density, real density, total porosity, volumetric humidity, penetrability, air space and parameters of yield as number of sheat / plant, number of grains / sheat, weight of 100 grains and total yield kg/ha. It worked under a design of block at random with a mixed arrangement of locations by treatment with five treatments, three repetitions and correlated analysis of Pearson for the physical properties of ground. Later on results were interpreted accordingly with the analysis of variance and the test of significance of Tukey.

The treatments T1 (fertile gutters oat) and T2 fertile gutter green fertilizer oat), they showed favorable effects in apparent density (0.98 gr. /cc and 0.95 gr/cc) and the total porosity (56.29% and 59.19%) respectively, and the T5 (witness) was not showed positive values, therefore the treatments T1 and T2 contributed to improvement of physical properties it is to say decrease of resistance to penetration of 3.75 mpa in the T5 to 0.63 mpa for the T1 and 0.71 mpa for the T2; improvement that reflects in the major yield with 2.139 Kg/Ha.

The production of the locality 1 (1268,2 kg/ha) possibly was higher than in the ground with better conditions like physical properties as apparent density (0,98 g/cc) that correlated with the volumetric humidity (26.41%) joined to the differences between the two locations because of their own characteristics of each ground.

By other hand the economical analysis shows that the net entrance obtained by the locality 1 with 2'452.612/ha; shown differences with the locality 2 which had a net entrance of \$1'536.412 \$/ha; and the conclusion was that the T2 was more profitability rate (137%) with \$ 3'720.200 \$/ha; following by the T1 with \$2'668.796\$/ha and the T5 got lost of \$ 32.000 \$ / ha (-2.5% of profitability of invest capital).

## INTRODUCCIÓN

La producción de los cultivos se basa en la interacción suelo - agua - planta atmósfera; la variación de uno de estos componentes produce una variación entre ellos, perjudicando en ocasiones a las cosechas. El suelo, principal componente de este sistema, es el escenario donde las plantas a través de sus raíces extraen los nutrientes y el agua necesarios para poder cumplir con su ciclo biológico.

La erosión es la principal causa por la cual los suelos en la zona Andina del Departamento de Nariño ha perdido su fertilidad y utilidad agrícola, constituyendo en la actualidad una amenaza seria para el bienestar de la humanidad. La pérdida del suelo representa uno de los factores que limita gravemente la producción agrícola y las posibilidades de aprovechamiento de la tierra, no es posible obtener ingresos económicos rentables con la sola utilización de variedades mejoradas y prácticas agronómicas adecuadas, si no se mantiene y conserva el suelo con un grado óptimo de fertilidad.

El proceso de erosión acelerada es el principal limitante de la agricultura regional que se manifiesta por la pérdida de la capa vegetal, con un horizonte superficial delgado sentado sobre un horizonte interno compacto, baja capacidad de retención de agua, pérdida notable de las propiedades físicas, decrecimiento de la productividad y baja rentabilidad de los sistemas de producción.

Las medidas para prevenir el deterioro están encaminadas a devolver la fertilidad orgánica y a mejorar las condiciones físicas, lo cual puede lograrse con el empleo de abonos verdes en labores que conduzcan a la recuperación y conducción de los horizontes superiores.

El trabajo que se desarrolló está enfocado ha beneficiar a las zonas trigueras degradadas del departamento de Nariño, que consta de los siguientes municipios: Tangua, Yacuanquer, Iles, Contadero, Guaitarilla, Imués, Ospina y Gualmatán, que en la actualidad presentan pérdidas de la capa productiva del suelo, representado en un área de 3000 has. Aproximadamente.

El presente estudio se realizó con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

Evaluar el efecto de “zanjas de alta fertilidad” sobre los componentes de rendimiento en la producción de grano seco de arveja (*pisum sativum*) y algunas propiedades físicas del suelo.

Realizar un análisis de costos entre los diferentes tipos de zanjas para determinar la viabilidad económica de este trabajo en el campo.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 GENERALIDADES

#### 1.1.1 Degradación de suelos y erosión. Saavedra *et al*, reportan que:

La problemática de la degradación de los suelos en la faja tropical del mundo se hace cada día mas grave y aun es mas intensa en las zonas secas de la citada faja. En 1993 se estimaba que existen en el mundo 6.100 millones de hectáreas de tierras áridas, es decir cerca del 42% del territorio mundial, la mayor parte concentrada en África y Asa; en Colombia las zonas desérticas identificadas representan el 15% del territorio nacional, muy bajo si se compara con otros países<sup>1</sup>.

Al respecto García manifiesta que:

La degradación física del suelo se refiere a los cambios negativos en las propiedades físicas del suelo, como son una menor porosidad y, permeabilidad, mayor densidad aparente e inestabilidad estructural. Se produce por la realización de prácticas de manejo inadecuadas, muy habituales en agricultura convencional, tales como: el exceso de laboreo, la escasa adición de materia orgánica al suelo, la utilización de plaguicidas y el mantenimiento desnudo del suelo<sup>2</sup>.

Burbano manifiesta que:

Luego del análisis de la información suministrada por los indicadores considerados en el modelo de desertificación en Colombia, las tierras afectadas por este proceso totalizan 4'828.875 hectáreas, correspondientes al 4.3% del territorio; el proceso alcanza niveles extremos de gravedad y de insostenibilidad, en tanto que en el 0.73% los niveles son moderados y en el 2.89% restantes son leves (Burbano, 1989).

Una evaluación a nivel departamental y municipal arroja los siguientes resultados. Los departamentos con mayor superficie en proceso de desertificación son, de mayor a menor, Atlántico, La Guajira, Magdalena,

---

<sup>1</sup> SAAVEDRA, *et al*. Evaluación de los CDS del Informe Nacional de Colombia. Bogotá: CIPE. Universidad Externado de Colombia, 1995. p. 185.

<sup>2</sup> GARCIA, Julio. Prevención de la degradación del suelo y su restauración. Madrid: Hojas divulgatorias, 1989. p. 10-20.

Sucre y Cesar, mientras que los afectados por un proceso grave de desertificación y con sostenibilidad baja son, en orden descendente, La Guajira, Santander, Boyacá, Norte de Santander, Cauca, Nariño y Huila<sup>3</sup>.

Gómez y García, define que:

La degradación de los suelos es la pérdida de uno o varios factores productivos del sistema suelo por fenómenos naturales o inducidos por el hombre. Los suelos de la región andina de Nariño, están en continua degradación física, química y biológica. La reducción de la capa arable, la baja capacidad de retención de agua y los cambios en las propiedades físicas del suelo, significa que las plantas tienen menos acceso a los nutrientes esenciales y al agua<sup>4</sup>.

Por otra parte Barrow afirma que: “la degradación del suelo puede definirse como la pérdida o reducción de su utilidad potencial y/o la pérdida o cambio de componentes u organismos que no pueden ser reemplazados”<sup>5</sup>.

De tal manera Chisholm y Dumsday indican que:

La degradación del suelo es algo que puede resultar de un factor causal o de la combinación de varios factores, que reducen el estado físico, químico o biológico del suelo y que pueden restringir su capacidad productiva.

En la agricultura industrializada son prácticas comunes la eliminación de la flora espontánea con herbicidas y pases de maquinaria, el empleo de fertilizantes minerales, que no aportan materia orgánica al suelo, y la destrucción con fuego de los residuos de cosechas, entre otras prácticas agrícolas negativas. Esto hace que la degradación sea muy grave, donde es urgente la detención de este fenómeno<sup>6</sup>.

**1.1.2 Significado del problema.** Sañudo, Ruiz y Legarda manifiestan que: “dentro de los estudios de suelos es de gran importancia determinar los procesos degradativos que en el suceden, por medio de las medidas sensibles a los cambios de tipo físico principalmente esto permite detectar a tiempo dichos

---

<sup>3</sup> BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto: Universidad de Nariño, 1989. p. 130.

<sup>4</sup> GÓMEZ y GARCÍA, Op. cit., p.3.4

<sup>5</sup> BARROW, C.J. Land degradation: development and breakdown of terrestrial environments. London: Cambridge University Press, 1994. p.109.

<sup>6</sup> CHISHOLM, y DUMSDAY. Land degradation problems and policies. London: Cambridge University Press, 1987. p. 45.

cambios y a la vez favorece la toma de acciones correctivas en el momento adecuado”<sup>7</sup>.

En las explotaciones agrícolas es de especial importancia planear bien las labores que se realizan en el suelo, por ello Amézquita afirma que: “la planeación, uso y manejo del suelo con miras a la sostenibilidad de la agricultura deben planearse de acuerdo con el impacto de las fuerzas degradativas que actúan sobre el suelo y la resistencia que este pone a ser degradado”<sup>8</sup>.

WCED, Citado por Salamanca afirma que:

El suelo está perdiendo su uso productivo en forma alarmante. En los últimos 7000 años, desde que el hombre empezó a depender de la agricultura sedentaria se estima que más de 430 millones de hectáreas cultivables han sido gravemente degradadas, sin considerar que allí hayan ocurrido o continúen ocurriendo extinciones de flora o fauna a una tasa inquietante<sup>9</sup>.

Al respecto Tayupanta y Córdova dicen que:

El mal uso de la maquinaria agrícola y la excesiva preparación de los terrenos rompe la estructura del suelo, baja la capacidad de infiltración y retención de agua, produce compactación de los estratos inferiores a la capa arable, los cuales se vuelven impermeables favoreciendo al escurrimiento superficial y la consecuente erosión.

La temperatura, la humedad y la atmósfera del suelo se ven alteradas principalmente por el laboreo. La pérdida de estratificación de los primeros 25-30 cm. de suelo provocan una disminución en la diversidad de especies. Las lombrices, que tan importante papel juegan en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, se ven particularmente desfavorecidas por el laboreo excesivo. La incorporación

---

<sup>7</sup> SAÑUDO, Benjamín; RUIZ, Hugo y LEGARDA, Lucio. Las zanjas fértiles una alternativa de suelos degradados en el departamento de Nariño. En Revista de ciencias agrícolas. No. 2. Pasto: Universidad de Nariño, 2001. p. 213.

<sup>8</sup> AMEZQUITA, Edgar. Estudios hidrológicos y edafológicos para la conservación del agua y suelos en Turrialva. Costa Rica. 1992, p.21. Tesis de grado (Magíster). IICA – CATIE.

<sup>9</sup> SALAMANCA, Albeiro. Influencia de las características físicas del suelo y de su interacción con las condiciones climáticas en el comportamiento y calidad *Desmodium heterocarpon* Subs *Ovalifolium* (oashi) en tres regiones de Colombia. Palmira - Colombia, 2000. p. 21. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

al suelo de productos químicos (fertilizantes y plaguicidas) tiene también un efecto negativo sobre la biología del suelo<sup>10</sup>.

Para complementar WCED, citado por Salamanca afirma que:

Es necesario entonces aprender a controlar o a manejar la degradación del suelo para garantizar ganancias productivas a largo plazo y asegurar la disponibilidad de alimentos para esta gran generación que nos acecha. Al respecto, hay solo una cosa clara: los esfuerzos encaminados hacia tal logro en muchas regiones deben ser hechos ahora o muy pronto, antes de que se pierda la oportunidad<sup>11</sup>.

## 1.2 EROSIÓN

**1.2.1 Concepto.** Anaya citado por Suárez define a la erosión como: “es el proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes del intemperismo”<sup>12</sup>.

Suárez y Rodríguez afirman que “la erosión como proceso natural, ocurre en todos los terrenos; se la puede definir como el proceso de desprendimiento y arrastre de la capa superficial de los terrenos por la acción de agentes llamados erosivos. De ellos los mas activos son el agua y el viento”<sup>13</sup>.

**1.2.2 Causas.** Porta, López y Roquero, manifiestan que:

La erosión es un proceso que tiene lugar de forma espontánea en la naturaleza, si bien su intensidad varía de unos escenarios a otros, la intervención del hombre hace que la intensidad del proceso pueda verse fuertemente incrementada. La roturación y puesta en el cultivo supone una alteración del equilibrio dinámico del sistema. Un suelo con una cobertura vegetal con poca intervención humana queda protegido de la acción directa de la lluvia y el viento<sup>14</sup>.

---

<sup>10</sup> TAYUPANTA y CORDOVA, Op. cit., p.4.

<sup>11</sup> SALAMANCA *et al*, Op. cit., p.21.

<sup>12</sup> SUAREZ, Fernando y RODRÍGUEZ, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de suelos en Colombia. Bogotá: Salvat, 1962. p. 186.

<sup>13</sup> SUAREZ, Fernando y RODRÍGUEZ, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de suelos en Colombia. Bogotá: Salvat, 1962. p. 186.

<sup>14</sup> PORTA, J; LOPEZ, M y ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid – España: Mundi-prensa, 1994. p. 77.

Tayupanta y Córdova, afirman que: “la erosión, al desprender el suelo de su lugar de origen, transportarlo y depositarlo en otros sitios, elimina progresivamente la capa superficial, que contiene una alta proporción de minerales, materia orgánica, elementos nutritivos y agua, necesarios para el crecimiento de las plantas”<sup>15</sup>.

Según Gómez y Alarcón: “los agricultores tienen ciertas creencias tradicionales, y costumbres muy arraigadas, que los hace aplicar prácticas de cultivo indiscriminadamente, en terrenos planos y pendientes, susceptibles y resistentes a la erosión, húmedos y secos”<sup>16</sup>.

Los mismos autores sostienen que:

La pendiente tiene dos factores principales que influyen en la erosión: la inclinación (grado) y la longitud. A medida que aumenta la inclinación, crece el peligro de la erosión, porque el agua corre más rápidamente por la superficie y disminuye el tiempo para infiltrarse. La longitud de la pendiente influye en la velocidad, energía y volumen del agua de escorrentía, lo cual aumenta su poder erosivo a medida que aumenta la longitud. Ya que la inclinación de un terreno no se puede variar fácilmente, muchas de las prácticas de conservación buscan disminuir el volumen y la energía del agua de escorrentía, cortando la longitud de la pendiente, o dividiéndola con zanjillas, acequias y canales<sup>17</sup>.

### **1.2.3 Consecuencias.** Según Stocking:

Los cambios en las propiedades físicas del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva. Estos cambios pueden ser debidos a uno o más factores. El factor o factores que provocan los cambios y así limitan la productividad del suelo son denominados factores limitantes del suelo<sup>18</sup>.

Gomes y Alarcón, afirman que: los daños causados por la erosión pueden ser directos cuando afectan las plantaciones o dañan la finca, disminuyendo la producción y produciendo pérdidas. Los daños indirectos son la suma de los

---

<sup>15</sup> TAYUPANTA y CÓRDOVA, Op. cit., p. 3.

<sup>16</sup> GÓMEZ, A. y ALARCÓN, C. Manuel de conservación de suelos de ladera. Chinchiná – Colombia: CENICAFÉ, 1975., p.66.

<sup>17</sup> Ibid., p. 68.

<sup>18</sup> STOCKING, M. Erosion and soil productivity: a review. Consulans, working paper No.1. AGLS, FAD. Roma, 1984, p.78.



problemas de erosión de varias fincas que coaccionan desequilibrios hidrológicos y ecológicos<sup>19</sup>.

Del mismo modo Tayupanta y Córdova, manifiestan que:

El agua no es retenida por el suelo, se desliza sobre la superficie originando lugar al apareamiento de pequeños canalillos, que aumentan en ancho y profundidad formando surcos, cárcavas y zanjas. La erosión en canalillos y surcos se presenta en la mayoría de los terrenos y es subestimada frecuentemente por los agricultores por cuanto las huellas que deja en el suelo pueden ser borradas fácilmente con las labores agrícolas. La pérdida acelerada del suelo produce un lavado de los nutrientes, disminuye el estado de fertilidad y aflora el suelo improductivo de cangahua<sup>20</sup>.

Otros autores como Gómez y Alarcón indican que:

La pérdida del suelo en zonas desprotegidas, con estructura débil y estabilidad baja, ocurren las mayores pérdidas de suelo por acción de las lluvias. Aunque la velocidad de escorrentía sea muy baja, hay pérdida de partículas finas (limos, arcillas). Así, los suelos se empobrecen y tienden a convertirse en campos de arena, grava o subsuelo improductivo. En las zonas de sedimentación se acumulan arcillas, que limitan la productividad efectiva de los suelos<sup>21</sup>.

**1.2.4 Límites tolerables de la erosión.** Bennett citado por Anaya ha estimado que “bajo condiciones naturales sin disturbio de la vegetación, se necesitan cerca de 300 años para producir una capa de 25 mm de suelo superficial, sin embargo, cuando existe alteración del suelo por laboreo, pastoreo, etc”<sup>22</sup>.

Al respecto Hudson afirma que:

Se acelera el intemperismo y el periodo de formación de dicha capa se reduce a más o menos 30 años. Una velocidad de formación de 25 mm en 30 años equivale aproximadamente a 1.8 ton/ha/año, y esta cifra ha sido considerada como la cantidad máxima tolerable de ser erosionada,

---

<sup>19</sup> GOMEZ y ALARCÓN, Op. cit., p. 76.

<sup>20</sup> TAYUPANTA y CÓRDOVA, Op. cit., p.4.

<sup>21</sup> GOMEZ y ALARCÓN, Op. cit., p. 70.

<sup>22</sup> ANAYA, Op. cit., p. 47.

naturalmente que la tolerancia sobre la pérdida de suelo depende del tipo de este, de su profundidad y de sus características físicas<sup>23</sup>.

La FAO reporta que:

Los límites aceptables de pérdida de suelo varían desde 0.4 ton/ha/año, hasta 1.8 ton/ha/año, estas cantidades para un suelo franco ( $d_{60} = 1.4$  g/cc) representan la pérdida de una capa de suelo de 0.28 mm/ha/año a 1.28 mm/ha/año respectivamente. Generalmente se permiten pérdidas de 1.8 ton/ha/año en suelos profundos, bien drenados y permeables y, pérdidas de 0.4 a 0.8 ton/ha/año en suelos poco profundos con un subsuelo cangagua o rocoso y de permeabilidad reducida<sup>24</sup>.

### 1.3 IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

**1.3.1. Importancia.** El IGAC, afirma que: “las propiedades físicas del suelo son de gran importancia ya que tienen afinidad de prospecciones en relación a su uso y manejo. Explicaciones de respuesta a fertilización, diseño, riego y drenaje, construcciones prácticas de manejo de suelos, manejo de cuencas hidrográficas, etc., están regidas por ellas”<sup>25</sup>.

Gavande, afirma que: “las propiedades físicas del suelo, junto con las químicas, biológicas y mineralógicas, determinan, entre otras, la productividad de los suelos. El conocimiento de las propiedades físicas permite conocer mejor las actividades agrícolas vitales, como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y aguas y el manejo de los residuos de cosecha”<sup>26</sup>.

Gómez sostiene que:

Para una buena germinación y desarrollo de las raíces de las plantas, es necesario que el suelo tenga buenas propiedades físicas, aire, agua y temperatura adecuados. El contenido de aire y agua depende de la cantidad y tamaño de los poros (porosidad) y de su movimiento, que está regido por la permeabilidad. Estas características están determinadas por la textura, la estructura y la actividad biológica<sup>27</sup>.

---

<sup>23</sup> HUDSON, Norman. Soil conservation. Second edition, Ithaca. New York: Cornell University, Press, 1981. p. 38.

<sup>24</sup> FAO. Agricultura de conservación. Estados Unidos. 2003. <http://www.fao.org>.

<sup>25</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: Subdirección agrológica, 1990. p. 624.

<sup>26</sup> GAVANDE, I. Física de suelos. México: Limusa – Willi, 1977. p. 17.

<sup>27</sup> GOMEZ, Jairo. Abonos orgánicos. Cali: Feriva S.A., 2000. p. 42.

Gavande, afirma que “los componentes mecánicos determinan las propiedades físicas del suelo, cualquier intento para modificar dichas propiedades implica cambiar esta forma. En la práctica esto se hace por medio de las operaciones de labranza. Durante una práctica de labranza se tiene mas riesgo de destruir que de mejorar la estructura del suelo”<sup>28</sup>.

**1.3.2 Influencia con crecimiento de las raíces y plantas.** Gavande dice que: “las propiedades físicas del suelo influyen directamente a través del impedimento mecánico que ofrece al desarrollo de las raíces cuando se abren camino en el suelo, existe una relación significativa entre la estructura y textura del suelo con el desarrollo de las raíces”<sup>29</sup>.

Wild, afirma que: “la resistencia a la penetración, y no otra causa determina el crecimiento radicular. En suelos húmedos y porosos las raíces necesitan poca energía para su desarrollo, y poco oxígeno para un óptimo crecimiento; en suelos compactados con gran energía que se oponen al desarrollo de las raíces, la necesidad de oxígeno es muy grande”<sup>30</sup>.

Primavesi, menciona que: “las exigencias de una planta incluyen el bienestar de la raíz; por la raíz ella absorbe nutrientes, en la raíz la planta se abastece de agua y asimila sustancias de crecimiento, nutrientes y antibióticos del suelo. Además la raíz siente el efecto directo de las técnicas agrícolas”<sup>31</sup>.

Greenland y Lal, manifiestan que:

Una mala estructura del suelo puede significar efectos dañinos para la planta, por exceso o deficiencia de agua, falta de aireación, poca actividad bacteriana, impedimento del crecimiento de las raíces, cambios químicos perjudiciales, incidencia de enfermedades, etc.; por el contrario una buena estructura hace que los factores del crecimiento de la planta funcione a su máxima eficiencia y se obtengan mejores rendimientos en las cosechas, es decir, la estructura del suelo en determinados casos puede ser factor limitante de la producción<sup>32</sup>.

---

<sup>28</sup> GAVANDE, Op.cit., p. 27.

<sup>29</sup> Ibid., p. 109.

<sup>30</sup> WILD, A. Condiciones de suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Madrid: Ediciones Mundiprensa, 1992. p. 991.

<sup>31</sup> PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico del suelo, traducido del portugués por Silvia Larendegui. Buenos Aires: El Ateneo, 1989. p. 34.

<sup>32</sup> GREENDLAND, DJ y LAL, R. Soil Physcal conditions and croo production in the tropics. Chichester, 1979. p.281.

**1.3.3 Relación con el crecimiento de las raíces.** El mismo autor sostiene: “la capacidad de una raíz para abrirse camino en suelo, así como el estado físico del suelo son factores que estimulan o limitan el crecimiento de las plantas y que afectan positivamente o negativamente la productividad de los cultivos”<sup>33</sup>

Durán manifiesta que:

Quando el suelo posee buenas condiciones físicas permite un adecuado suministro de agua y aire, facilita la absorción de nutrimentos por las plantas y constituye un medio que garantiza el desarrollo de las raíces. Sin embargo, cuando sus condiciones son inadecuadas se presenta como un impedimento mecánico que se resiste a la penetración de las raíces, con baja macro porosidad que conlleva a excesos de humedad y déficit de oxígeno, que afectan al desarrollo y producción de cultivos<sup>34</sup>.

Wild anota que: “la densidad de raíces en el perfil disminuye con la profundidad, pero que hay una considerable variación en la distribución de las raíces en las diferentes etapas de un cultivo así, cuando el suelo está en buenas condiciones los sistemas radicales son largos, profundos y expandidos”<sup>35</sup>.

Al respecto Baver, *et al*, dice:

En otras ocasiones, las causas del deficiente desarrollo radicular están inducidas por un manejo inadecuado del suelo, como es la formación de "suelas de labor" u otras formas de compactación del mismo. La raíz en su crecimiento debe realizar un trabajo contra la presión ejercida por el suelo contra la misma y proporcional al volumen de suelo que debe desplazar en su crecimiento. En un suelo bien estructurado, en el que existan poros de tamaño suficiente para alojar a la raíz, el segundo componente carece de importancia, por lo que el crecimiento estará en función de la presión ejercida por el suelo, que en el caso citado será muy baja.

Una de las propiedades físicas que tiene mayor repercusión en el desarrollo radicular es la compactación del suelo, que está asociada con la densidad aparente que afecta también, indirectamente, la absorción de agua y nutrimentos por las plantas<sup>36</sup>.

---

<sup>33</sup> DURAN, J. Degradación y manejo ecológico de los suelos tropicales con énfasis en los de Cuba En: Revista puntos alternos. Universidad de la Guajira, Vol.12. No.3, 1998. p.16-28.

<sup>34</sup> *Ibid.*, p.16-28.

<sup>35</sup> Wild, *Op.cit.*, p.115.

<sup>36</sup> BAVER, *et al*. Física de suelos. México: Hispanoamérica, 1973. p. 230.

Legarda indica que: “las raíces de las plantas se ven incapaces de absorber suficientes nutrimentos en suelos secos, debido a la poca actividad radical y a las bajas tasas de difusión de iones y del movimiento de agua”<sup>37</sup>.

## **1.4 MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS**

Foth, argumenta:

Durante mucho tiempo la humanidad ha utilizado su principal recurso natural, el suelo, con tecnologías inadecuadas que no producen rendimientos óptimos y lo deterioran de manera acelerada, sin tener en cuenta sus aptitudes y limitaciones; por lo tanto es preciso determinar el uso adecuado y los tratamientos correctivos físicos y químicos que se deben dar a las distintas unidades que conforman un terreno en particular, para hacerlo productivo y conservarlo<sup>38</sup>.

### **1.4.1 La materia orgánica.** Montenegro manifiesta que:

La materia orgánica tiene su origen en la descomposición parcial de los residuos vegetales y animales, por medio de microorganismos y macroorganismos en el suelo. La vegetación provee de residuos orgánicos al suelo y su cantidad es una función de la fertilidad, el clima, el relieve y el tiempo.

La materia inorgánica del suelo está compuesta por las partículas minerales, provenientes de la descomposición de las rocas en periodos geológicos, es el componente de la corteza terrestre<sup>39</sup>.

### **1.4.2 Importancia de la materia orgánica.** Andreux, reporta que:

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 ha 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

---

<sup>37</sup> LEGARDA, Lucio. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. En: Curso sobre diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto – Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo, 1988. p.81-90.

<sup>38</sup> FOTH, H. Fundamentos de la ciencia del suelo. México: Continental, 1975. p. 46.

<sup>39</sup> MONTENEGRO, H. 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: Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo, 1990. p. 99-127.

características y propiedades de este conjunto de productos que genéricamente, se conocen como materia orgánica<sup>40</sup>.

Guerrero manifiesta que:

La materia orgánica tiene variados efectos sobre las características físicas del suelo y entre estos es de especial significación el que tiene que ver con la estructura o bioestructura, por eso se hace especial énfasis en este aspecto. Los principales efectos son los siguientes: Mejora la estructura del suelo incrementando la agregación de las partículas del mismo, razón por la cual los suelos sueltos tienden a volverse más compactos y los suelos pesados tienden a volverse más esponjosos La materia orgánica tiene un papel fundamental con respecto a la conservación de la estabilidad estructural, así: favorece la tendencia a formar agregados, porque ejerce una acción "cementante" sobre éstos y disminuye el efecto erosivo del agua. Cuando se descompone el humus se pierde la estructura del suelo. Descomponiéndose los restos vegetales se forma la estructura durante la primera fase de descomposición.<sup>41</sup>

Kononova, complementa que: "la materia orgánica facilita el desarrollo de raíces, incluyendo en 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>42</sup>.

Al respecto Burbano afirma que:

Los componentes de la materia orgánica del suelo pueden clasificarse en dos grupos 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, etc. En la categoría de las sustancias húmicas se incluyen aquellas sustancias modificadas química y biológicamente que conservan muy poca o ninguna semejanza con los compuestos orgánicos conocidos<sup>43</sup>.

---

<sup>40</sup> ANDREUX, Francis. La materia orgánica del suelo. IGAC (Colombia). Vol.10. No.11, 1974. p. 201.

<sup>41</sup> GUERRERO, Op.cit., p. 237.

<sup>42</sup> KONONOVA, M. Materia orgánica del suelo, su naturaleza, propiedades y método de investigación. Traducido del ruso por Bordas de Mutan, Enriqueta. Barcelona: OIKOS TEAU S.A., 1982. p. 87.

<sup>43</sup> BURBANO, Op.cit., p. 65.

Guerrero indica que: “la materia orgánica Aumenta la resistencia del suelo contra la erosión, ya que los agregados formados superficialmente impiden el arrastre de las partículas finas. A su vez el suelo queda protegido contra el impacto de las gotas de lluvia, que de esta forma provocan menor desprendimiento de partículas finas, susceptibles de arrastre posterior<sup>44</sup> .

Por otra parte Donahue, Miller y Shickluna, aseguran que:

La acción de la materia orgánica o del humus puede ser directa o indirecta. Se considera, por 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 accesibles. Indirectamente, en la medida en que mejoran las propiedades físicas del suelo como la agregación, aireación, Permeabilidad y capacidad de retención de humedad<sup>45</sup> .

Andreux indica que:

La aireación y la humedad del suelo son dos factores que con frecuencia están asociados y afectan los procesos de descomposición de la materia orgánica es menos eficiente que en condiciones de alta aireación. Por otra parte los productos finales de la descomposición son diferentes. Mientras que en condiciones aeróbicas el carbono que no es incorporado a las células de los microorganismos se libera como CO<sub>2</sub>, en condiciones anaeróbicas ese carbono se libera como metano (CH<sub>4</sub>) o como ácidos orgánicos<sup>46</sup> .

Para complementar Borrero afirma que: “no se conoce claramente ni el origen ni la naturaleza química de la materia orgánica húmica. Se forma de los restos de vegetales y animales muertos presentes en el suelo en condiciones de humedad y por la colaboración de los microorganismos, hongos filamentosos, gusanos, hormigas y colémbolos con procesos químicos”<sup>47</sup> .

#### **1.4.3 Efectos de la materia orgánica sobre las características físicas del suelo.** Sobre el particular Primavesi reporta que:

---

<sup>44</sup> GUERRERO, Op.cit., p. 235.

<sup>45</sup> DONAHUE, R; MILLER, R y SHICKLUNA, J. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Traducido al inglés por Peña, Jorge. Bogotá: Prentice Hall Internacional, 1981.p.98.

<sup>46</sup> ANDREUX, Op.cit., p. 67.

<sup>47</sup> BORRERO, M. Suelos. Bogotá: Universidad Santo Tomás, Centro de Enseñanza desescolarizada, 1987. p.75.

El concepto de bioestructura del suelo consiste en su forma grumosa, estable al agua, en la capa comprendida entre 0 y 20 centímetros de profundidad. Puede haber una buena agregación en la capa más baja, pero como ésta no resulta estable al agua, se deshace cuando entra en contacto con el agua lluvia<sup>48</sup>.

Guerrero asegura que:

Los agregados de formación química son “agregados primarios” de los cuales, los microorganismos del suelo forman los “grumos o agregados secundarios”, cuya estabilidad depende de la presencia de materia orgánica.

La estructura, formada de grumos o agregados estables al agua, depende de coloides o “pegamento orgánico” producido por bacterias, filamentos de algas e hifas de hongos.

En consecuencia, es temporal y depende de su renovación periódica. Se dice que lo que hace producir al suelo es la bioestructura. Está formada por grumos de 0,5 a 2,0mm de diámetro, estables al agua. Depende íntimamente de la materia orgánica y de la vida en el suelo. La micro, meso y macro fauna, así como los microorganismos y las raíces de las plantas superiores influyen sobre los grumos o agregados.

La materia orgánica tiene un papel fundamental con respecto a la conservación de la estabilidad estructural, así: favorece la tendencia a formar agregados, porque ejerce una acción “cementante” sobre éstos y disminuye el efecto erosivo del agua. Cuando se descompone el humus se pierde la estructura del suelo. Descomponiéndose los restos vegetales se forma la estructura durante la primera fase de descomposición.

Lo que tiene fuerza de agregación, en este caso, no es el humus, pero sí el producto intermedio de la descomposición bacteriana, los ácidos poliurónicos, un producto incoloro o blancuzco, incapaz de dar color al suelo, pero capaz de flocularlo. Hay una diferencia considerable entre la materia orgánica descomponible y la materia orgánica humificada. El humus es un producto de descomposición parcial con posterior síntesis. Cuando se forma en un suelo con pH por encima de 5,6 es una sustancia agregadora de grumos. Cuando se descompone, también se descomponen las uniones orgánicas entre las partículas del suelo y, por consiguiente, la estructura biológica decae al deshacerse los agregados mayores. El suelo se vuelve amorfo. La pérdida del humus es, en

---

<sup>48</sup> PRIMAVESI, Op. cit., p. 153.



consecuencia, la pérdida de la bioestructura del suelo y, paralelamente, la pérdida de gran parte de su productividad.

La paja y cualquier materia orgánica muerta, aunque todavía intacta, no tienen efecto sobre la estructura del suelo. Sólo durante su descomposición es que se forman sustancias agregantes y estabilizantes para los grumos, sobre todo, los ácidos poliurónicos producidos por Cytophagas, que ejercen gran efecto. Cuanto más intensa es la descomposición del material vegetal muerto, tanto mayor será su efecto agregante sobre el suelo. Es por eso que el estiércol endurecido de corral, aun siendo un compuesto, no tiene el mismo poder agregante que la paja adicionada al suelo. De esta forma, cuanto mayor sea la descomposición de los restos vegetales y cuanto más activa la formación de sustancias intermediarias de descomposición, tanto mayor efecto tendrá sobre la estructura del suelo, y tanto más benéfico será. La diferencia fundamental entre el humus y los restos orgánicos es que el humus ya constituye un producto intermedio de descomposición, mientras que en los restos vegetales, éstos todavía deben ser producidos. Cuando, merced a la acción de las bacterias, disminuye la cantidad de materia orgánica todavía sin descomponer, el efecto sobre el suelo es benéfico. Cuando disminuye la cantidad de materia orgánica ya humificada, el efecto es perjudicial sin embargo a continuación se presentan algunos beneficios de la materia orgánica:

- Aumenta la capacidad de absorción y retención de agua del suelo.
- Aumenta la permeabilidad al agua y al aire del suelo.
- Reduce la evaporación y mejora el balance hídrico en el suelo.
- Aumenta la absorción de calor solar, debido al color oscuro de las sustancias húmicas, por lo que produce un incremento en la temperatura del suelo, pero también, reduce las oscilaciones térmicas en el suelo.
- Aumenta la resistencia del suelo contra la erosión, ya que los agregados formados superficialmente impiden el arrastre de las partículas finas. A su vez el suelo queda protegido contra el impacto de las gotas de lluvia, que de esta forma provocan menor desprendimiento de partículas finas, susceptibles de arrastre posterior.
- Facilita el drenaje y el laboreo del suelo<sup>49</sup>.

---

<sup>49</sup> GUERRERO, Op.cit., p. 247.

#### 1.4.4 Importancia del humus. Morales y García manifiestan que:

Las sustancias húmicas, principales componentes del humus del suelo y de la materia orgánica, se utilizan en muchos países del mundo incluyendo a Colombia, para mejorar los suelos y el rendimiento de las cosechas. Varias investigaciones ponen en 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>50</sup>.

**1.4.5 Las enmiendas orgánicas.** Al respecto Burbano afirma que: “son el conjunto de materiales orgánicos que se incorporan al suelo con diferentes propósitos: Para mejorar sus cualidades físicas de estructura, aireación, absorción y retención de agua y para aportar algunos elementos que mejoren la nutrición de la planta y que ayuden a aminorar el efecto dañino de plagas y enfermedades”<sup>51</sup>.

➤ **El estiércol.** El mismo autor manifiesta que:

Es uno de los residuos más importantes. Por su uso, parte de la porción no utilizable de los cultivos puede entrar en el suelo para ejercer allí una acción importante de lo que pudiera creerse por su contenido de nutrientes el mundo a entrado ya en una era en la cual la prevención del desgaste agrícola es cada vez mas necesaria.

El estiércol animal puede contribuir de forma significativa a suplir las necesidades de nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes. La disponibilidad total, sin embargo, dependerá de tamaño y tipo de explotación animal y los métodos utilizados para guardar y esparcir el estiércol.

➤ **El compost.** Son residuos orgánicos sometidos a una descomposición aeróbica y termofílica de los residuos orgánicos por las poblaciones microbianas quimiorganotróficas que existen en los propios residuos, bajo condiciones controladas y que produce un material parcialmente estabilizado de lenta descomposición, cuando hay condiciones favorables.

➤ **El mulch.** Son residuos vegetales que resultan de las desyerbas, podas, soqueos y desperdicios de cosecha con el propósito de formar una cubierta protectora contra la erosión. Es evidente que en este caso se

---

<sup>50</sup> MORALES, C y GARCÍA, A. Disponibilidad del hierro influenciada por la aplicación de ácidos húmicos extraídos de la cachaza. en suelos ecuatoriales. En: En revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol.25. No.1., 1995. p. 27-31.

<sup>51</sup> BURBANO, Op.cit., p.312.

haga énfasis en el efecto protector del mulch para defender al suelo de este fenómeno por cuanto los residuos vegetales colocados sobre el suelo absorben el efecto de las gotas de agua y elimina el efecto de salpicadura. Se recomienda, además, que los productos de las desyerbas se deben esparcir uniformemente sobre el suelo, con excepción de los provenientes de gramíneas y malezas, que se deben sacar del lote y quemar para evitar su nuevo establecimiento e invasión<sup>52</sup>.

#### **1.4.6 Los abonos verdes y sus ventajas.** El mismo autor sostiene que:

Es un cultivo de cobertura o una planta que cubre la tierra y se siembra para alimentar a la tierra, no para cosecharse. Las leguminosas son las plantas mas usadas para abonos verdes porque toman el nitrógeno del aire y lo llevan a la tierra. Un abono orgánico da vida a la tierra y mejora la producción de las cosechas.

Los cultivos que se utilizan como abonos verdes son aquellos que se incorporan en el suelo a fin de mejorarlo. Generalmente, esos cultivos se mezclan con el suelo cuando aun están verdes y por eso su denominación. En forma ocasional estos cultivos se dejan madurar antes de incorporarlos. 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>53</sup>.

Acosta reporta que: "los residuos de las cosechas representan el grupo de partes del vegetal no consumibles 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>54</sup>.

Gavande reporta que:

A menudo se cultivan diversas especies con el exclusivo fin de ser incorporadas. A esta práctica se la llama abonado en verde. Existen discrepancias entre diversos autores sobre la calidad del humus obtenida con el abonado en verde pero, en general, hay acuerdo en cuanto a la eficacia de la materia orgánica fresca de las plantas verdes y la

---

<sup>52</sup> Ibid., p. 315.

<sup>53</sup> BURBANO, Op.cit., p. 317.

<sup>54</sup> ACOSTA, Misael. La tierra agrícola: Nuestro recurso básico. Quito-Ecuador: Publicaciones científicas MAS, 1986. p. 85.

importancia de su efecto inmediato sobre la actividad microbiana, las propiedades físicas y la fertilidad del suelo<sup>55</sup>.

Gutiérrez, *et al.* en un estudio realizado sobre este aspecto argumenta que:

La crotalaria como abono verde en etapa de floración, la fijación de nitrógeno está en el punto más alto, obteniendo aumentos en la producción de sorgo y maíz después del establecimiento del cultivo de crotalaria con sorprendentes incrementos. Este abono tiende almacenar agua en el suelo, produciendo un suelo más apto para el constante suministro de humedad a las raíces de los cultivos<sup>56</sup>.

Por otra parte Baquero y Pinto “al realizar una evaluación en la aplicación de abonos orgánicos en la producción de ají chino; encontraron que el contenido de nutrientes en el suelo fue mayor en los tratamientos donde se incorporó el abono verde. Los contenidos de materia orgánica pasaron de la condición inicial de 1,2% a 2,1%, dando como resultado mayor rendimiento del cultivo”<sup>57</sup>.

En el mismo sentido Delgado y Alarcón: “al evaluar el efecto del Caupi (Vigna unguiculata L.) como abono verde sobre la eficiencia de arroz. Obtuvieron que la incorporación de caupí produjo un promedio de 3,1 ton/ha.de materia seca, reportando al suelo aproximadamente 104, 72, 29, 6, 6 kg/ha de N, K, Ca, Mg, P. respectivamente; incrementó la respuesta del arroz al fósforo aplicado, produciendo un rendimiento de 600 y 900 kg/ha, mayores que en el monocultivo continuo”<sup>58</sup>.

Según Gómez y Alarcón las ventajas de los abonos verdes son:

- Aumentan la materia orgánica del suelo.
- Enriquecen la tierra con más nutrientes.
- Evitan la erosión.
- Mejoran la textura de la suelo.
- Aumentan el trabajo de los microorganismos.
- Disminuyen la filtración y pérdida de nutrientes.
- Evitan el crecimiento de malezas.

---

<sup>55</sup> GAVANDE, Op.cit., p. 101.

<sup>56</sup> GUTIÉRREZ, F. La crotalaria abono verde de ayer, hoy y mañana. Cali: ASIAVA, 1995. p.29-31.

<sup>57</sup> BAQUERO, César y PINTO, M. Influencia de los abonos orgánicos y químicos en la producción de ají chino en suelos de la zona bananera del Magdalena en suelos ecuatoriales. En: Revista de la Sociedad Colombiana de Suelos. Vol. 30. No.1, 2001. p. 8-14.

<sup>58</sup> DELGADO, H y ALARCÓN, H. Efecto de la incorporación de caupi (Vigna unguiculata L.) como abono verde sobre la eficiencia de arroz en el uso del fósforo en un oxisol de la altillanura plana colombiana en Suelos ecuatoriales En: Revista de la sociedad de las ciencias del suelo. Vol.27. No.1. 1997. p. 86-90.

- Disminuyen enfermedades y plagas, en algunos casos.
- Provee forraje suplementario para los animales.
- Elimina problemas de transporte del abono, ya que se usa en el mismo lugar en donde se produce.
- Las plantas abonadas con abonos verdes tienen una apariencia saludable, sin ataque de plagas o enfermedades.
- La práctica es económicamente viable para diferentes tipos de campesino.
- Se ahorra dinero al no usar estiércoles.

Se puede realizar una cosecha de los frutos, logrando una ganancia extra.

El cultivo se corta una vez que ha crecido, de preferencia en la floración, momento en que ha alcanzado su máximo contenido de nutrientes y materia orgánica. Al cortar se puede mezclar con la tierra y ahí se descompone muy rápido. Los abonos verdes le dan muchos nutrientes a la tierra para que las plantas puedan crecer sanas y resistir al ataque de insectos plagas, también aporta alimento a los microorganismos que son parte importante de la vida de la tierra. Si los abonos verdes se dejan en la superficie de la tierra, la protege de la lluvia, el aire y el sol. Los abonos verdes son como una cobija para la tierra, le dan vida y fuerza de forma lenta y por más tiempo<sup>59</sup>.

Por otra parte de acuerdo con Sañudo, Chávez y Vallejo:

La incorporación de avena forrajera (Avena sativa L) previa a la siembra de arveja en suelos de escasa fertilidad, disminuye la incidencia de la amarillamiento por (Fusarium oxisporum. 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 de calcio, magnesio, mejorando las perspectivas nutricionales. En tanto en el caldo microbial se aporta una microbiota heterótrofa compleja<sup>60</sup>.

#### **1.4.7 Alternativas para detener el proceso erosivo.** Clades define que:

---

<sup>59</sup> GÓMEZ, A y ALARCÓN, C. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná: Cenicafé, 1975. p.89-103.

<sup>60</sup> SAÑUDO, Benjamín; CHÁVEZ, 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. Pasto: Universidad de Nariño. Vol.18. No.2., 2001. p. 113.

Son todas aquellas prácticas que incluyen el manejo del suelo y desarrollo de plantas o cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo.

Las técnicas de recuperación y mantenimiento de la fertilidad natural del suelo forman parte de un manejo integral, las cuales generalmente son sencillas y deben ser adoptadas con relativa facilidad por los agricultores<sup>61</sup>.

#### **1.4.7.1 Rotación de cultivos.** Sañudo, Checa y Arteaga manifiestan que:

La rotación es la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos, sobre un área de terreno determinada.

Esta práctica debe programarse tomando en cuenta las condiciones ecológicas y socioeconómicas de cada región, se debe incluir en la rotación “cultivos densos”, tales como los cereales (trigo, cebada, avena, etc.) o pastos (alfalfas, vicia, etc.) y los “cultivos de escarda” o hileras (maíz, papas, frijol, etc.)<sup>62</sup>.

#### **1.4.7.2 Subsoladores biológicos.** Sañudo, Checa y Arteaga, argumentan que:

Existen ciertas especies de crecimiento espontáneo como la chilca (*Baccharis sp.*), el quillotocto (*Tecoma stans*), el guandul (*Cajanus cajan*), los cuales producen un sistema radical amplio y capaz de atravesar el sustrato compactado. La instalación de dichas especies es conveniente como práctica de recuperación de suelos, por un doble beneficio: Aportar mulch con las podas y abrir canales en el suelo, dejados por las raíces al morir. se aconseja su cultivo en surcos cada 3 metros con distancias de 1 metro entre plantas<sup>63</sup>.

#### **1.4.7.3 Zanjas fértiles.** Los mismos autores afirman que:

Esta es una práctica mecánica por medio de la cual se pretende restituir la capacidad productiva de suelos que han sido abandonados para las labores agropecuarias. Consiste en llevar a cabo apertura de surcos a 1 metro de distancia inicialmente con 1 a 2 pases de arado de verterá de tracción animal, para posteriormente hacer zanjas de 0,30 m de ancho y

---

<sup>61</sup> CLADES. Agro ecología y desarrollo rural para campesinos y campesinos líderes. Curso en la modalidad de educación a distancia. Módulo 1. Perú: S.N.T., 1998. p.43.

<sup>62</sup> SAÑUDO, CHECA y ARTEAGA, Germán. Op.cit., p. 30.

<sup>63</sup> SAÑUDO, CHECA y ARTEAGA, Germán. Op.cit., p. 30.

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 zanjas fértiles, sin filtrar y mezclándolo con agua en proporción 2:2; finalmente, los residuos se cubren con el suelo extraído<sup>64</sup>.

Sañudo, Ruiz y Legarda indican que:

Después de 3 meses se hacen nuevas zanjas subterráneas en surcos localizados en la parte media entre dos zanjas viejas, sobre las cuales se instalan un cultivo. En el siguiente semestre se siembra un cultivo sobre las trincheras nuevas. Una vez cosechado este último, se prepara convenientemente el terreno y se siembra una especie para abono verde.

En trabajos realizados anteriormente los mayores rendimientos en maíz morocho blanco mediano se obtuvieron con las zanjas mas tamo de trigo y caldo microbial con un rendimiento promedio de 2024 Kg/Ha cuadruplicando el rendimiento obtenido en el testigo sin remoción.

En general, cuando se remueve el suelo dentro de la modalidad de zanjas se observó una mejor respuesta del cultivo que cuando no se hizo ninguna labor, dentro de estos suelos con alto grado de degradación<sup>65</sup>.

Gaviria y Villarreal reportan que: “el incremento del contenido de materia orgánica alcanzado con los tratamientos T1 (zanjas fértiles – avena), T2 (zanjas fértiles – abono verde, avena) y T3 (abono –avena) disminuyó la resistencia a la penetración y densidad aparente con respecto al testigo”<sup>66</sup>.

Los mismos autores manifiestan que: “el tratamiento con zanjas fértiles y abono verde produjo un efecto mayor sobre las propiedades físicas del suelo especialmente al disminuir la resistencia a la penetración, la densidad aparente y aumentar la porosidad total del suelo”<sup>67</sup>.

---

<sup>64</sup> Ibid, p. 31.

<sup>65</sup> SAÑUDO, Benjamín; RUIZ, Hugo y LEGARDA, Lucio, Op.cit., p. 217.

<sup>66</sup> GAVIRIA, Pedro y VÍLLA REAL, Edwin. Efectos de zanjas fértiles y siembra de abono verde sobre propiedades físicas y productivas de dos suelos de baja fertilidad del municipio de Pasto. Pasto: Colombia, 2003. 123 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>67</sup> Ibid, p. 88.

También indican que: “las características de crecimiento y producción de avena fueron mayores en el tratamiento con zanjas fértiles y abono verde por el efecto positivo que se brinda al suelo mejorando las condiciones físicas”<sup>68</sup>.

Al respecto Castro y Amezcua citados por García y Durán afirman que: “con el uso de labranza profunda en suelos con limitaciones físicas se presentó disminución de la densidad aparente, aumento en el porcentaje de porosidad total, almacenamiento de humedad y espacio aéreo con relación al uso de labranza convencional”<sup>69</sup>.

En este sentido Ordus al evaluar el efecto de tres sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en el rendimiento de patilla en el Departamento del Meta – Colombia concluye que: “es necesario realizar estudios a largo plazo para conocer mejor el efecto de los sistemas de labranza sobre estas variables físicas del suelo, para poder establecer recomendaciones de manejo sostenible en esta región de Colombia. Y adicionalmente opina que es necesario profundizar mucho mas sobre el efecto de labranza en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos”<sup>70</sup>.

**1.4.7.4 Zanjas de infiltración.** Cet y Clades definen que: “son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno y siguiendo la curva a nivel. Entre las primeras ventajas es que permite interceptar el agua de escorrentía que proviene de la parte alta de la ladera, permitiendo una mayor infiltración y reduciendo la erosión hídrica del suelo”<sup>71</sup>.

**1.4.7.5 Cultivos de cobertura.** Tayupanta y Córdova indican que: “es una cubierta vegetal para conservar y mejorar el terreno. Para áreas lluviosas con terrenos de textura gruesa y que presentan factores limitantes de topografía y erosión se recomiendan los cultivos de cobertura, constituidos básicamente por pastos, leguminosas y cereales de grano pequeño que reúnan ciertas características deseables”<sup>72</sup>.

---

<sup>68</sup> Ibid., p. 84.

<sup>69</sup> GARCÍA, J. y DURA, 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 Ciencias del Suelo. Vol.30. No.1., 2000. p. 76.

<sup>70</sup> ORDUS, C. Evaluación del efecto de tres sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en el rendimiento de patilla, departamento del Meta – Colombia En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana del Suelo. Vol 30. No.1, 2000. p.182.

<sup>71</sup> CET y CLADES. Manual de producción orgánica. Perú, 1998. p.89.

<sup>72</sup> TAYAPUNTA y CÓRDOVA, Op. cit., p. 24.



**1.4.7.6 Cultivos en contorno.** Los mismos autores manifiestan que:

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

Esta práctica es recomendable para terrenos con pendientes no mayores a 5%; cuando la pendiente es mayor será necesario complementarla con otras obras mecánicas para conservación del suelo<sup>73</sup>.

**1.4.7.7 Labranza reducida y labranza cero.** También argumentan que:

Se constituyen una práctica que ayuda a conservar las características deseables del suelo y la conservación del agua.

La labor de arar con tractores es costosa, pues existen un desgaste de la maquinaria e implementos agrícolas, gastos de combustible, mano de obra y tiempo, debe, por tanto, utilizarse con eficiencia los equipos agrícolas y tratar de disminuir el número de labores.

Las investigaciones han demostrado que el laboreo excesivo contribuye a que la erosión se produzca en forma acelerada, provocando mayores daños debido a la compactación del suelo y pérdidas indeseables de humedad.

La práctica de labranza cero implica sembrar el nuevo cultivo sin preparar el suelo y esto ha determinado una mayor utilización de herbicidas para malezas<sup>74</sup>.

**1.4.7.8 Terrazas.** Tayupanta y Córdova sostienen que:

Desde tiempos primitivos el hombre ha construido un tipo de terrazas distribuidos a intervalos adecuados para cortar la pendiente y la escorrentía, evitando en esa forma que el agua corra libremente a velocidades cada vez mayores y provocando daños al suelo. Estas obras se denominan terrazas y construyen terraplenes formados entre los bordes y canales en sentido perpendicular a la pendiente del terreno<sup>75</sup>.

---

<sup>73</sup> Ibid., p. 16.

<sup>74</sup> Ibid., p. 22.

<sup>75</sup> Ibid., p. 38.

## 2. DISEÑO METODOLOGICO

### 2.1 ANTECEDENTES

El Presente estudio se realizó en el corregimiento de Mapachico municipio de Pasto, a 2710 m.s.n.m, en un suelo Andisol superficial con dos sitios degradados los cuales fueron sometidos a labores de recuperación de suelos por un periodo desde el segundo semestre de 1998. Suelo donde se evidencia la degradación ya que en su perfil tiene una capa de 10cm de profundidad efectiva y en otras ocasiones sobresale el subsuelo.

El presente trabajo de llevó a cabo sobre las zanjas fértiles que se establecieron desde 1998 con las siguientes características:

**Sitio 1:** presenta una profundidad efectiva de 10 cm., donde sigue una zona endurecida denominada Cangagua, producto de la acumulación de ceniza volcánica de color pardo oscuro y de textura franco arcillosa.

**Sitio 2:** presenta una profundidad efectiva de 5 cm., a partir de este se encuentra el afloramiento de una capa pedregosa de gravilla y piedra, cuya textura se clasifica como franco arcillo arenosa.

El trabajo se desarrolló por fases de la siguiente manera:

**Fase 1.** Los tratamientos que se utilizan en el presente estudio fueron montados a partir de octubre 10 de 1998, en la tesis presentada por Gaviria y Villarreal con el objeto de recuperar zonas perdidas o degradadas, que no tienen ninguna explotación agrícola; trabajaron por medio de la apertura de zanjas fértiles en el suelo, a una longitud de 7 metros, 0,30 metros de ancho y 0,40 metros de profundidad y en esa época realizaron los siguientes tratamientos en los cuales se incorporó tamo de trigo de la siguiente manera.

- **Zanjas fértiles – avena.** Las zanjas se construyeron con tamo de trigo semidescompuesto, con previa aplicación de caldo microbial, la diferencia en este es la siembra únicamente avena forrajera (Avena sativa) que se incorporó en época de floración a 10 cm. de profundidad.
- **Zanjas fértiles – abono verde avena.** Las zanjas se rellenaron con tamo de trigo semidescompuesto remojado con caldo microbial y cubierto con suelo.

Posteriormente a los sesenta días después de haberse cubierto las zanjas, se procede a sembrar chocho (Lupinus mutabilis) que se incorpora una vez llegado a la floración a una profundidad de 10 cm. Luego de 45 días de hecha la incorporación se realizó la siembra de avena forrajera (Avena sativa) en cantidades de 100 kg/ha.

- **Abono verde (Lupinus mutabilis)**. Se hace la roturación de surcos para sembrar chocho (Lupinus mutabilis) y realizar el corte y picado en época de floración distribuyendo los tejidos sobre la superficie del suelo para la incorporación a 10 cm de profundidad.
- **Abono verde (Avena sativa)**. De manera similar que en el tratamiento anterior se siembra avena forrajera (Avena sativa) para realizar la incorporación en época de floración.
- **Testigo**. Parcela en la cual no se realiza ninguna práctica en el suelo con el fin que sirva para comparar el comportamiento de las propiedades físicas del suelo con la aplicación de los diferentes tratamientos.

En todos los tratamientos anteriores se aplicó el caldo microbial (biabono) que según Sañudo, Checa y Arteaga: “es posible aprovechar la abundante y heterogénea población microbial encontrada en los sustratos no intervenidos por el hombre, el caldo microbial aporta los siguientes microorganismos: (Azospirillum brasilense), (Azotobacter chroococcum), (Lactobacillus acidophilus), (Saccharomyces cerevisiae), benéficos del suelo que actúan como biotransformadores de materiales orgánicos y convertirlos en nutrientes asimilables para las plantas”<sup>76</sup>, que se preparó de la siguiente manera:

#### **Preparación:**

A un tanque de capacidad de 200 litros se adiciona:

- 4 litros de leche cruda
- 4 litros de melaza
- 200 gramos de levadura fresca
- 50 kilogramos de estiércol fresco de ganado
- 200 cm<sup>3</sup> de agua oxigenada

---

<sup>76</sup> SAÑUDO, Benjamín; CHECA, Oscar y ARTEAGA, Germán. Perspectivas para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. Pasto: CORPOTRIGO, UDENAR, UNIGRAF, 2001. p. 151.

Se complementa con agua el volumen de 200 litros realizando una mezcla homogénea para dejarlo en reposo por cinco días antes de la aplicación.

**Fase 2.** Luego del trabajo de Gaviria y Villarreal se ha evaluado sistemáticamente las zanjas por lo cual el presente trabajo corresponde a la siembra de arveja (variedad Santa Isabel), aproximadamente después de 2 años de realizada la apertura de las zanjas. La Fase 2 que se desarrolló en el presente estudio, únicamente se realizó sembrando arveja en las zanjas fértiles con el objeto de evaluar algunas propiedades físicas y la producción como resultado de valor agregado que las zanjas han obtenido en el tiempo de 2 años de trabajo.

En la Tabla 1 se observan las fechas correspondientes a las prácticas de este estudio.

**Tabla 1. Resumen de Labores Fase I – Fase II**

LABOR						
<b>I – Fase</b>	<b>Apertura zanja</b>	<b>Incorpor. Tamo</b>	<b>Siembra chocho</b>	<b>Siembra avena</b>	<b>Siembra arveja</b>	<b>Cosecha arveja</b>
<b>Fecha</b>	Octubre 10 - 1998	Octubre 25 - 1998	Enero 12 - 1999	Septiembre 28 - 1999		
<b>II – Fase</b>	-	-	-	-	Octubre 23 - 2000	Abril 15 - 2001

Según Pantoja: “el trabajo que se desarrolló está enfocado a las zonas trigueras de Nariño, de baja potencialidad, beneficiando a los siguientes municipios: Tangua, Yacuanquer, Iles, Contadero, Guaitarilla, Imués, Ospina y Gualmatán; representando un área aproximada de 5.550 has., que corresponden a suelos marginales para trigo, con bajo potencial de producción (menor a 1000 kg/ha de trogo), que corresponden a las áreas agroecológicas Fg y Fc con 3000 productores.”<sup>77</sup>.

Posteriormente realizó una evaluación de las zanjas de alta fertilidad para observar los cambios en la estructura del suelo.

## 2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó utilizando un diseño de bloques al azar con arreglo combinado sitios por tratamiento con dos sitios que correspondieron a dos lotes, y cinco tratamientos, con tres repeticiones o bloques, de acuerdo con la distribución utilizada en el anterior estudio por Gaviria y Villarreal (1998).

<sup>77</sup> PANTOJA, C. y García, B. Fertilización de cultivos en clima frío. Monómeros Colombo – Venezolanos. Colombia, 1998. p. 158.

Los resultados presentados en este trabajo son el seguimiento a los siguientes tratamientos:

T1 – Zanja fértil - Abono verde (Avena sativa).

T2 – Zanjas fértiles –(Lupinus mutabilis) – Abono verde (Avena sativa).

T3 – Abono verde (Lupinus mutabilis).

T4 – Abono verde (Avena sativa).

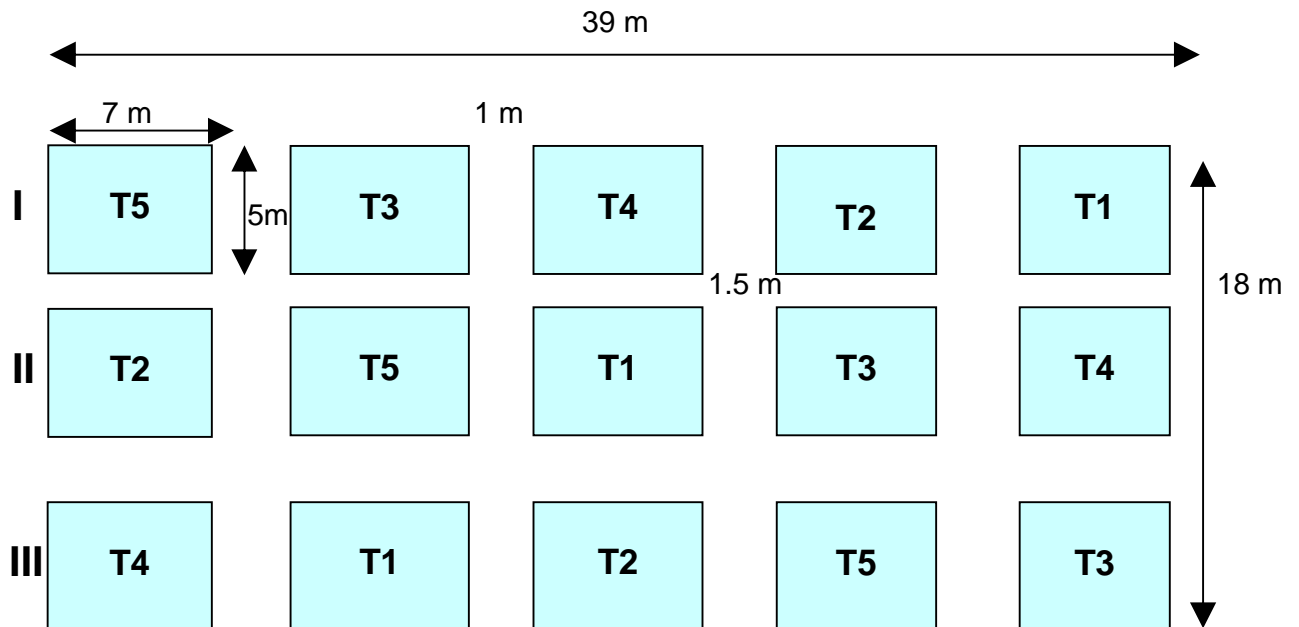
T5 – Testigo absoluto.

### 2.3 DISTRIBUCIÓN EXPERIMENTAL

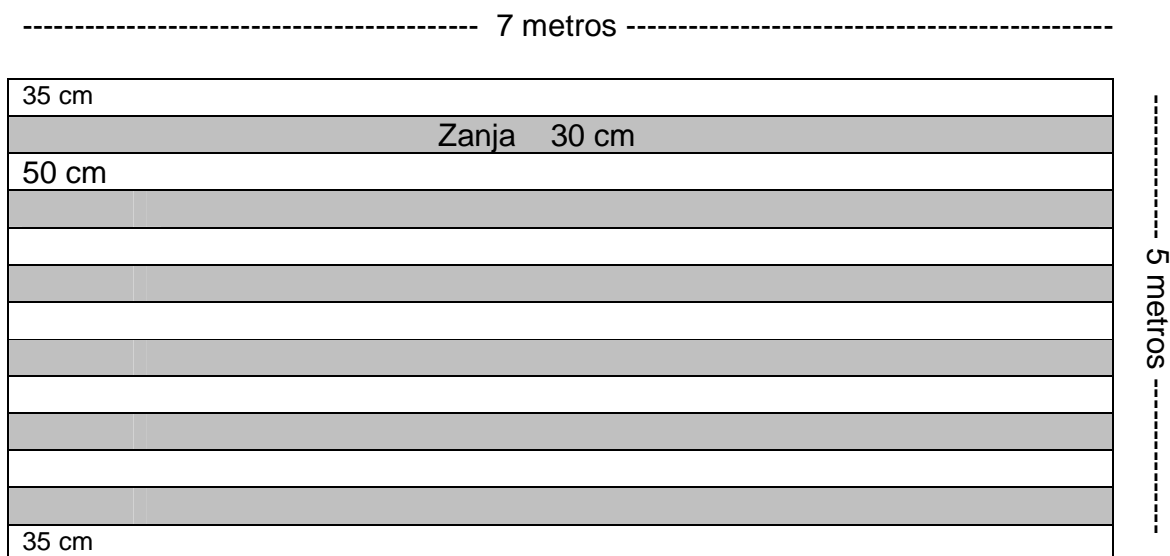
El experimento estuvo comprendido por un lote de 18.0 x 39.0 m, en el cual se trazó 3 bloques de 5.0 x 39.0 m, separados por calles de 1.50 m. En cada sitio se dividió en 5 parcelas de 5.0 x 7.0 m, separados por calles de 1.0 m, para distribuir al azar los tratamientos.

En cada parcela se establecieron seis surcos a 0.5 metros de distancia entre surcos y de 7 metros de longitud, para sembrar en el surco una semilla cada 10cm (Figura 1).

Figura 1. Mapa de campo



**Figura 2. Descripción del tratamiento zanja fértil**



## 2.4 SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN

Se sembró una semilla cada 10 cm. entre sitio a una profundidad de 3 cm., para un total de 70 sitios y 6 surcos por tratamiento, posteriormente se aplicó fertilizante 10-30-10 en forma manual fraccionada el 70 % el momento de la siembra y el 30% después de la desyerba para un total de 150 Kg/Ha.

## 2.5 LABORES CULTURALES

**2.5.1 Control de plagas.** En la emergencia de las plantas se realiza una aplicación de Lorsban 4ec(clorpirifos) en dosis de 25 cc/bomba de 20 litros al observar las primeras plantas trozadas para el control de tierreros (Agrotis ipsilon) y cucarrones comedores de hojas (Naupactus sp).

**2.5.2 Control de enfermedades.** Al iniciarse ataques de cenicilla (Oidium erysiphoides) del 5%, se realiza aplicaciones alternadas de Elosal (azufre micronizado) 50 cc/bomba y Tecnomil (Carbendazin), cuando la enfermedad paso del 10% en dosis de 20 cc/bomba.

## 2.6 VARIABLES EVALUADAS

**2.6.1 Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo.** Para realizar la evaluación de las propiedades físicas del suelo se tomó una muestra de suelo disturbada y no disturbada después del experimento con anillos de acero y muestreador Uthland a una profundidad de 10 cm., de cada parcela en los dos

lotes, las cuales fueron llevadas al laboratorio para determinar los correspondientes resultados.

**2.6.1.1 Densidad aparente (gr /cc).** La densidad aparente se la puede obtener por medio del método reportado por el instituto universitario Juan de Castellanos por el método del cilindro de volumen conocido.

Su fórmula general es:  $Da = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen total}}$ .

Donde : Da = Densidad aparente del suelo  
P = Masa del suelo seco a 105 °C, g  
V = Volumen del cilindro donde se tomó la muestra del suelo<sup>78</sup>

**2.6.1.2 Densidad real.** Se refiere a la relación de peso por unidad de volumen de los sólidos del suelo sin tener en cuenta el espacio poroso. La densidad real de una muestra de suelo se puede calcular cuantificando la masa y volumen.

La masa se determina por peso y el volumen o por la densidad y la masa del agua (u otro fluido) desplazado por la masa. Método del picnómetro.

Su fórmula general es:

$Dr = \frac{Mss}{Vss}$ .

Donde:

Dr = Densidad de las partículas o densidad real en gr/cm<sup>3</sup>

Mss = Masa del suelo seco en gramos

Vss = Volumen de suelo seco en cm<sup>3</sup>.<sup>79</sup>

**2.6.1.3 Porosidad total.** Esta característica se determina con base a las densidades real y aparente.

Su fórmula general es:  $\left( 1 - \frac{Da}{Dr} \right) \times 100$

Da = Densidad aparente

Dr = Densidad real<sup>80</sup>

<sup>78</sup> INSTITUTO UNIVERSITARIO JUAN DE CASTELLANOS. Fundamentos para el conocimiento y manejo de los suelos agrícolas. Manual técnico. Tunja: Produmedios, 1998. p. 126.

<sup>79</sup> Ibid., p. 127.

<sup>80</sup> Ibid., p. 127.

**2.6.1.4 Penetrabilidad.** Se la obtiene por medio del penetrógrafo de pistón Eijelcham el cual va dibujando en papel milimetrado la resistencia que opone el suelo en Megapascales (Mpa = 1 kg-f / cm<sup>2</sup>).

**2.6.1.5 Espacio aéreo.** El espacio aéreo del suelo se calcula con base en el dato de la porosidad total expresado en %, con la siguiente fórmula:

Espacio Aéreo = Porosidad Total – Humedad Volumétrica, recomendada por Juan de Castellanos.

Fórmula general:

$$Ea = \left( 1 - \frac{Pa}{Ps} \right) - \left( \frac{HgPa}{100 Pag} \right)$$

Donde:

Ea = razón del espacio aéreo  
Pa = densidad aparente del suelo  
Ps = densidad real del suelo  
Hg = humedad gravimétrica en %  
Pag = densidad del agua<sup>81</sup>

**2.6.1.6 Humedad del suelo.** Se la obtuvo a partir de los datos de densidad aparente, convirtiendo el porcentaje de humedad del suelo con base en peso seco a la estufa (humedad gravimétrica) en porcentaje de humedad con base en volumen, aplicando la siguiente fórmula:

$$Hv (\%) = \% Hg \times Da$$

Donde:

Hv (%) = Porcentaje de humedad volumétrica  
Hg (%) = Porcentaje de humedad gravimétrica  
Da = Densidad aparente<sup>82</sup>

## 2.6.2 COMPONENTES DE RENDIMIENTO

**2.6.2.1 Número de vainas por planta.** Según la metodología del CIAT: “Hacia la época de cosecha de grano seco, se extrajeron con cuidado 50 plantas de los cinco surcos centrales, para contabilizar el número de vainas, para obtener el promedio de vainas totales y llenas por planta”<sup>83</sup>.

---

<sup>81</sup> Ibid., p. 128.

<sup>82</sup> Ibid., p. 128.

<sup>83</sup> CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Investigación y producción del frijol. Cali: CIAT, 1985. p. 58.



**2.6.2.2 Número de granos por vaina.** Según la metodología del CIAT: “en la época de cosecha se hizo la trilla de 100 vainas tomadas al azar, para limpiar los granos, determinando el número total y así obtener el promedio de granos por vaina”<sup>84</sup>.

**2.6.2.3 Peso de 100 granos.** Montenegro y Zambrano proponen realizar tres conteos de 100 granos, para hacer su pesaje y obtener un peso promedio<sup>85</sup>.

**2.6.2.4 Rendimiento.** Se recolectó la totalidad de las vainas de las plantas de cada parcela útil, correspondientes a cada ensayo, se la lleva secamiento por una semana, para luego efectuar la trilla, limpieza y nuevo secamiento del grano durante una semana más y se determinó la humedad del grano en el medidor de humedad MOTONCO Modelo 919.

El rendimiento se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$RF = \frac{RP \times (100 - HM) \times 10.000m^2}{AC \times 86}$$

Donde:

RF = Rendimiento de arveja en Kg/ha al 14% de humedad

RP = Rendimiento de parcela útil (Kg)

AC = Área útil cosechada (m<sup>2</sup>)

HM = Humedad de la muestra (%) (Aguirre y Peske, 1992, 130).<sup>86</sup>

## 2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los diferentes datos numéricos se interpretaron estadísticamente por medio del análisis de varianza y la prueba de significancia de Tukey para la comparación de los promedios de las variables estudiadas.

---

<sup>84</sup> Ibid., p. 59.

<sup>85</sup> MONTENEGRO, Marco y ZAMBRANO, Juan. Evaluación de 15 materiales de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris*) resistentes a (*Fusarium oxysporum* F. sp. *phaseoli*) en el municipio de Imués – Departamento de Nariño. Pasto – Colombia, 2001. 100 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas.

<sup>86</sup> AGUIRRE, Roberto y PESKE, Silmar. Manual para el beneficio de semillas. Segunda edición. Cali: CIAT, 1992. p. 130.

**2.7.1 Análisis de regresión entre las propiedades del suelo.** Para la realización de los análisis de regresión, se tomo como variable independiente (X), la porosidad total y la penetrabilidad y variable dependiente (Y), al rendimiento.

## **2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO**

“Se trabajó con el análisis de presupuesto total el cual relaciona los costos directos, indirectos y los ingresos netos producidos por los diferentes tratamientos”<sup>\*</sup>.

---

<sup>\*</sup> Entrevista Francisco Torres. Profesor Facultad Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, 15 de Enero de 2005.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis que se muestra a continuación para cada una de las propiedades, se analizó por sitio y por tratamiento.

#### 3.1 DENSIDAD APARENTE

**3.1.1 Comparación entre sitios.** El análisis de varianza presenta diferencias estadísticas significativas para sitios y tratamientos. (Anexo A)

En el Anexo B se observa que la mayor densidad aparente fue de 1.1 g/cc y se obtuvo para el sitio 2, presentando diferencias estadísticas significativas con el sitio 1 el cual tuvo una densidad aparente de 0,98 g/cc.

El comportamiento de la densidad aparente de acuerdo con las figuras 3 y 4 indican que la práctica de las zanjás fértiles reduce de manera significativa la densidad aparente del suelo; sin embargo en la medida que el tiempo transcurra la densidad tiende a aumentar posiblemente por la falta de materia orgánica presente en el suelo, que disminuye la mineralización y la porosidad debido al reempaquetamiento y a la fuerza que las capas superiores ejercen sobre la parte interna del suelo.

Los valores obtenidos en los sitios son altos, ya que según Soil Surery Staff (1975), citado por Andreux: "los Andeps se definen por presentar densidades aparentes menores de 0,85 g/cc"<sup>87</sup>, sin embargo las zanjás fértiles y abono verde aplicados al suelo contribuyeron a disminuir la densidad aparente comparado con el resto de los tratamientos. La posible causa por la cual el sitio 2 mostró mayor densidad aparente se puede explicar por la baja profundidad efectiva de 5 cm. y por el contenido de piedra que a menor profundidad se mezcla el suelo con el subsuelo aumentando en cierto grado la masa del suelo.

**3.1.2 Comparación entre tratamientos.** El tratamiento T5 (Testigo), presentó mayor densidad aparente con 1,15 g/cc, presentando diferencias estadísticas significativas con los tratamientos T1 (zanja fértil - avena) y T2 (zanja fértil – abono verde – avena) con valores de 0,98 g/cc y 0,95 g/cc.

La disminución de la densidad aparente presentada en los tratamientos T1 y T2 se puede atribuir posiblemente a las incorporaciones que se hicieron por medio de las zanjás fértiles que directamente contribuyeron a aumentar el contenido de materia orgánica en estos suelos, llevando a mejorar las condiciones físicas del suelo, especialmente la porosidad, de igual manera Cifuentes afirma que "a medida que se van aumentando los contenidos de materia orgánica en el suelo, los valores de

---

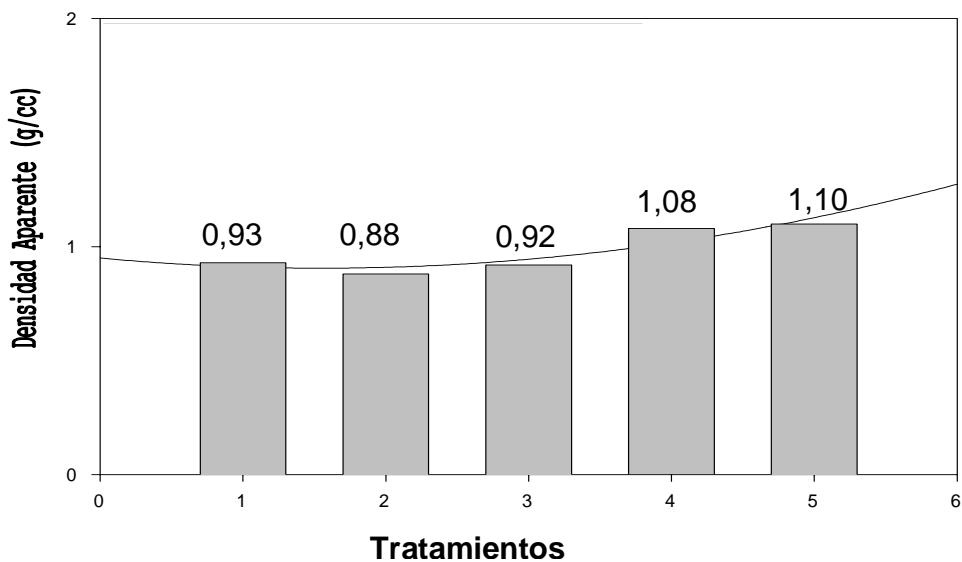
<sup>87</sup> ANDREUX, Op. cit., p. 36.

la densidad aparente empiezan a disminuir, debido a que se mejoran las condiciones físicas del suelo con el mejoramiento de la estructura”<sup>88</sup>.

Por otra parte estudios realizados por García *et al*, “al evaluar el efecto de la labranza vertical con el cincel dirigido, la incorporación de abono orgánico y/o estiércol, rotación e incorporación de materia orgánica – abono orgánico lograron disminuir la densidad aparente de 1.6 g/cc a 1.47 g/cc en el segundo año en suelos cultivados con algodón en el Valle del Cesar”<sup>89</sup>.

De igual manera Gavande afirma que: “en suelos orgánicos con alto contenido de materia orgánica y minerales tienen densidad aparente menor debido a la cantidad de porosidad y liviandad del suelo”<sup>90</sup>.

**Figura 3. Densidad aparente del suelo a una profundidad de 0 a 10 cm en el sitio 1.**

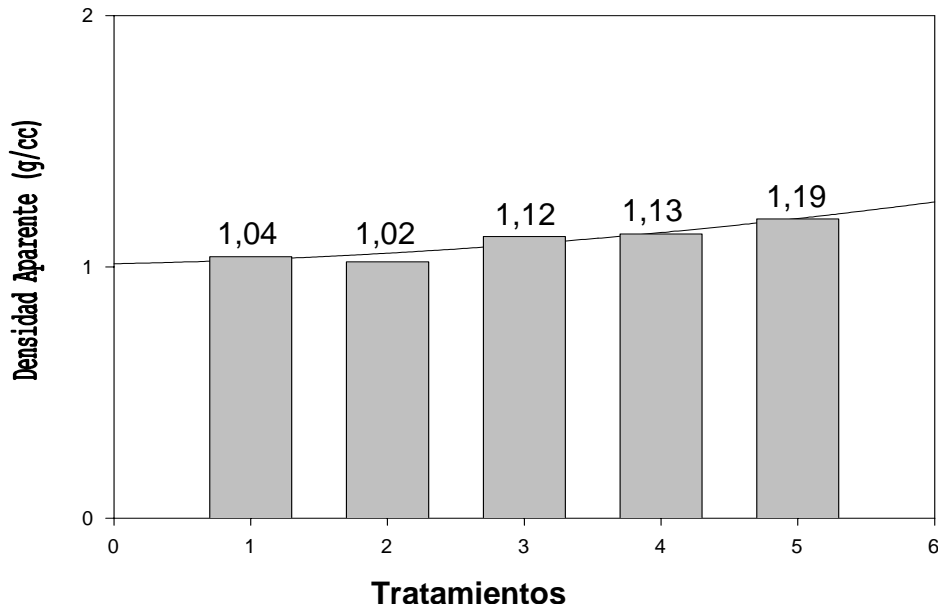


<sup>88</sup> CIFUENTES, Diego. Preparación del suelo para labranza de conservación. En: Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Palmira: Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo – Comité Regional del Valle del Cauca. Editores Álvaro García e Ivonne Venezuela. Septiembre de 2000. p. 44.

<sup>89</sup> GARCIA, *et al*. Alternativas económicas para la recuperación de suelos algodoneros degradados en el Valle del Cesar. En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo. Vol.30. No.1., 2000. p. 87.

<sup>90</sup> GAVANDE, *Op.cit.*, p. 84.

**Figura 4. Densidad aparente del suelo a una profundidad de 0 a 10 cm en el sitio 2.**



### 3.2 DENSIDAD REAL

**3.2.1 Comparación entre sitios.** En el Anexo A, encontramos diferencias estadísticas significativas para sitios y tratamientos.

El sitio 2 presentó mayor densidad real con 2.37 g/cc y hubo diferencias estadísticas con el sitio 1, el cual tuvo una densidad de 2.29 g/cc.

La diferencia observada en los dos sitios posiblemente se debe a las características propias de cada suelo (andisoles) y al proceso de acomodamiento de partículas las cuales están relacionadas con la incorporación de residuos orgánicos.

De un modo similar Montenegro afirma que: “los valores de densidad real se ven afectados por los contenidos de materiales piroclásticos y orgánicos los cuales sus componentes de micro y macroporos están relacionados con la génesis del suelo y el manejo dado al mismo”<sup>91</sup>.

<sup>91</sup> MONTENEGRO, Hugo, Op. cit., p. 99-127.

**3.2.2 Comparación entre tratamientos.** La mayor densidad real fue de 2.49 g/cc y se dio para el tratamiento T4 (avena), sin presentar diferencias estadísticas significativas con los tratamientos T5 (testigo) y T3 (abono verde), pero sí existe diferencias estadísticas significativas con los tratamientos T1 (zanja fértil – avena) y T2 (zanja fértil – abono verde – avena), cuya densidad es de 2,28 g/cc y 2,10 g/cc respectivamente (Anexo B).

El resultado del T1 y T2 se debe a la construcción de zanjas fértiles probablemente por una mayor velocidad de mineralización de los residuos incorporados incrementando el contenido de materia orgánica.

Prosad y Power (1997) citados por Salamanca concluyen que: “la densidad real disminuye cuando los contenidos de materia orgánica se elevan; esto explica que los tratamientos anteriormente mencionados con su densidad real mas baja posean los mayores contenidos de materia orgánica”<sup>92</sup>.

Para complementar el IGAC argumenta que: “los Andisoles derivados de la formación de materiales parentales (piroclásticos) constan de un horizonte A. pardo oscuro a negro (30 cm.) aproximadamente, estructura grumosa y fina, con densidad aparente y real bajas compuesto por microagregados estables que generan grumos procedentes de cenizas volcánicas y buen contenido de materia orgánica”<sup>93</sup>.

El T1 y T2, fueron los únicos tratamientos donde se realizó incorporaciones de material orgánico (tamo de trigo) a una profundidad de 30 cm. Por esta razón Castro afirma que: “los suelos con alto contenido de materia orgánica, presentan una densidad real baja debido a que el humus y los compuestos orgánicos son materiales relativamente livianos que conforman la parte sólida del suelo”<sup>94</sup>.

### 3.3 POROSIDAD TOTAL

El análisis de varianza para esta variable (Anexo A), presenta diferencias estadísticas para sitios y tratamientos.

**3.3.1 Comparación entre sitios.** El sitio 1 obtuvo el mayor porcentaje de porosidad con 57,78% y se encontró diferencias estadísticas con el sitio 2, donde el porcentaje de porosidad fue de 53.32% (Anexo B).

Lo mismo ocurrió con la densidad aparente donde el sitio 2 mostró mayor densidad aparente con relación al sitio 1. Es probable que el sitio al reducirse el espacio poroso de un suelo se incremente la densidad aparente por la menor profundidad que esta presenta y por la menor cantidad de materiales orgánicos que impiden la formación de macroporos. Al respecto Castro afirma que: “los

---

<sup>92</sup> SALAMANCA, Albeiro, Op. cit., p. 72.

<sup>93</sup> IGAC. Suelos de Colombia. Bogotá: Canal, 1995. p. 551.

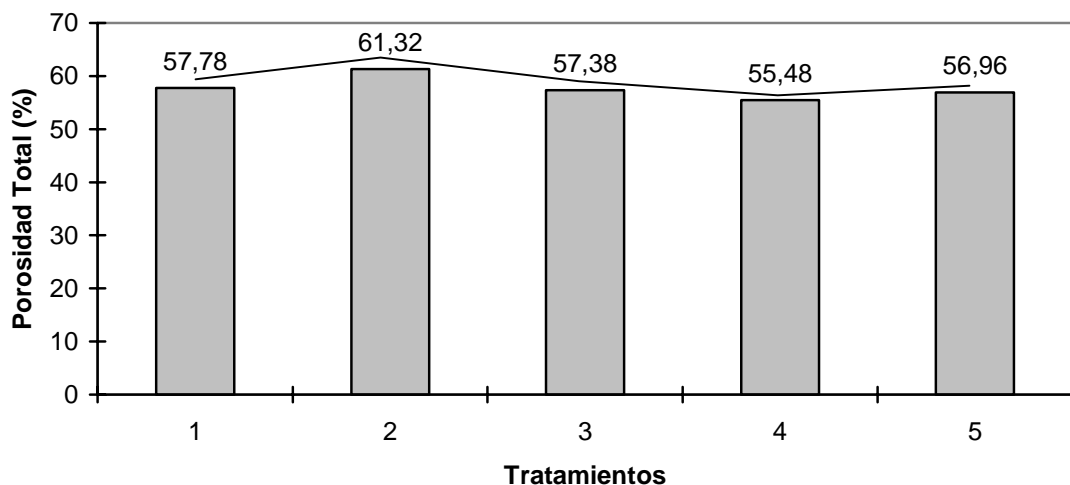
<sup>94</sup> CASTRO, Op. cit., p.123.

valores con densidad aparente mayor a 1,5 g/cc y porosidad total menor del 35% se consideran como suelos compactados<sup>95</sup>.

De acuerdo con las figuras 5 y 6 se observa un comportamiento similar para los dos sitios donde la porosidad del suelo se incrementa con la incorporación de materiales orgánicos, pero a medida que se disminuye la remoción del suelo y dicha incorporación el porcentaje de porosidad del suelo se reduce. Probablemente la estructura del suelo se ve afectada por la falta de materiales orgánicos que impiden la formación de agregados predominando la formación de microporos.

En este sentido Primavessi, afirma que “la pérdida de macro poros y el aumento de micro poros evidencian la compactación del suelo, ya que no es grumoso si no compacto. En la medida que se reduce el porcentaje de macro poros, predominan los micro poros y consecuentemente faltará agua, aire y la posibilidad de penetración radicular<sup>96</sup>”.

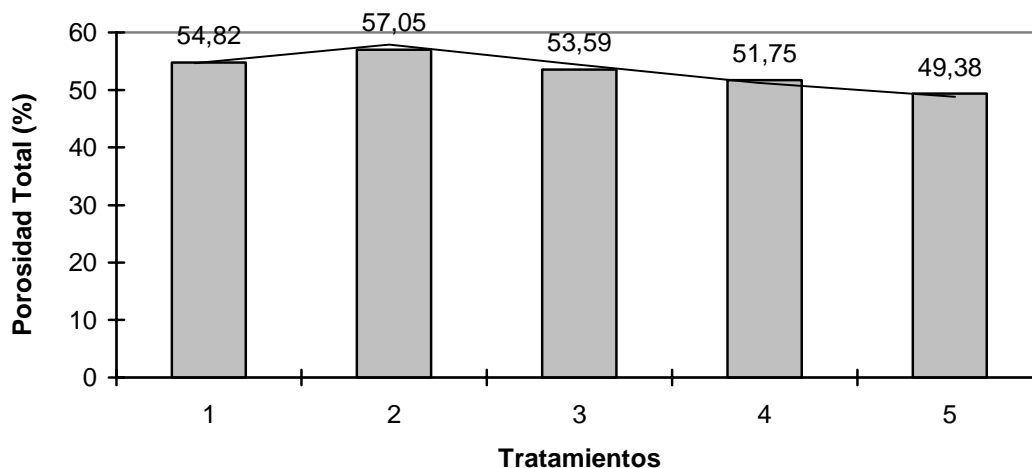
**Figura 5. Porosidad Total Sitio 1**



<sup>95</sup> Ibid., p. 15.

<sup>96</sup> PRIMAVESI, Op. cit., p. 186.

**Figura 6. Porosidad Total Sitio2**



**3.3.2 Comparación entre tratamientos.** El mayor porcentaje de porosidad se dio para el T2 con 59,19%, sin presentar diferencias estadísticas con los tratamientos T1 y T3 cuyos valores fueron 56.24% y 55.43% respectivamente. Los demás valores para el T4 y T5 fueron 53.62% y 53.1% respectivamente (Anexo B).

El valor más alto de porosidad se presentó para el T2, posiblemente indicando que la incorporación de material orgánico al suelo por medio de las zanjas fértiles, abono verde y remoción del suelo contribuyó a aumentar el porcentaje de porosidad total que está relacionado estrechamente con la disminución de la densidad aparente. Sin embargo para que la porosidad total del suelo sea óptima se debe hacer incorporación programada y frecuente de abono orgánico relacionada con un sistema de labranza donde la mecanización sea baja.

García y Durán, al evaluar sistemas de labranza sobre la productividad de algodón argumentan que: “la incorporación de abonos verdes y orgánicos debe ser continua y sus efectos se pueden observar a partir del segundo año. Estos autores encontraron aumentos en la porosidad total de 32% a 37% mediante labranza profunda e incorporación de abonos verdes”<sup>97</sup>

Al comparar los resultados con el estudio presentado por Gaviria y Villarreal se observa una disminución en el porcentaje de porosidad de 61,75% a 57.78% posiblemente por el acomodamiento de partículas y la fuerza que oponen las capas superiores sobre las inferiores y es por esta razón que la porosidad haya disminuido entre este espacio de tiempo.

<sup>97</sup> GARCÍA, 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 Ciencias del Suelo. Vol..30. No.1., p. 587.



En este sentido Ruiz encontró incrementos en el porcentaje de poros del suelo al aplicar diferentes sistemas de labranza y menciona que “este incremento puede estar influenciado directamente por la acumulación de los residuos de cosecha manejados en la superficie del suelo”<sup>98</sup>.

Al respecto Montenegro, afirma que: “la porosidad es una característica derivada e influida por la textura y el contenido de materiales orgánicos, entre otros. Esta propiedad es susceptible a cambios por las prácticas de manejo (Laboreo) y por el tipo y grado de desarrollo que adquieren los valores estructurales”<sup>99</sup>.

### 3.4 HUMEDAD VOLUMÉTRICA

**3.4.1 Comparación entre sitios.** En el Anexo B se observa que en el sitio 1 el mayor porcentaje de humedad volumétrica fue de 26.14% con respecto al sitio 2 cuyo porcentaje de humedad volumétrica es de 17.90% presentándose diferencias estadísticas.

Al igual que Gaviria y Villarreal el sitio 1 presentó el mayor porcentaje de humedad volumétrica debido especialmente a que esta presenta el mayor contenido de arcilla cuya textura es franco – arcillosa en comparación con el suelo del sitio 2 cuya textura es franco – arcillosa – arenosa, además la característica pedregosa disminuye la capacidad de retención de humedad.

Igualmente Dávila, *et al*, argumenta que: “es necesario mejorar las propiedades físicas del suelo al menos en los primeros 30 cm, con la incorporación de residuos de cosecha y materiales orgánicos que mejoran la capacidad de infiltración, el almacenamiento de agua y evita grandes variaciones entre un periodo a otro, específicamente por la evapotranspiración excesiva del suelo”<sup>100</sup>.

**3.4.2 Comparación entre tratamientos.** Por otra parte el T4 presentó el valor más alto en el porcentaje de humedad volumétrica con 24.9% presentando diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos cuyos valores oscilaron entre 20,18% y 24,44% respectivamente.

Esta diferencia posiblemente se puede explicar ya que en este tratamiento al incorporar avena anteriormente en el trabajo de Gaviria y Villarreal como cobertura vegetal del suelo incrementa la capacidad de retención y disminuye la evaporación a causa de la temperatura en el día, creando un microclima diferente a los demás tratamientos.

---

<sup>98</sup> RUIZ, Hugo. Efecto de 4 sistemas de labranza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas de un vertisol cultivado intensivamente en el Valle Geográfico del río Cauca. Palmira-Colombia, 1999. Tesis (Msc. Suelos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.

<sup>99</sup> MONTENEGRO, Hugo. Op. cit., p. 91.

<sup>100</sup> DÁVILA, G. Manejo sostenible de suelos en el municipio de Bolívar, Departamento del Cauca. En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Vol. 32. No.1., 2002. p. 90.

En este sentido Castellanos observó que: “el contenido de humedad aumenta debido a prácticas de aplicación de abonos orgánicos, ya que disminuye la densidad aparente; se incrementa la porosidad y se modifica la estructura al mejorar la formación de agregados, todo ello influye en un aumento en la retención de humedad”<sup>101</sup>

El T2 mostró un comportamiento similar al T4, lo cual indica que la práctica realizada en este tratamiento proporciona un beneficio similar al de cobertura vegetal.

Según Cifuentes: “el incremento de materia orgánica y cobertura vegetal aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo y disminuye la evaporación”<sup>102</sup>.

De manera similar Amezcua argumenta que: “la incorporación de residuos orgánicos favorecen el incremento de la capacidad de retención de humedad por parte del suelo”<sup>103</sup>.

### **3.5 PENETRABILIDAD**

**3.5.1 Comparación entre sitios.** Entre sitios no se presentaron diferencias significativas (Anexo B) con valores de 1,67 Mpa para el sitio 1 y 1,60 Mpa para el sitio 2.

**3.5.2 Comparación entre tratamientos.** El análisis de varianza, (Anexo B), presenta diferencias estadísticas entre tratamientos obteniendo los valores más bajos el T1 y T2 con 0,63 Mpa y 0,71 Mpa respectivamente quienes no presentaron diferencias significativas entre sí; el resto de tratamientos presentaron valores de 1,41 Mpa hasta 3,71 Mpa.

Los anteriores resultados posiblemente se deben a que las prácticas aplicadas al suelo como apertura de zanjas, remoción del suelo e incorporación de materia orgánica disminuye notablemente la resistencia a la penetración de las raíces. Según Gaviria y Villarreal en el trabajo anterior a este, obtuvieron los mejores valores para los tratamientos T1 y T2 indicando que la incorporación de materiales orgánicos mejora la aireación y por ende la penetración y anclaje de las raíces en el suelo.

---

<sup>101</sup> CASTELLANOS, R. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos. Torreón – México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1982. p. 132.

<sup>102</sup> CIFUENTES, Hugo, Op. cit, p. 45.

<sup>103</sup> AMEZQUITA, Edgar, Op. cit., p. 17.

En este sentido Amezcua afirma que: “entre los beneficios que físicamente aporta la materia orgánica está el aumento de la agregación, porosidad aireación, capacidad de infiltración y percolación favoreciendo de esta manera la penetración de la raíz”<sup>104</sup>.

Probablemente cuando hay mayor penetración de las raíces la materia orgánica liga las partículas del suelo en estructuras llamadas agregados, permitiendo que el agua no se encharque en la superficie por el contrario pueda entrar y filtrarse en el perfil del suelo.

Amezcua citado por Ruiz indica que: “los valores superiores a 1.5 Mpa son restrictivos para el desarrollo de la parte radical de las plantas”<sup>105</sup>.

La remoción del suelo es importante para romper la capa endurecida del suelo permitiendo mayor aireación, bajando la fuerza que el suelo opone para el normal desarrollo de las raíces y es posible que la practica de zanjas de alta fertilidad se refleje positivamente sobre la productividad de arveja como ocurrió en el T2 donde se obtuvo el mayor rendimiento con 2139.5 Kg/Ha. Además de presentar los mejores valores para densidad aparente y porosidad total.

Al respecto CENICAFÉ, citado por Guerrero y Muñoz, afirma que: “la adición de abonos orgánicos, como la pulpa descompuesta y gallinaza, conllevan a la obtención de plantas vigorosas y sanas, ya que estos aportan nutrimentos y dan una mayor aireación del suelo, lo cual redundo en menor compactación, buena capacidad de retención de humedad y mayor desarrollo de las raíces”<sup>106</sup>.

Amézquita, Hernández y Moreno, en un estudio realizado para evaluar la profundidad de la compactación sobre la productividad de hortalizas encontraron que:

Al tomar como el 100% del rendimiento obtenido cuando la capa endurecida se encuentra a 30 cm de profundidad y se contrasta con el rendimiento cuando la capa endurecida se presenta tan solo a 5 cm de profundidad se observó una disminución de 38, 32 y 22% para acelga, repollo y zanahoria respectivamente, mostrando la caída del rendimiento

---

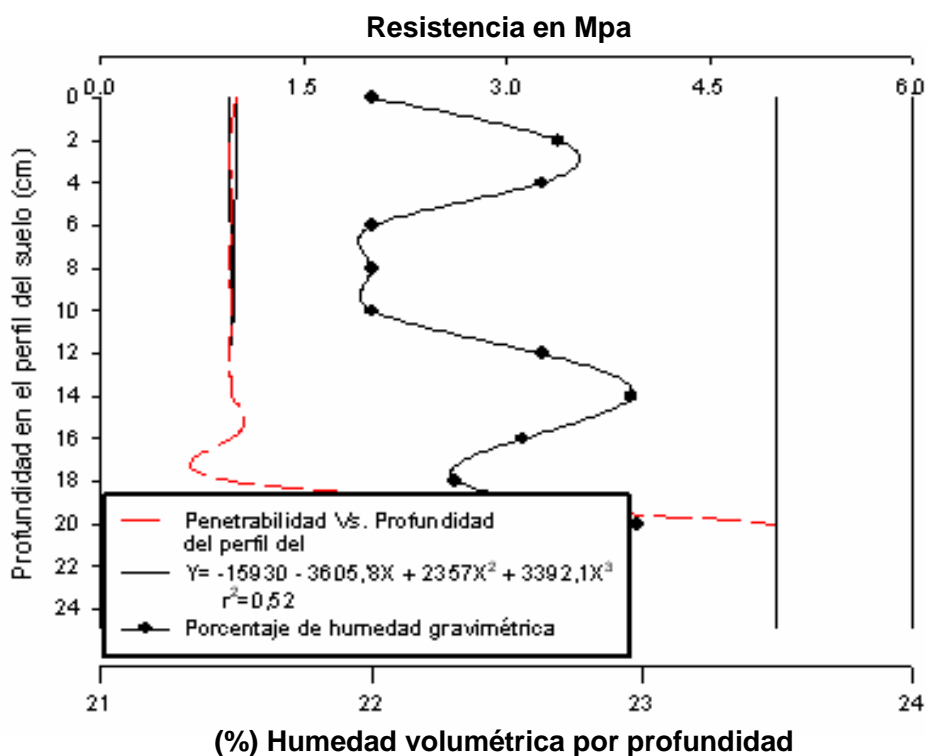
<sup>104</sup> Ibid., p. 19.

<sup>105</sup> RUIZ, Hugo, Op. cit., p. 17.

<sup>106</sup> GUERRERO, Olga y MUÑOZ, María. Evaluación de abonos orgánicos en la producción de arveja (*Pisum sativum*, L.) en la zona cafetera de Piendamó, Cauca. Pasto-Colombia, 1994. 58p. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

en función de la capa endurecida, ya que esta afecta el desarrollo de las raíces, los procesos de almacenamiento de agua y absorción de nutrientes reflejado en la disminución de la producción<sup>107</sup>.

**Figura 7. Penetrabilidad y humedad volumétrica en función de la profundidad del suelo para el tratamiento T2.**



En la figura 7 se observa que el T2 con respecto a la resistencia a la penetrabilidad en los primeros 20 cm., nos indica que, por debajo de 1.5 Mpa; no existe resistencia e impedimento para el buen desarrollo de las raíces bajo este límite; a partir de los 20 cm. de profundidad la penetrabilidad sube hasta el límite de 5 Mpa que es una resistencia extrema para la profundización de las raíces.

Lo anterior hace suponer que la raíz en el T2 puede explorar sólo a una profundidad de hasta 20 cm, posiblemente debido a la remoción e incorporación de materiales orgánicos que mejoran la estructura, aumentando la formación de agregados estables facilitando así el aumento de la porosidad, el desarrollo de las raíces e incluso la entrada de sustancias nutritivas que se encuentran disponibles en el suelo.

<sup>107</sup> AMEZQUITA, E; HERNÁNDEZ, F. y MORENO, O. Influencia de la profundidad de la compactación en la productividad de hortalizas en un suelo indico de la Sabana de Bogotá. En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana del Suelo. Vol. 28. No.2., 1998. p. 14-19.

Por otra parte los valores de penetrabilidad se ubican entre 25 – 26% de humedad volumétrica, además el modelo cúbico permite proyectar la penetrabilidad en función de la profundidad que en este caso el aporte fue bajo debido al coeficiente  $r^3 = 0.45$ .

Los valores para T1 de penetrabilidad con respecto a la profundidad mostró un comportamiento similar al T2 ya que a 20 cm de profundidad opuso una resistencia de 1.5 Mpa. Caso contrario ocurrió con el T5 que a una profundidad de 18 cm mostró una resistencia de 3.6 Mpa que es altamente restrictiva para el desarrollo y profundización de las raíces (Anexos C y D).

### **3.6 ESPACIO AÉREO**

**3.6.1 Comparación entre sitios.** El sitio 2 con 34.06% mostró diferencias significativas respecto al sitio 1 con 31,07% (Anexo A). Valores que según Forshyte son favorables por ser superiores al 10% valor considerado como restrictivo para el desarrollo de las raíces. Posiblemente la diferencia entre los dos sitios se debe a que en el sitio 2 tiene mayor cantidad de piedra lo cual favorece en cierto modo la porosidad por ser un material suelto que no se endurece fácilmente.

En las figuras 8 y 9 de tendencia se observa que el espacio aéreo se incrementa hasta un 40% y se reduce hasta el 25%. Posiblemente esta variable esté afectada por el contenido de materia orgánica puesto que ésta favorece la formación de macroporos favoreciendo la retención de humedad, infiltración del agua y la absorción de nutrientes por parte de la planta.

**3.6.2 Comparación entre tratamientos.** El análisis de varianza (Anexo B) para el espacio aéreo, el tratamiento T2 fue el de mayor valor de 39.2% presentando diferencias significativas con el resto de tratamientos que oscilaron entre 24.65% a 35,9%.

Según Forshyte: “Los valores que están por debajo del 10%, son considerados como restrictivo para el desarrollo de las raíces y reserva de humedad”<sup>108</sup>.

Posiblemente esta variable esté afectada por el contenido de materia orgánica puesto que, favorece la formación de macroporos y por consiguiente una textura granular. Al relacionar con los valores de porosidad total y densidad aparente

---

<sup>108</sup> FORSHYTE, Warren. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica: IICA, 1985. p. 65.

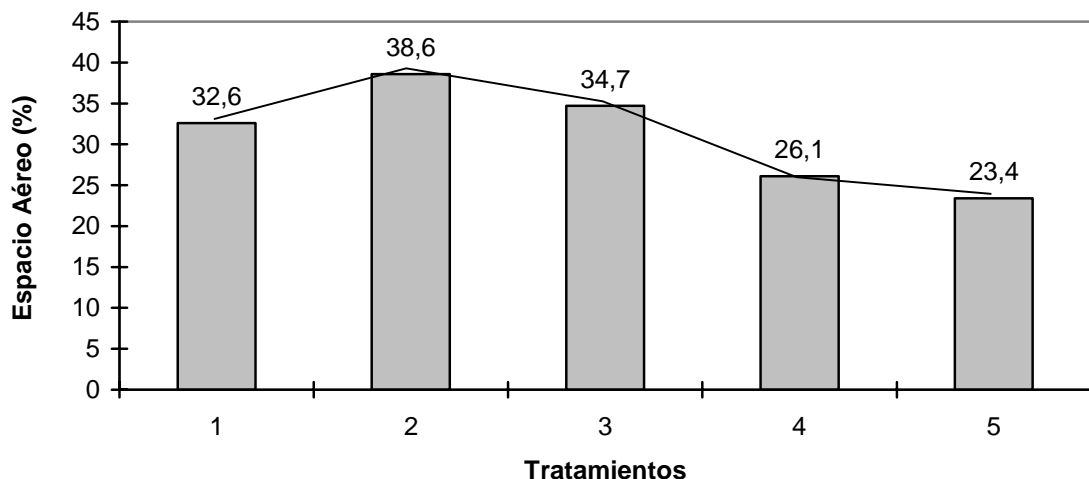
nótese que estos tratamientos mostraron el mejor resultado lo que indica que las incorporaciones de material orgánico favorece las condiciones físicas del suelo.

En este sentido Gavande afirma que: “la proporción y composición de los constituyentes gaseosos encontrados en el suelo influye en el crecimiento de las plantas. En suelos húmedos y porosos las raíces necesitan poca energía y poco oxígeno para su desarrollo. Lo contrario ocurre en suelos compactados que oponen gran energía para su penetración”<sup>109</sup>.

Igualmente Rodríguez afirma que: “la porosidad y espacio aéreo componente de macro y microporos está relacionado con la génesis y el manejo dado al suelo”<sup>110</sup>.

Según Montenegro y Malagón argumentan que: “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>111</sup>.

**Figura 8. Espacio aéreo Sitio 1**

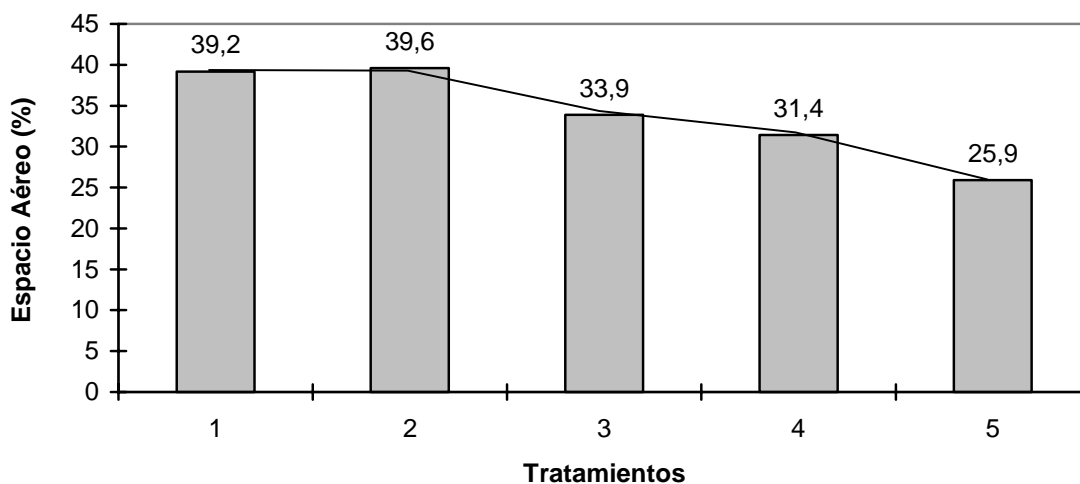


<sup>109</sup> GAVANDE, Op. cit., p. 107.

<sup>110</sup> RODRÍGUEZ, M. Influencia de la reducción de las operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Bogotá – Colombia: ICA, 1984. p. 20.

<sup>111</sup> MONTENEGRO, G. y MALAGON. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC, 1990. P. 76.

**Figura 9. Espacio aéreo Sitio 2**



Es probable que esta variable esté afectada por las características iniciales de cada suelo ya que estos presentan texturas franco – arcilloso – arenoso con material suelto y pedregoso.

### **3.7 PROYECCIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO**

Teniendo en cuenta que el T2 presentó la densidad real y aparente más baja (2,1g/cc y 0,95g/cc) respectivamente influye directamente sobre el incremento de la porosidad total (59,2%) que a su vez conjuntamente con otros factores fertilidad se manifiesta sobre los mejores resultados de los componentes de rendimiento posiblemente se vean favorecidos por la fácil penetración y profundización de las raíces de arveja (Pisum Sativum) que se puede explicar por la variable de penetrabilidad ya que el T2 obtuvo un valor óptimo (0,71Mp) permitiendo que la arveja con un sistema radicular débil pueda profundizar fácilmente el suelo encontrando agua y nutrientes para un desarrollo vigoroso reflejado en la mayor producción (2139,5 Kg/ha).

En este sentido Hardy manifiesta que: “la densidad aparente y la porosidad total del suelo, determinan la cantidad total de agua y nutrientes que se encuentran disponibles para la planta, siempre que la raíz sea capaz de profundizar y ocupar el espacio radicular en forma completa”<sup>112</sup>.

Igualmente Gavande argumenta que:

<sup>112</sup> Hardy, Freederick. Edafología tropical, Herrero Hnos. S.A. México. 1970. p.15.

Los poros finos de los suelos densos retienen el agua por largo tiempo después del humedecimiento y, por lo tanto inhiben la difusión. Por esta razón es importante evitar suelos con costras o compactados. La labranza, la incorporación de materia orgánica o la cobertura del suelo son métodos para producir buenos agregados y estables en la estructura del suelo, también sirven a la aireación, las capas profundas del suelo se mantienen, generalmente porosos, habitando las raíces profundas que favorecen el desarrollo del cultivo mediante la fácil absorción de nutrientes<sup>113</sup>.

Posiblemente las raíces penetran fácilmente y con mayor rapidez en suelos con baja densidad compuesto por agregados estables, comparado con un suelo endurecido, con poros pequeños. Probablemente este puede ser un factor que restringe la penetración, reflejado en efectos adversos para la planta como: aumento del impedimento mecánico al crecimiento de las raíces y disminución del espacio poroso en el suelo.

Al respecto Richard manifiesta que:

La estructura del suelo tiene influencia prácticamente en la mayoría de las propiedades físicas como: factores del crecimiento de las plantas; en consecuencia en determinados casos puede ser un factor limitante de la producción. Una mala estructura puede significar efectos dañinos para la planta; por ejemplo, exceso o deficiencia de agua, porosidad baja y falta de aire, incidencia de enfermedades y poca actividad microbiana, impidiendo al crecimiento de las raíces, etc. Por el contrario, una buena estructura hace que los factores de crecimiento funcionen a su máxima eficiencia y se obtengan mayores rendimientos en las cosechas<sup>114</sup>.

### **3.8 COMPONENTES DE RENDIMIENTO**

**3.8.1 Número de vainas por planta.** El análisis de varianza, (Anexo E), presenta diferencias estadísticas para sitios y tratamientos.

**3.8.1.1 Comparación entre sitios.** Comparando el sitio 1 con 7.82 vainas/planta presentó diferencias estadísticas significativas con el sitio 2 con 6,89 vainas /planta. (Anexo E).

Posiblemente la menor profundidad (5 cm.) del sitio 2 sea la principal causa del menor número de vainas por planta junto con la precipitación de 300 mm

---

<sup>113</sup> GAVANDE, Op. cit., p. 107.

<sup>114</sup> RICHARDS, L. Modulus of rupture as an index of crustin soil. Limusa, México. 1963. p. 83.



semestral seguida por la dificultad de las raíces para profundizar un suelo con mayor densidad aparente.

De igual manera Gaviria y Villarreal argumentan que: “la característica pedregosa del sitio 2 pudo haber presentado dificultad a las semillas para su normal germinación y desarrollo de la planta”<sup>115</sup>.

En este sentido Baquero y Pinto, en un estudio realizado para evaluar la aplicación de abonos orgánicos en la producción de ají chino en suelos de la zona bananera del Magdalena encontraron que: “Los tratamientos con gallinaza obtuvieron los mejores promedios; la respuesta positiva del ají a la aplicación de abono verde se debe al el aporte de nitrógeno al cultivo y al efecto benéfico del abono verde sobre las propiedades físicas, además hace que haya una mejor asimilación de los fertilizantes químicos”<sup>116</sup>

**3.8.1.2 Comparación entre tratamientos.** El T2 presentó el mejor resultado con 12.7 vainas/planta, mostró diferencias estadísticas significativas con el resto de tratamientos que tuvieron valores entre 3.6 a 9.21 vainas/planta. (Anexo F). El promedio encontrado en el T2 es aceptable comparado con el promedio nacional de 18 vainas/planta (FENALCE, 2004) teniendo en cuenta el bajo promedio de 3.6 vainas/planta para el T5.

Al observar que el T2 presentó una densidad aparente de 0,95 g/cc y con la incorporación de materiales orgánicos, posiblemente brindó las mejores condiciones a la semilla para su germinación, posteriormente su desarrollo favorecido por la aireación, el porcentaje de humedad y la baja resistencia a la penetración de las raíces.

Sañudo, Ruiz y Legarda argumentan que:

La inclusión del tamo en las zanjas mas caldo microbial, además de la remoción del suelo se gana una mayor aireación en los sitios intervenidos, se logra posiblemente aumentar la actividad de la biota del suelo que es mayor cuando los residuos se enriquecen con caldo microbial, puesto que se favorece la microbiota heterótrofa, decisiva en los procesos de transformación lo cual contribuye a la mineralización de la materia orgánica siendo esta decisiva en la nutrición de las plantas<sup>117</sup>.

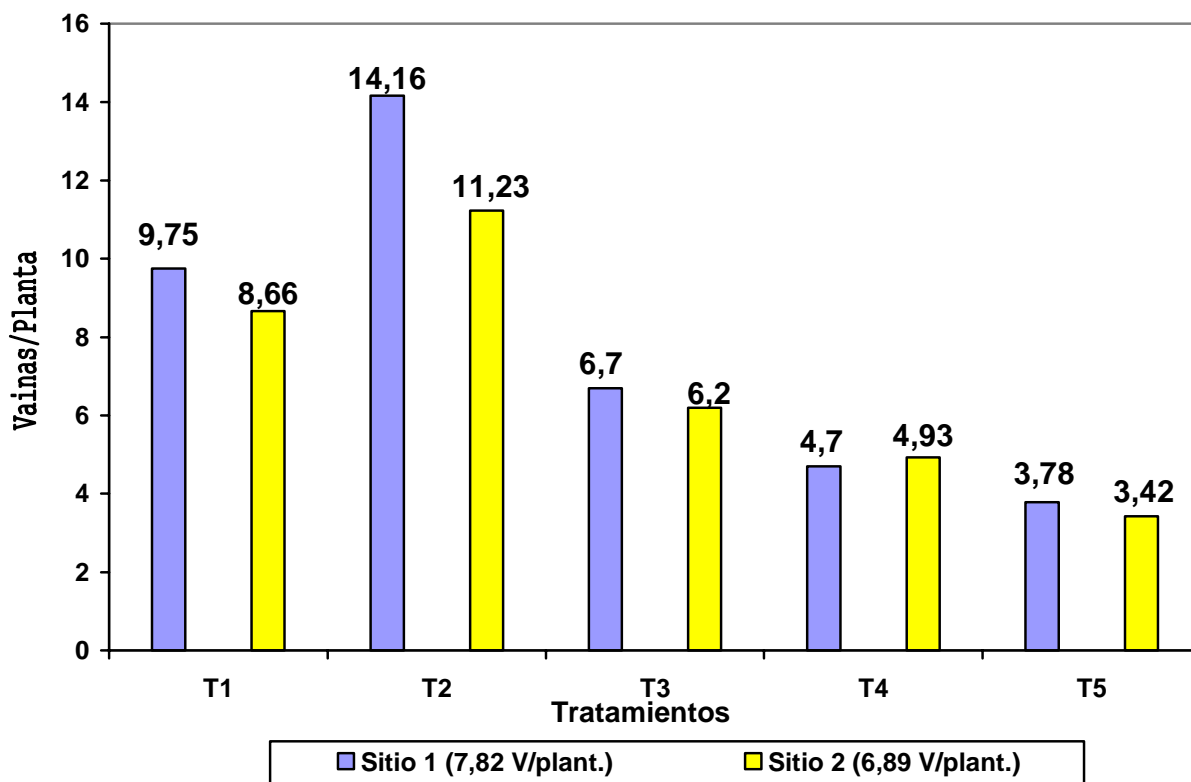
---

<sup>115</sup> GAVIRIA y VILLARREAL, Op. cit., p. 92.

<sup>116</sup> BAQUERO, César y PINTO, M., Op. cit., p. 8-14.

<sup>117</sup> SAÑUDO, RUIZ y LEGARDA, Op. cit., p. 213.

**Figura 10. Efecto de las zanjas fértiles sobre el número de vainas por planta a una profundidad de 0 a 10 cm para los 2 sitios.**



### 3.8.2 Número de granos por vaina.

**3.8.2.1 Comparación entre sitios.** De igual forma que en el componente de rendimiento anterior el sitio 1 obtuvo un promedio de 4.33 granos/vaina comparado con el sitio 2 con un promedio de 3.68 granos/vaina. (Anexo E).

Probablemente el número de granos/vaina encontrado en el sitio 1 esté influenciado y determinado por algunas propiedades físicas (densidad aparente, porosidad total y humedad volumétrica) quienes presentaron condiciones favorables para el desarrollo de las raíces de arveja, especialmente la humedad del suelo que es fundamental para evitar el vaneamiento y favorecer el llenado de grano junto con la disponibilidad de nutrientes.

Al respecto Donahue, Miller y Shickluna afirman que: “la materia orgánica actúa directamente sobre la producción de los cultivos; aportando a la planta a través de la descomposición biológica, nutrientes como: nitrógeno, fósforo y azufre en

formas accesibles e indirectamente en la medida en que mejoran las propiedades físicas como agregación, aireación, retención de humedad y disminución en la densidad aparente”<sup>118</sup>.

**3.8.2.2 Comparación entre tratamientos.** Los tratamientos de mayor valor T1 con 4.56 granos/vaina y T2 con 4.45 granos/vaina son valores aceptables en relación con el promedio nacional presenta 5.50 granos/vaina (FENALCE, 2004). No presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí en cambio si son diferentes con el resto de tratamientos cuyo valor está entre 3,41 a 3,90 granos/vaina.

Posiblemente las variables físicas que están afectando el número de vainas/planta influyen directamente sobre el número de granos.

Los resultados obtenidos en T1 y T2, a los cuales se practicó el método de zanjas fértiles, presentaron los valores más altos posiblemente debido a los materiales orgánicos incorporados y a la disponibilidad de nutrientes del suelo producto de la descomposición de la materia orgánica.

En este sentido Sañudo, Ruiz y Legarda encontraron que: “el mejoramiento de la fertilidad por cambios estructurales y químicos de la descomposición de los tejidos vegetales, son fruto del efecto positivo del abono verde que llega a ser mayor con la adición de un caldo microbial aportando cationes de calcio y magnesio mejorando así las perspectivas nutricionales para la arveja”<sup>119</sup>.

### **3.8.3 Peso de 100 granos**

**3.8.3.1 Comparación entre sitios.** El sitio 1 presentó un promedio general de 24.38 gramos mostrando diferencias significativas con el promedio de 22.64 gramos del sitio 2. (Anexo E).

Posiblemente las condiciones del sitio 1 densidad aparente y espacio aéreo especialmente son más favorables para el desarrollo de la planta que las ofrecidas en el segundo lote similar a lo ocurrido frente al número de granos / vaina mencionados en el numeral anterior.

Al respecto Sañudo, Ruiz y Legarda argumentan que: “cuando se remueve el suelo dentro de la modalidad de zanjas se presenta una mejor respuesta del

---

<sup>118</sup> DONAHUE, R; MILLER, R y SHICKLUNA, J. Op. cit., p.68.

<sup>119</sup> SAÑUDO, Benjamín; RUIZ, Hugo y LEGARDA, Lucio. Op. cit., p. 215.

cultivo que cuando no se hizo ninguna labor de remoción dentro de estos suelos con alto grado de degradación”<sup>120</sup>.

**3.8.3.2 Comparación entre tratamientos.** Como se observa en el análisis (Anexo D) los tratamientos T1 y T2 presentaron los promedios más altos con 25,83gramos y 24, 30gramos respectivamente, (Anexo F). Valores buenos comparados con el promedio nacional de 28 – 29 gramos. (FENALCE, 2004).

Posiblemente se debe a que estos tratamientos al tratar los materiales orgánicos (tamo de trigo) con caldo microbial son eficientes en cuanto a la degradación de los residuos, liberación de nutrientes o estímulo de poblaciones microbiales heterótrofas más variables a la vez que se favoreció una mejor distribución del suelo.

Al respecto Sánchez *et al*, en el estudio realizado para evaluar los abonos verdes en suelos arroceros de baja fertilidad, encontraron que: “con la incorporación de abonos verdes previo a la siembra de arroz es posible reducir la fertilización química nitrogenada en 80 Kg/ha y aumentar en forma notable el rendimiento del grano en mas de 30%, sin embargo la cuantificación del mejoramiento de las propiedades físicas y biológicas del suelo debe ser evaluada durante varios ciclos del cultivo”<sup>121</sup>.

En este sentido Sañudo, Checa y Arteaga manifiestan que: “es factible restituir parcialmente la capacidad productiva de suelos en los cuales la capa superficial es muy delgada o hay afloramiento de subsuelo compactado siendo abonados para labores agropecuarias, mediante la práctica mecánica, orgánica, microbial denominada “Zanjas de alta fertilidad”<sup>122</sup>.

### **3.8.4 Producción (kg/ha).**

**3.8.4.1 Comparación entre sitios.** Igual que en las variables de rendimiento anteriores el sitio 1 con 1268 kg/ha presenta diferencias estadísticas significativas con la producción del sitio 2 de 950 kg/ha.(Anexo E).

Lo anterior, de acuerdo con Wild, se puede explicare debido a que:

El suelo influye en la planta y en su producción a través de un sistema radical cuyo incremento está determinado por los siguientes factores edáficos: contenido de humedad, sistema poroso, resistencia al esfuerzo

---

<sup>120</sup> Ibid., p. 217.

<sup>121</sup> SANCHEZ, *et al*. Uso de abonos verdes para mejorar los suelos arroceros de la mojana en Colombia. En: Suelos ecuatoriales, revista de la Sociedad de la Ciencia del Suelo. Vol. 29. No.1, 1999. p. 14-18.

<sup>122</sup> SAÑUDO, Benjamín; CHECA, Oscar y ARTEAGA, German, Op. cit., p. 29.

y compresibilidad además de la disponibilidad de nutrientes. Los factores mencionados, los cuales actúan en forma interrelacionada unos con otros, determinan que el suelo sea indicado para la germinación de las plantas de manera que por ejemplo al compactar un suelo se puede no solo reducir el tamaño medio de los poros sino también cambiar la aireación y el estado hídrico del suelo<sup>123</sup>.

**3.8.4.2 Comparación entre tratamientos.** Según la prueba de Tukey (Anexo F) el tratamiento T2 obtuvo un rendimiento de 2139,5 kg/ha de grano seco con diferencias estadísticas con respecto a los demás tratamientos cuyos valores oscilaron entre 398 y 1615 kg/ha de grano seco. El rendimiento del T2 es considerado como alto ya que el promedio nacional se encuentra entre 900 y 1100 Kg/Ha. (FENALCE, 2004).

Estas diferencias posiblemente se deben a que en el tratamiento T2 se presentaron las mejores propiedades físicas como por ejemplo una densidad aparente de 0,98 g/cc y una porosidad total de 59,19%, razón por la cual la planta aprovechó estas condiciones para entregar todo su potencial en cuanto a producción. Por otra parte el contenido de materia orgánica aporta nutrientes, directamente por los abonos verdes, son fundamentales para el desarrollo de las plantas probablemente haya contribuido a aportar beneficios para el desarrollo y finalmente la producción de arveja.

Al respecto Sañudo, Ruiz y Legarda afirman que:

La incorporación de materia orgánica es una práctica decisiva en la nutrición de los cultivos sobre estos sectores donde este tipo de actividad es nulo por la alta degradación existente y por los bajos contenidos de materia orgánica además de mejorar las condiciones físicas, capacidad de retención de agua, en las profundidades removidas y posiblemente crea un microclima nuevo que favorecen el desarrollo de la raíz y la productividad en los cultivos, ya que las relaciones de poros y continuidad en el perfil del suelo sufren una considerable variación con estas prácticas de remoción y adición<sup>124</sup>.

Finalmente Sañudo, Checa y Arteaga sostienen que: “la arveja prefiere suelos sueltos, profundos y con buen contenido de materia orgánica. Cuando se presentan suelos lavados, pesados y con problemas de drenaje las plantas crecen raquíticas, amarilleándose prematuramente y con poca capacidad de carga”<sup>125</sup>.

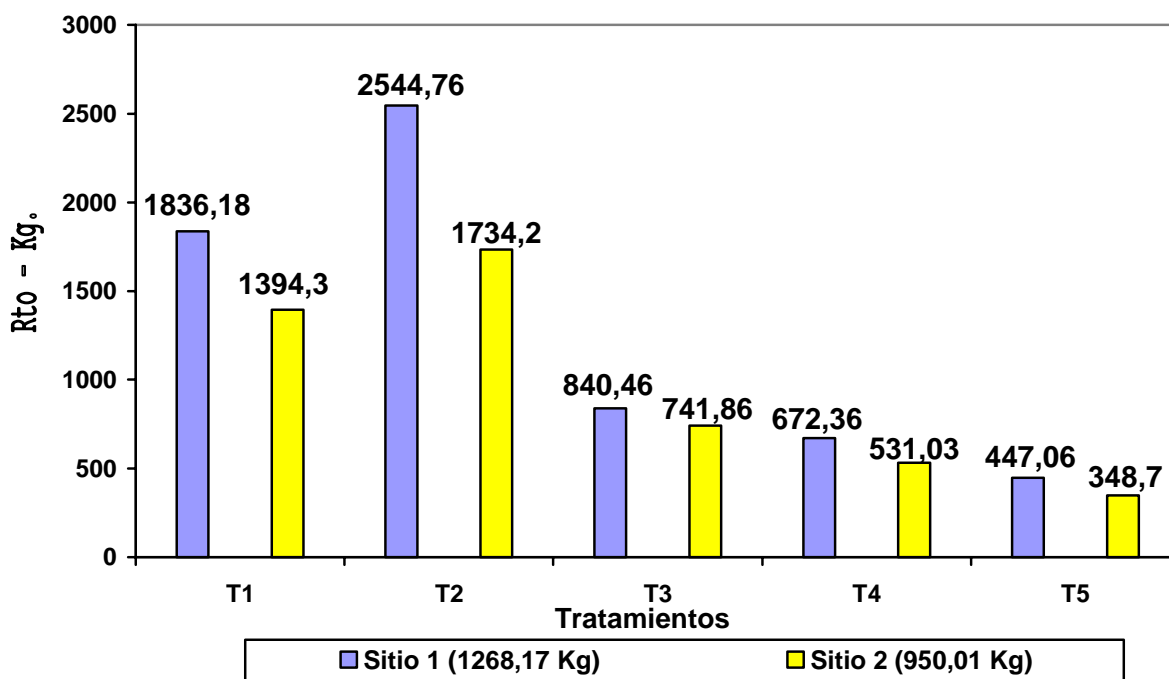
---

<sup>123</sup> WILD, Op. cit., p. 320.

<sup>124</sup> SAÑUDO, Benjamín; RUIZ, Hugo y LEGARDA, Lucio, Op. cit. p., 125.

<sup>125</sup> SAÑUDO, Benjamín, CHECA, Oscar y ARTEAGA, Germán, Op. cit., p.49.

**Figura 11. Efecto de las zanjas fértiles y abono verde sobre el rendimiento de arveja (*Pisum sativum*) a una profundidad de 0 a 10 cm para los 2 sitios**



### 3.9 ANÁLISIS DE REGRESIÓN ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS, DETERMINADAS EN LABORATORIO Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Al realizar el análisis de varianza para la regresión de modelo lineal no se encontró efecto de la resistencia a la penetrabilidad y densidad aparente sobre el rendimiento a nivel del 5% de probabilidad estadística, no obstante de haberse encontrado una clara tendencia negativa y una correlación del 70%.(Anexo G)

En este sentido Lowry y colaboradores, citados por Legarda, encontraron que: “altos valores de densidad aparente redujeron la capacidad de retención de agua, lo cual redundó a su vez, en un escaso desarrollo radicular afectado por la compactación del suelo”<sup>126</sup>.

Por otra parte el efecto de la porosidad total sobre el rendimiento con un nivel del 5% de probabilidad estadística no presentaron diferencias estadísticas y un coeficiente de correlación del 87%.(Anexo H).

En conclusión no se encontró efecto de regresión lineal probablemente a que otros factores como la disponibilidad de nutrientes N-P-K, elementos menores y

<sup>126</sup> LEGARDA, Lucio, Op. cit., p. 86.

microorganismos heterótrofos tienen mayor efecto sobre el rendimiento desde luego propiciado por las mejores condiciones físicas como la densidad aparente, porosidad total, penetrabilidad y una equilibrada relación de microporos y disponibilidad de agua como lo muestra lo encontrado en el presente trabajo; lo anterior es el producto del manejo como el dado por las zanjas fértiles a través del tiempo.

En este sentido Arias y Madero evaluaron el efecto de una cobertura de papunga (Bidens pilosa) en suelos vitícolas del Valle del Cauca sobre propiedades físicas del suelo, reportaron que: “en suelos no tratados con esta cobertura se presenta relación directa entre la densidad aparente y el espacio poroso. Asocia tales resultados con aquellos suelos que no fueron tratados con esta cobertura parecen haber sufrido una compactación”<sup>127</sup>

Navia y Davila un estudio realizado para evaluar el Comportamiento de Algunas Propiedades Físicoquímicas del Suelo en un Sistema en Callejones Maíz Matarratón encontraron que:

En suelos que presentaron inicialmente contenidos de M.O: 3.1%; Da: 1.5 a 1.6 gr/cc; %total de poros: de 33 al 36% y una resistencia a la penetración de 20 PSI en los primeros 10 cm. Después de tres años de incorporación del matarratón en el suelo, fue evidente el mejoramiento de las condiciones físico-químicas, así, la M.O se mantuvo estable, la Da disminuyó a 1.3 gr/cc, el porcentaje total de poros se incrementó al (47%) y la resistencia a la penetración sobre los primeros 20 cm disminuyó a 8 P.S.I., logrando de esta manera una mayor retención de humedad, mejor crecimiento de las raíces e infiltración del agua. El maíz produjo inicialmente 3.1 ton/ha, pero al finalizar el ensayo produjo 6.0 ton/ha de maíz, siendo evidente que la incorporación del matarratón mantuvo la fertilidad del suelo y la incrementó aún sin la aplicación de fertilizantes<sup>128</sup>.

---

<sup>127</sup> ARIAS, M y MADERO. 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 Ciencias del Suelo. Vol. 30. No.1., 2000. p. 56.

<sup>128</sup> NAVIA, Jorge y DÁVILA, Gustavo. Comportamiento de Algunas Propiedades Físicoquímicas del Suelo en un Sistema en Callejones Maíz-Matarratón (online). Colombia. URL: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/P-Navia.htm>. [25 de Enero de 2005].

## **4. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para este análisis se trabajó con los costos totales de producción del cultivo, teniendo en cuenta que el manejo agronómico de la arveja en cada tratamiento fue similar presentando diferencias únicamente en la mano de obra para labores de cosecha; empaque, transporte al sitio de venta y construcción de zanjas

Los resultados están de acuerdo al costo total para el cultivo establecido (Anexos I y J) y dependiendo fundamentalmente del precio de venta de la arveja variedad Santa Isabel el cual fue de \$ 3000 / Kg. de grano seco previamente seleccionado (Precio de Fenalce - 2004).

### **4.1 COMPARACIÓN ENTRE SITIOS**

Los resultados muestran que el sitio 1 presentó un ingreso neto de \$ 2.452.612 pesos / ha, mientras que el sitio 2 generó un ingreso neto de \$1.536.412 pesos/ha (Tabla 2). En vista que en este análisis no se puede escoger una alternativa viable es necesario continuar con el análisis para cada tratamiento.

### **4.2 COMPARACIÓN ENTRE TRATAMIENTOS**

El análisis económico mostró que el T2 presentó el mayor beneficio neto total con \$3.720.200 pesos/ha y 137% de rentabilidad seguido por el T1 con \$2.668.796 pesos/ha y una rentabilidad sobre el capital invertido de 122%. En tanto que en los tratamientos T3 y T4 se obtuvo un ingreso neto de \$ 646.384 pesos/Ha y \$152.356 pesos/ha respectivamente. Caso contrario ocurrió con el T5 que produjo pérdidas de \$31.676 pesos/Ha (2.5% de pérdidas del capital invertido).

El análisis de la tabla 3 revela que los tratamientos T1 y T2 son económicamente viables por cuanto superan el 100% de la rentabilidad. Sin embargo el T2 es una buena alternativa con relación al T1; por presentar el 137% de rentabilidad del capital invertido y la mayor producción con \$2.140 kg de arveja, a razón de una inversión de \$2.699.800 pesos/ha y un ingreso bruto de \$6.420.000 pesos/ha que conllevó a un ingreso neto de \$3.720.200 pesos/ha, lo que indica que las labores realizadas en el suelo se reflejan de manera positiva sobre el aspecto económico de la actividad agrícola proporcionando beneficios ante una situación escasa de agricultura sostenible.

De acuerdo con los resultados anteriores las zanjas de alta fertilidad son una buena alternativa para los agricultores ya que en estos lotes era muy difícil establecer cultivos por la degradación del suelo a la cual fueron sometidos.



En los (Anexos K, L, M, N, O, P), se encuentran estimados los valores que se incurrieron en la época de trabajo con la incorporación de los tratamientos mencionados.

**Tabla 2. Ingreso neto del cultivo de arveja variedad Santa Isabel en los dos lotes**

**COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR LOTE**

<b>INGRESO BRUTO</b>	<b>LOTE 1</b>	<b>LOTE 2</b>
COSTO DE PRODUCCIÓN	1'351.388	1'313.588
INGRESO BRUTO	3'804.000	2'850.000
INGRESO NETO	2'452.612	1'536.412

**Tabla 3. Ingreso (Bruto y Neto), utilidad y porcentaje de rentabilidad para cada tratamiento.**

	<b>TRATAMIENTOS</b>				
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>Rendimiento</b>	<b>1615</b>	<b>2140</b>	<b>792</b>	<b>602</b>	<b>398</b>
	<b>Kg/ha</b>	<b>Kg/ha</b>	<b>kg/ha</b>	<b>kg/ha</b>	<b>kg/ha</b>
CAPITAL INVERTIDO	2.176.204	2.699.800	1.729.616	1.633.644	1.225.676
INGRESO BRUTO	4.845.000	6.420.000	2.376.000	1.806.000	1.194.000
UTILIDAD	2.668.796	3.720.200	646.384	142.356	- 31.676
PORCENTAJE RENTABILIDAD	122%	137%	37%	8,5%	(-2,5%)

## 5. CONCLUSIONES

- 5.1 En las zanjales fértiles – abono verde (Lupinus mutabilis y Avena sativa) se mejoró las condiciones físicas tales como: densidad aparente, porosidad total y penetrabilidad que corresponden a efectos aditivos desde 1998.
- 5.2 El mayor rendimiento de arveja (Pisum sativum) se presentó en las zanjales fértiles – abono verde (Lupinus mutabilis y Avena sativa), con 2139.5 Kgr/ha de grano seco y el mas bajo lo obtuvo el testigo con 447Kgs/ha.
- 5.3 El análisis de regresión mostró que la densidad aparente, penetrabilidad y la porosidad total del suelo no influyó directamente sobre el incremento de la producción de arveja (Pisum sativum) variedad Santa Isabel, debido a que los factores de fertilidad tienen incidencia sobre la producción.
- 5.4 El análisis económico mostró que en las zanjales fértiles – abono verde (Lupinus mutabilis y Avena sativa), fue el de mayor rentabilidad con \$3.720.200/ha y el 137% de rentabilidad sobre el capital invertido.

## 6. RECOMENDACIONES

- 6.1 Realizar estudios tendientes a evaluar el efecto de las prácticas de zanjas fértiles sobre las propiedades químicas del suelo con aplicaciones sucesivas de materia orgánica.
- 6.2 Evaluar el efecto de zanjas de alta fertilidad sobre los componentes de rendimiento en otros cultivos importantes para la región.
- 6.3 Incluir en posteriores trabajos el análisis de suelos físico y químico al iniciar y terminar el experimento.
- 6.4 Para próximos trabajos realizar un análisis de varianza múltiple para determinar la influencia de los factores físicos y químicos sobre el rendimiento.
- 6.5 Diferir en forma estimada el costo de la construcción, manejo de las zanjas, su vida estimada y proyección del efecto de la misma.
- 6.6 Utilizar la metodología del CIMMYT para ajustar el análisis económico.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Misael. La tierra agrícola: Nuestro recurso básico. Quito-Ecuador: Publicaciones científicas MAS, 1986. 219 p.

AGUIRRE, Roberto y PESKE, Silmar. Manual para el beneficio de semillas. Segunda edición. Cali: CIAT, 1992. 346 p.

AMEZQUITA, E; HERNANDEZ, F. y MORENO, O. Influencia de la profundidad de la compactación en la productividad de hortalizas en un suelo índico de la Sabana de Bogotá. En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana del Suelo. Vol 28. No.2., 1998. 301 p.

AMEZQUITA, Edgar. Estudios hidrológicos y edafológicos para la conservación del agua y suelos en Turrialva. Costa Rica. 1992, p.21. Tesis de grado (Magister). IICA – CATIE.

ANAYA, Manuel. et al. Manual de conservación del suelo y del agua. 2ª Edición. Chapingo-México: Colegio de postgraduados, 1982, 203 p.

ANDREUX, Francis. La materia orgánica del suelo. IGAC (Colombia). Vol.10. No.11, 1974. 306 p.

ARIAS, M y MADERO. Algunas características agronómicas de lapapunga y su influencia como cobertura sobre ciertas propiedades físicas de un suelo en condiciones semicontroladas. En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Vol. 30. No.1., 2000. 146 p.

BAQUERO, César y PINTO, M. Influencia de los abonos orgánicos y químicos en la producción de ají chino en suelos de la zona bananera del Magdalena en suelos ecuatoriales. En: Revista de la Sociedad Colombiana de Suelos. Vol. 30. No.1, 2001. 245 p.

BARROW, C.J. Land degradation: development and breakdown of terrestrial environments. London: Cambridge University Press, 1994. 432 p.

BAVER, et al. Física de suelos. México: Hispanoamérica, 1973. 528 p. .

BORRERO, M. Suelos. Bogotá: Universidad Santo Tomás, Centro de Enseñanza desescolarizada, 1987. 621 p.

BURBANO, Hernán. El suelo una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto: Universidad de Nariño, 1989. p. 487 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Investigación y producción del frijol. Cali: CIAT, 1985. 546 p.

CET y CLADES. Manual de producción orgánica. Perú, 1998. 120 p.

CHISHOLM, y DUMSDAY. Land degradation problems and policies. London: Cambridge University Press, 1987. 602 p.

CIFUENTES, Diego. Preparación del suelo para labranza de conservación. En: Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Palmira: Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo – Comité Regional del Valle del Cauca. Editores Alvaro García e Ivonne Venezuela. Septiembre de 2000. p. 131 p.

CLADES. Agroecología y desarrollo rural para campesinos y campesinos líderes. Curso en la modalidad de educación a distancia. Módulo 1. Perú: S.N.T., 1998. 201 p.

DAVILA, G. Manejo sostenible de suelos en el municipio de Bolívar, Departamento del Cauca. En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Vol. 32. No.1., 2002. 190 p.

DELGADO, H y ALARCÓN, H. Efecto de la incorporación de caupi (*Vigna unguiculata* L.). como abono verde sobre la eficiencia de arroz en el uso del fósforo en un oxisol de la altillanura plana colombiana en Suelos ecuatoriales En: Revista de la Sociedad Colombiana de las ciencias del suelo. Vol.27. No.1. 1997. 259 p.

DONAHUE, R; MILLER, R y SHICKLUNA, J. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Traducido del inglés por Peña, Jorge. Bogotá: Prentice Hall Internacional, 1981. 604 p.

DURAN, J. Degradación y manejo ecológico de los suelos tropicales con énfasis en los de Cuba En: Revista puntos alternos. Universidad de la Guajira, Vol.12. No.3, 1998. 135 p.

FAO. Agricultura de conservación. Estados Unidos. 2003. <http://www.fao.org>.

FORSHYTE, Warren. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica: IICA, 1985. 145 p.

FOTH, H. Fundamentos de la ciencia del suelo. México: Continental, 1975. 302 p.

GARCIA, et al. Alternativas económicas para la recuperación de suelos algodoneros degradados en el Valle del Cesar. En: Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo. Vol.30. No.1., 2000. 301 p.

GARCÍA, 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 Ciencias del Suelo. Vol..30. No.1., 2000. p.

GARCIA, Julio. Prevención de la degradación del suelo y su restauración. Madrid: Hojas divulgatorias, 1989. p. 10-20.

GAVANDE, I. Física de suelos. México: Limusa – Willi, 1977. 124 p.

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

GÓMEZ, A y ALARCÓN, C. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná: Cenicafe, 1975. 680 p.

GOMEZ, Arnold y GARCÍA, Bernardo. Manejo y conservación de suelos de ladera. San Juan de Pasto: CORPOICA, 1998. 125p.

GOMEZ, Jairo. Abonos orgánicos. Cali: Feriva S.A., 2000. 422p.

GREENDLAND, DJ y LAL, R. Soil Physcal conditions and croo production in the tropics. Chichester, 1979. 546p.

GUERRERO, Olga y MUÑOZ, María. Evaluación de abonos orgánicos en la producción de arveja (Pisum sativum, L.). en la zona cafetera de Piendamó, Cauca. Pasto-Colombia, 1994. 58p. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 128p.

GUERRERO, Ricardo. Fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A., 1998. 834p.

GUTIERREZ, F. La crotalaria abono verde de ayer, hoy y mañana. Cali: ASIAVA, 1995. 356p.

HUDSON, Norman. Soil conservation. Second edition, Ithaca. New Cork: Cornell University, Press, 1981. 86p.

IGAG. Suelos de Colombia. Bogotá: Canal, 1995. 1551 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: Subdirección agrológica, 1990. 832 p.

INSTITUTO UNIVERSITARIO JUAN DE CASTELLANOS. Fundamentos para el conocimientos y manejo de los suelos agrícolas. Manual técnico. Tunja: Produmedios, 1998. p. 321 p.

KONONOVA, M. Materia orgánica del suelo, su naturaleza, propiedades y método de investigación. Traducido del ruso por Bordas de Mutan, Enriqueta. Barcelona: OIKOS TEAU S.A., 1982. 102 p.

LEGARDA, Lucio. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. En: Curso sobre diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto – Colombia: SCCS, 1988. 201 p.

MONTENEGRO, G. y MALAGON. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC, 1990. 980 p.

MONTENEGRO, H. 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: SSCS, 1990. 438 p.

MONTENEGRO, Marco y ZAMBRANO, Juan. Evaluación de 15 materiales de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris*) resistentes a (*Fusarium oxisporum* F. sp. phaseoli) en el municipio de Imués – Departamento de Nariño. Pasto – Colombia, 2001. 100 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

MORALES, C y GARCÍA, A. Disponibilidad del hierro influenciada por la aplicación de ácidos húmicos extraídos de la cachaza en Suelos Ecuatoriales. En: Revista de la SCCS. Vol.25. No.1., 1995. 87 p..

ORDUS, C. Evaluación del efecto de tres sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en el rendimiento de patilla, departamento del Meta – Colombia En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana del Suelo. Vol 30. No.1, 2000. 246 p.

PORTA, J ; LOPEZ, M y ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid – España: Mundi-prensa, 1994. 177 p.

PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico del suelo, traducido del portugués por Silvia Larendegui. Buenos Aires: El Ateneo, 1989. 146 p.

RODRIGUEZ, M. Influencia de la reducción de las operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Bogotá – Colombia: ICA, 1984. 987 p.

RUIZ, Hugo. Efecto de 4 sistemas de labranza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas de un vertisol cultivado intensivamente en el Valle Geográfico del río Cauca. Palmira-Colombia, 1999. Tesis (Msc. Suelos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.

SAAVEDRA, et al. Evaluación de los CDS del Informe Nacional de Colombia. Bogotá: CIPE. Universidad Externado de Colombia, 1995. 304 p.

SALAMANCA, Albeiro. Influencia de las características físicas del suelo y de su interacción con las condiciones climáticas en el comportamiento y calidad *Desmodium heterocarpon* Subs *Ovalifolium* (oashi) en tres regiones de Colombia. Palmira - Colombia, 2000. 124 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

SANCHEZ,, et al. Uso de abonos verdes para mejorar los suelos arroceros de la Mojana en Colombia. En: Suelos ecuatoriales, revista de la Sociedad de la Ciencia del Suelo. Vol. 29. No.1, 1999. 147 p.

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. Pasto: Universidad de Nariño. Vol.18. No.2., 2001. 198 p.

SAÑUDO, Benjamín; CHECA, Oscar y ARTEAGA, German. Perspectivas para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. Pasto: CORPOTRIGO, UDENAR, UNIGRAF, 2001. 203 p.

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

STOCKING, M. Erosion and soil productivity: a review. Consulans, working paper No.1. AGLS, FAD. Roma, 1984, 134 p.

SUAREZ, Fernando y RODRÍGUEZ, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de suelos en Colombia. Bogotá: Salvat, 1962. 304 p.

TAYAPUNTA, Jorge y CORDOVA, Juan. Algunas alternativas agronómicas y mecánicas para evitar la pérdida del suelo. Quito: INIAP, 1990. 90 p.

WILD, A. Condiciones de suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Madrid: Ediciones Mundiprensa, 1992. 1091 p.



# ANEXOS

**Anexo A. Análisis de varianza para las variables porosidad total, humedad volumétrica, espacio aéreo, penetrabilidad, densidad aparente y densidad real en la evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad, y la productividad de arveja (Pisum sativum) Var. Santa Isabel, en la vereda Mapachico, municipio de Pasto (Nariño).**

F . V	G . L	CUADRADOS MEDIOS					
		Porosidad Total (%)	Espacio aéreo (%)	Humedad Volumétrica (%)	Densidad Aparente (gr/cc)	Densidad Real (gr/cc)	Penetrabilidad (Mpa)
Rep (Sitio)	4	0.91	31.813	2.52	0.01	0.05	0.0473
Sitio	1	49.75 *	67.11*	242.18*	0.10 *	0.04 *	0.0403 ns
Tratamientos	4	11.80 *	204.340*	16.15*	0.04 *	0.14 *	9.552 *
Sitio * Trat	4	1.80 n.s	3.28*	5.66 *	0.01 n.s	0.01 n.s	0.1561 ns
Error	16	1.56	1.51	1.09	0.09	0.01	0.6025
Total	29						
C . V (%)		2.59	3.77	3.76	5.00	4.40	14.99

n.s Diferencias no significativas

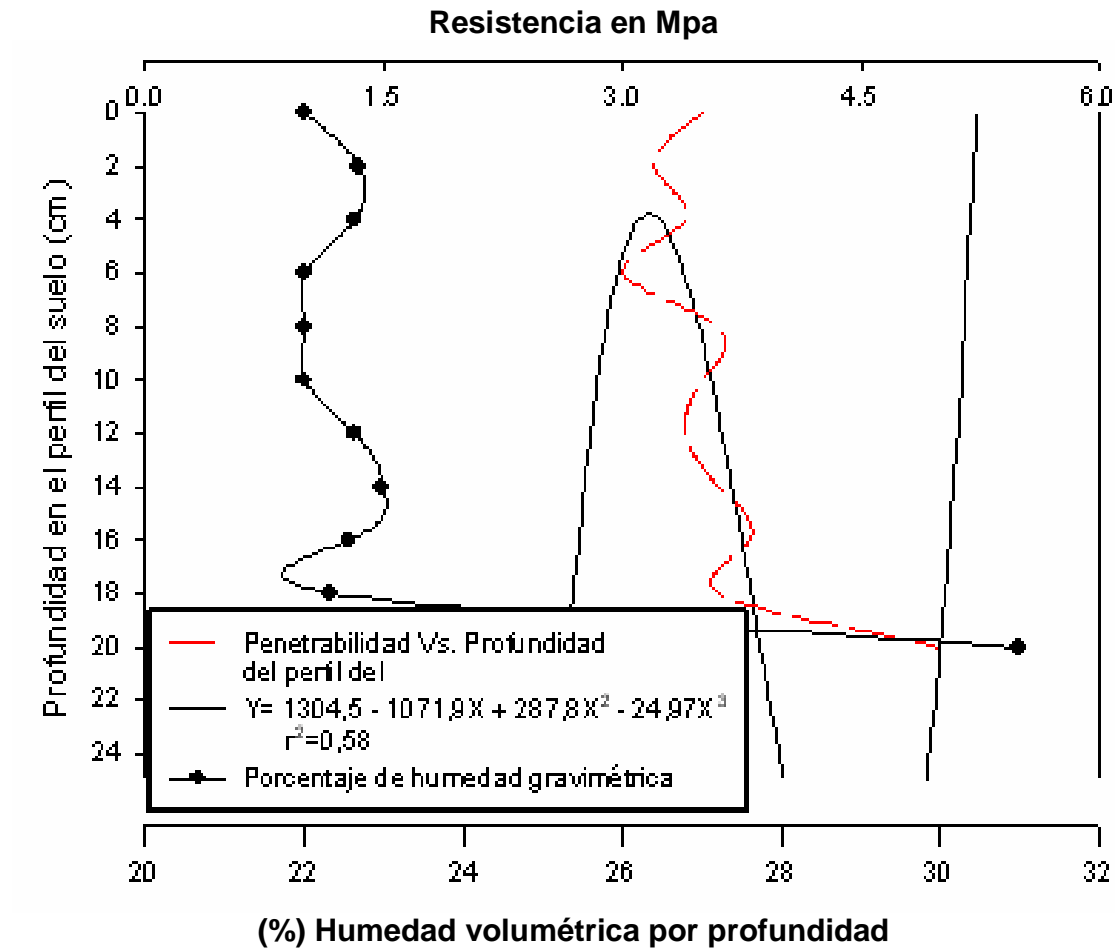
\* Diferencias significativas al 95%

**Anexo B. Prueba de Tukey para las variables porosidad total, humedad volumétrica, espacio aéreo, penetrabilidad, densidad aparente y densidad real, con valores medios entre sitios, tratamientos y la interacción sitio por tratamiento.**

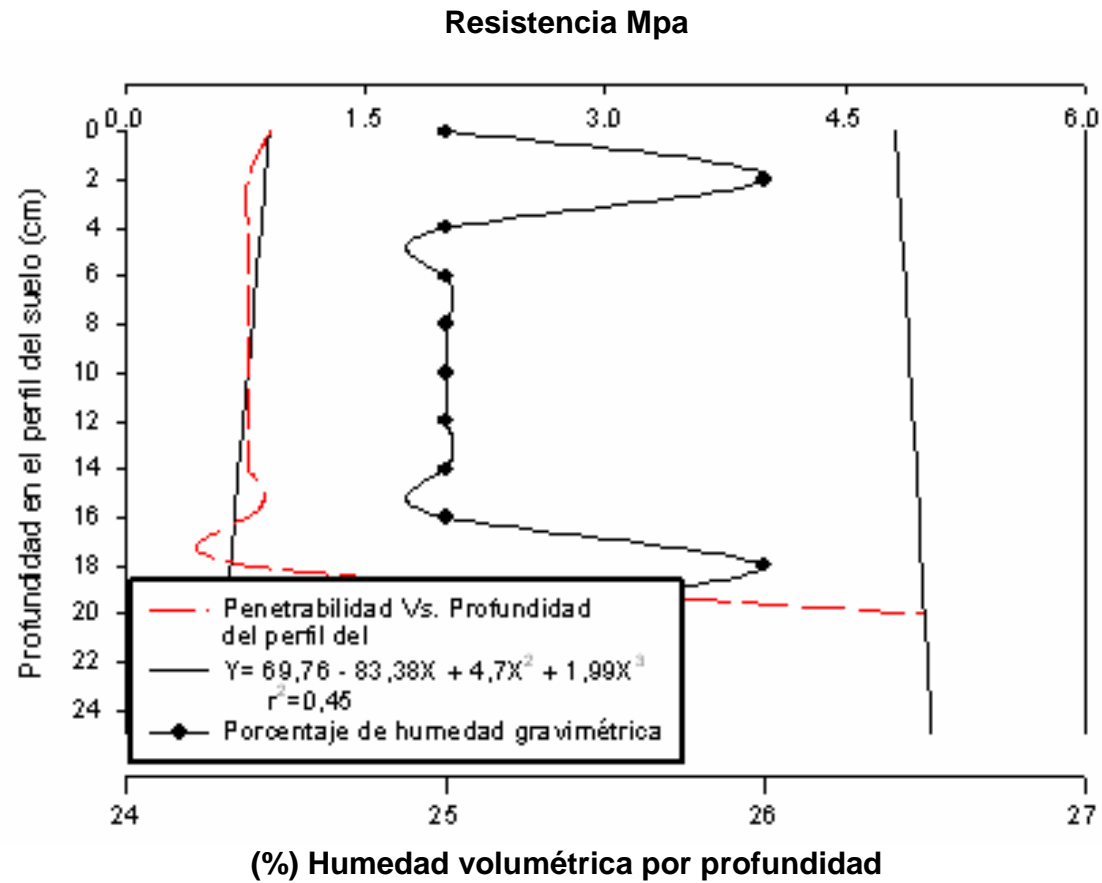
	<b>Porosidad Total (%)</b>	<b>Espacio Aéreo (%)</b>	<b>Humedad volumétrica (%)</b>	<b>Densidad Aparente (gr/cc)</b>	<b>Densidad Real (gr/cc)</b>	<b>Penetrabilidad (Mpa)</b>
<b>1. Sitio</b>						
S1= Cangagua	57.78 A	31.073 A	26.14 A	0.98 B	2.29 B	1.673 A
S2= Pedregoso	53.32 B	34.064 B	17.90 B	1.10 A	2.37 A	1.600 A
<b>2. Tratamientos</b>						
T1= Zan.Subt.Avena	56.29 AB	35.9 B	20.40 B	0.98 C	2.28 B	0.633 A
T2= Zan. Subt- Abon. Verde - Avena	59.19 A	39.26 A	20.18 B	0.95 C	2.10 C	0.716 A
T3= Abono verde - Chocho	55.43 AB	34.28 B	20.19 B	1.02 BC	2.31 AB	1.416 B
T4= Avena	53.62 B	28.74 C	24.88 A	1.10 AB	2.49 A	1.666 B
T5= Testigo	53.17 B	24.65 D	24.44 A	1.15 A	2.45 AB	3.75 C
<b>3. Interacción</b>						
S1T1	57.78	32.6	25.18 AB	0.93	2.23	0.76
S1T2	61.32	38.6	22.69 B	0.88	2.02	0.96
S1T3	57.38	34.7	22.72 B	0.92	2.29	1.33
S1T4	55.48	26.1	29.41 A	1.08	2.39	1.7
S1T5	56.96	23.4	30.50 A	1.10	2.50	3.6
S2T1	54.82	39.2	15.62 C	1.04	2.24	0.5
S2T2	57.05	39.6	17.47 BC	1.02	2.18	0.46
S2T3	53.59	33.9	17.68 BC	1.12	2.34	1.5
S2T4	51.75	31.4	20.36 A	1.13	2.59	1.63
S2T5	49.38	25.9	19.39 AB	1.19	2.40	3.9

\* Valores con la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí (Tukey  $P < 0.05$ )

Anexo C. Penetrabilidad y humedad volumétrica en función de la profundidad del suelo para el Tratamiento 5



Anexo D. Penetrabilidad y humedad volumétrica en función de la profundidad del suelo para el Tratamiento 1



**Anexo E. Análisis de varianza para las variables número de vainas planta, número de granos vaina, peso de cien granos y rendimiento en la evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad, y la productividad de arveja (Pisum sativum) Var. Santa Isabel, en la vereda Mapachico, municipio de Pasto (Nariño).**

F . V	G . L	CUADRADOS MEDIOS			
		Número de vainas planta	Número de granos vaina	Peso de cien granos (g)	Rendimiento (Kg/ha)
Rep (Sitio)	4	0.55	0.07	0.23	14155.84
Sitio	1	6.54 *	3.13 *	22.88 *	759161.57 *
Tratamientos	4	80.04 *	1.43 *	17.20 *	3273287.89 *
Sitio * Trat	4	2.20 *	0.11 n.s	1.39 n.s	144593.94 *
Error	16	1.07	0.05	1.25	34333.67
Total	29				
C . V (%)		14.08	5.65	4.75	16.70

n.s Diferencias no significativas

\* Diferencias significativas al 95%

**Anexo F. Prueba de Tukey para las variables número de vainas plantas, número de granos, peso de cien granos y rendimiento, con valores medios entre sitios, tratamientos y la interacción sitio por tratamiento.**

	Número de vainas planta	Número de granos vaina	Peso de cien granos (g)	Rto (Kg). / Parcela (300m <sup>2</sup> )	Rendimiento (Kg/ha)
<b>1. Sitio</b>					
S1= Cangagua	7.82 A	4.33 A	24.38 A	38.1	1268.17 A
S2= Pedregoso	6.89 B	3.68 B	22.64 B	28.5	950.01 B
<b>2. Tratamientos</b>					
T1= Zan.Subt.Avena	9.21 B	4.56 A	25.83 A	48.46	1615.20 B
T2= Zan. Subt - Abon. Verde - Avena	12.70 A	4.45 A	24.30 AB	64.2	2139.50 A
T3= Abono verde - Chocho	6.45 C	3.90 B	23.58 B	23.74	791.20 C
T4= Avena	4.81 DC	3.71 BC	22.38 BC	18.05	601.70 CD
T5= Testigo	3.60 D	3.41 C	21.46 C	11.93	397.90 D
<b>3. Interacción</b>					
S1T1	9.75	4.73	27.23	55.08	1836.18 B
S1T2	14.16	4.96	25.06	76.35	2544.76 A
S1T3	6.70	4.23	24.76	25.21	840.46 C
S1T4	4.70	4.20	23.26	20.17	672.36 C
S1T5	3.78	3.63	21.60	13.41	447.06 C
S2T1	8.66	4.40	24.43	41.83	1394.30 B
S2T2	11.23	3.93	23.53	52.03	1734.16 A
S2T3	6.20	3.56	22.40	22.26	741.86 C
S2T4	4.93	3.33	21.50	15.93	531.03 CD
S2T5	3.42	3.20	21.33	10.46	348.70 D

\* Valores con la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí (Tukey P < 0.05)

**Anexo G Andeva de regresión lineal Rendimiento Vs Penetrabilidad**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Val.</b>	<b>Pr. &gt; F</b>
Modelo	1	1603706.23	1603706.23	3.08	0.175
Error	3	1562087.76	520695.92		
Total	4	3165794.00			

**$R^2 = 0.50$**

**C.V. = 56.9**

**$Y = 2197.8 - 556.75X$**



**Anexo H. Andeva de regresión lineal Rendimiento Vs rendimiento**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Val.</b>	<b>Pr. &gt; F</b>
Modelo	1	2432250.25	2432250.25	9.95	0.0555
Error	3	733543.74	244514.58		
Total	4	3165794.00			

**$R^2 = 0.77$**

**C.V. = 38.99**

**$Y = -19597.39 + 362X$**

**Anexo I. Costo de producción de arveja (Pisum sativum) var. Santa Isabel sitio 1/ha.**

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. LABORES</b>				
<b>1.1. PREPARACIÓN SUELO</b>				
Arada	Yunta	6	\$ 15,000	\$ 90,000
Rastrillada	Yunta	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Surcada	Yunta	1	\$ 15,000	\$ 15,000
<b>1.2 SIEMBRA</b>				
Siembra y tapada	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
<b>1.3 LABORES CULTURALES</b>				
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Aplicación Fungicidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
Aplicación insecticidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>				
Desyerbas	Jornal	15	\$ 7,000	\$ 105,000
FERTILIZACIÓN	Jornal	2	\$ 7,000	\$ 14,000
<b>1.4 COSECHA Y BENEFICIO</b>				
Recolección y trilla	Jornal	12	\$ 7,000	\$ 84,000
Transporte	Jornal	8	\$ 7,700	\$ 61,600
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 497.600</b>
<b>2. INSUMOS</b>				
<b>2.1 SEMILLAS</b>				
	Kg	60	\$ 3,500	\$ 210.000
Abono (10-30-10)	Bulto	4	\$ 52,000	\$ 208.000
Foliares (Crecifol)	Litro	2	\$ 11,000	\$ 22.000
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Insecticidas (Lorsban)	Litro	1	\$ 27,000	\$ 27,000
Fungicidas: Dithane M45	Kg	1	\$ 11,500	\$ 11,500
Carbendacim	Litro	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Elosal	Litro	1	\$ 11,000	\$ 11,000
<b>2.1 EMPAQUES</b>				
Unidades	Fibra	40	\$ 700	\$ 28.000
Hilazas	Cono	1	\$ 6,000	\$ 6.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 568.500</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 1.066.100</b>
<b>3. COSTOS DIRECTOS</b>				
Arrendamientos	Ha	1	\$ 200,000	\$ 200.000
Administración (5% CD)			\$ 53,305	\$ 53.305
Interés (36% anual)	Meses	5	\$ 31,983	\$ 31.983
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 285.288</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 1.351.388</b>

**Anexo J. Costo de producción de arveja (Pisum sativum) var. Santa Isabel sitio 2/ha.**

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. LABORES</b>				
<b>1.1. PREPARACIÓN SUELO</b>				
Arada	Yunta	6	\$ 15,000	\$ 90,000
Rastrillada	Yunta	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Surcada	Yunta	1	\$ 15,000	\$ 15,000
<b>1.2 SIEMBRA</b>				
Siembra y tapada	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
<b>1.3 LABORES CULTURALES</b>				
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Aplicación Fungicidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
Aplicación insecticidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>				
Desyerbas	Jornal	15	\$ 7,000	\$ 105,000
FERTILIZACIÓN	Jornal	2	\$ 7,000	\$ 14,000
<b>1.4 COSECHA Y BENEFICIO</b>				
Recolección y trilla	Jornal	10	\$ 7,000	\$ 70,000
Transporte	Jornal	6	\$ 7,700	\$ 46,200
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 468.200</b>
<b>2. INSUMOS</b>				
<b>2.1 SEMILLAS</b>				
	Kg	60	\$ 3,500	\$ 210.000
Abono (10-30-10)	Bulto	4	\$ 52,000	\$ 208.000
Foliares (Crecifol)	Litro	2	\$ 11,000	\$ 22.000
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Insecticidas (Lorsban)	Litro	1	\$ 27,000	\$ 27,000
Fungicidas: Dithane M45	Kg	1	\$ 11,500	\$ 11,500
Carbendacim	Litro	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Elosal	Litro	1	\$ 11,000	\$ 11,000
<b>2.1 EMPAQUES</b>				
Unidades	Fibra	32	\$ 700	\$ 22.400
Hilazas	Cono	1	\$ 6,000	\$ 6.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 562.900</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 1.031.100</b>
<b>3. COSTOS DIRECTOS</b>				
Arrendamientos	Ha	1	\$ 200,000	\$ 200.000
Administración (5% CD)			\$ 51,555	\$ 51.555
Interés (36% anual)	Meses	5	\$ 30,933	\$ 30.933
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 282.488</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 1.313.588</b>

**Anexo K. 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
Apertura Zanja 1	Yunta	10	12.000	120.000	120.000	120.000	
Apertura Zanja 2	Yunta	10	12.000	120.000	120.000	120.000	
Incorporación Tamo	Jornal	3	6.000	18.000	18.000	18.000	
Aplicación caldo microbial	Jornal	2	6.000	12.000	12.000	12.000	
Cobertura tamo	Jornal	5	6.000	30.000	30.000	30.000	
Caldo microbial	Litro	400	10	4.000	4.000	4.000	
Tamo	Ton.	6	8.300	49.800	49.800	49.800	
<b>SUBTOTAL CHOCHO</b>				<b>353.800</b>	<b>353.800</b>	<b>353.800</b>	
Semilla	Kg.	80	2.500	200.000		200.000	200.000
Abono 13 – 26 – 6	Bulto	2	47.000	94.000		94.000	94.000
Siembra	Jornal	10	6.000	60.000		60.000	60.000
Corte	Jornal	5	6.000	30.000		30.000	30.000
Incorporación	Yunta	5	12.000	60.000		60.000	60.000
<b>SUBTOTAL AVENA</b>				<b>444.000</b>		<b>444.000</b>	<b>444.000</b>
Semilla	Kg.	170	500	85.000	85.000	85.000	
Abono 13 – 26 – 6	Bulto	3	47.000	141.000	141.000	141.000	
Siembra	Jornal	15	6.000	90.000	90.000	90.000	
Corte	Jornal	5	6.000	30.000	30.000	30.000	
Incorporación	Yunta	5	12.000	60.000	60.000	60.000	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>406.000</b>	<b>406.000</b>	<b>406.000</b>	
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>759.800</b>	<b>1.203.800</b>	<b>444.000</b>

**Fuente:** Entrevista Edwin Villarreal y Mauricio Saa. Octubre 2004

**Anexo L. Costo de producción de arveja (*Pisum sativum*) var. Santa Isabel  
tratamiento T1 (zanjas fértiles avena) rendimiento de 1615 kg/ha**

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. LABORES</b>				
<b>1.1. PREPARACIÓN SUELO</b>				
Arada	Yunta	6	\$ 15,000	\$ 90,000
Rastrillada	Yunta	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Surcada	Yunta	1	\$ 15,000	\$ 15,000
<b>1.2 SIEMBRA</b>				
Siembra y tapada	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
<b>1.3 LABORES CULTURALES</b>				
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Aplicación Fungicidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
Aplicación insecticidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>				
Desyerbas	Jornal	15	\$ 7,000	\$ 105,000
FERTILIZACIÓN	Jornal	2	\$ 7,000	\$ 14,000
<b>1.4 COSECHA Y BENEFICIO</b>				
Recolección y trilla	Jornal	16	\$ 7,000	\$ 112,000
Transporte	Jornal	11	\$ 7,700	\$ 84,700
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 548.700</b>
<b>2. INSUMOS</b>				
<b>2.1 SEMILLAS</b>				
	Kg	60	\$ 3,500	\$ 210.000
Abono (10-30-10)	Bulto	4	\$ 52,000	\$ 208.000
Foliares (Crecifol)	Litro	2	\$ 11,000	\$ 22.000
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Insecticidas (Lorsban)	Litro	1	\$ 27,000	\$ 27,000
Fungicidas: Dithane M45	Kg	1	\$ 11,500	\$ 11,500
Carbendacim	Litro	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Elosal	Litro	1	\$ 11,000	\$ 11,000
<b>2.1 EMPAQUES</b>				
Unidades	Fibra	53	\$ 700	\$ 37.100
Hilazas	Cono	1	\$ 6,000	\$ 6.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 577.600</b>
<b>CONSTRUCCIÓN ZANJA F.</b>				<b>\$ 759.800</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 1.886.100</b>
<b>3. COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>Arrendamientos</b>				
Administración (5% CD)	Ha	1	\$ 200,000	\$ 200.000
Interés (36% anual)			\$ 56,315	\$ 56.315
<b>TOTAL</b>	Meses	5	\$ 33,789	\$ 33.789
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 2.176.204</b>

**Anexo M. Costo de producción de arveja (*Pisum sativum*) var. Santa Isabel tratamiento T2 (zanjas fértiles abono verde – avena) rendimiento de 2140 kg/ha**

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. LABORES</b>				
<b>1.1. PREPARACIÓN SUELO</b>				
Arada	Yunta	6	\$ 15,000	\$ 90,000
Rastrillada	Yunta	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Surcada	Yunta	1	\$ 15,000	\$ 15,000
<b>1.2 SIEMBRA</b>				
Siembra y tapada	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
<b>1.3 LABORES CULTURALES</b>				
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Aplicación Fungicidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
Aplicación insecticidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>				
Desyerbas	Jornal	15	\$ 7,000	\$ 105,000
FERTILIZACIÓN	Jornal	2	\$ 7,000	\$ 14,000
<b>1.4 COSECHA Y BENEFICIO</b>				
Recolección y trilla	Jornal	21	\$ 7,000	\$ 147,000
Transporte	Jornal	14	\$ 7,700	\$ 107,800
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 606.800</b>
<b>2. INSUMOS</b>				
<b>2.1 SEMILLAS</b>				
	Kg	60	\$ 3,500	\$ 210.000
Abono (10-30-10)	Bulto	4	\$ 52,000	\$ 208.000
Foliares (Crecifol)	Litro	2	\$ 11,000	\$ 22.000
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Insecticidas (Lorsban)	Litro	1	\$ 27,000	\$ 27,000
Fungicidas: Dithane M45	Kg	1	\$ 11,500	\$ 11,500
Carbendacim	Litro	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Elosal	Litro	1	\$ 11,000	\$ 11,000
<b>2.1 EMPAQUES</b>				
Unidades	Fibra	71	\$ 700	\$ 49.700
Hilazas	Cono	1,5	\$ 6,000	\$ 9.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 593.200</b>
<b>COSTOS ZANJA FERTIL</b>				<b>\$ 1.203.800</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 2.403.800</b>
<b>3. COSTOS DIRECTOS</b>				
Arrendamientos	Ha	1	\$ 200,000	\$ 200.000
Administración (5% CD)			\$ 60,000	\$ 60.000
Interés (36% anual)	Meses	5	\$ 36,000	\$ 36.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 296.000</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 2.699.800</b>

**Anexo N. Costo de producción de arveja (Pisum sativum) var. Santa Isabel  
tratamiento T3 (abono verde) rendimiento de 792 kg/ha**

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. LABORES</b>				
<b>1.1. PREPARACIÓN SUELO</b>				
Arada	Yunta	6	\$ 15,000	\$ 90,000
Rastrillada	Yunta	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Surcada	Yunta	1	\$ 15,000	\$ 15,000
<b>1.2 SIEMBRA</b>				
Siembra y tapada	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
<b>1.3 LABORES CULTURALES</b>				
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Aplicación Fungicidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
Aplicación insecticidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>				
Desyerbas	Jornal	15	\$ 7,000	\$ 105,000
FERTILIZACIÓN	Jornal	2	\$ 7,000	\$ 14,000
<b>1.4 COSECHA Y BENEFICIO</b>				
Recolección y trilla	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
Transporte	Jornal	5	\$ 7,700	\$ 38,500
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 446.500</b>
<b>2. INSUMOS</b>				
<b>2.1 SEMILLAS</b>				
	Kg	60	\$ 3,500	\$ 210.000
Abono (10-30-10)	Bulto	4	\$ 52,000	\$ 208.000
Foliares (Crecifol)	Litro	2	\$ 11,000	\$ 22.000
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Insecticidas (Lorsban)	Litro	1	\$ 27,000	\$ 27,000
Fungicidas: Dithane M45	Kg	1	\$ 11,500	\$ 11,500
Carbendacim	Litro	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Elosal	Litro	1	\$ 11,000	\$ 11,000
<b>2.1 EMPAQUES</b>				
Unidades	Fibra	26	\$ 700	\$ 18.200
Hilazas	Cono	1	\$ 6,000	\$ 6.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>558.700</b>
<b>COSTO TRATAMIENTO</b>				<b>\$ 444.000</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 1.449.200</b>
<b>3. COSTOS DIRECTOS</b>				
Arrendamientos	Ha	1	\$ 200,000	\$ 200.000
Administración (5% CD)			\$ 50,260	\$ 50.260
Interés (36% anual)	Meses	5	\$ 30,156	\$ 30.156
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 280.416</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 1.729.616</b>

**Anexo O. Costo de producción de arveja (Pisum Sativum) var. Santa Isabel  
tratamiento T4 (avena) rendimiento de 602 kg/ha**

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. LABORES</b>				
<b>1.1. PREPARACIÓN SUELO</b>				
Arada	Yunta	6	\$ 15,000	\$ 90,000
Rastrillada	Yunta	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Surcada	Yunta	1	\$ 15,000	\$ 15,000
<b>1.2 SIEMBRA</b>				
Siembra y tapada	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
<b>1.3 LABORES CULTURALES</b>				
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Aplicación Fungicidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
Aplicación insecticidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>				
Desyerbas	Jornal	15	\$ 7,000	\$ 105,000
FERTILIZACIÓN	Jornal	2	\$ 7,000	\$ 14,000
<b>1.4 COSECHA Y BENEFICIO</b>				
Recolección y trilla	Jornal	6	\$ 7,000	\$ 42,000
Transporte	Jornal	4	\$ 7,700	\$ 30,800
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 424.800</b>
<b>2. INSUMOS</b>				
<b>2.1 SEMILLAS</b>				
	Kg	60	\$ 3,500	\$ 210.000
Abono (10-30-10)	Bulto	4	\$ 52,000	\$ 208.000
Foliares (Crecifol)	Litro	2	\$ 11,000	\$ 22.000
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Insecticidas (Lorsban)	Litro	1	\$ 27,000	\$ 27,000
Fungicidas: Dithane M45	Kg	1	\$ 11,500	\$ 11,500
Carbendacim	Litro	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Elosal	Litro	1	\$ 11,000	\$ 11,000
<b>2.1 EMPAQUES</b>				
Unidades	Fibra	20	\$ 700	\$ 14.000
Hilazas	Cono	1	\$ 6,000	\$ 6.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 554.500</b>
<b>COSTO TRATAMIENTO</b>				<b>\$ 406.000</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 1.385.300</b>
<b>3. COSTOS DIRECTOS</b>				
Arrendamientos	Ha	1	\$ 200,000	\$ 200.000
Administración (5% CD)			\$ 48,965	\$ 48.965
Interés (36% anual)	Meses	5	\$ 29,379	\$ 29.379
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 278.344</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 1.663.644</b>



**Anexo P. Costo de producción de arveja (*Pisum sativum*) var. Santa Isabel tratamiento T5 (testigo) rendimiento de 398 kg/ha**

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. LABORES</b>				
<b>1.1. PREPARACIÓN SUELO</b>				
Arada	Yunta	6	\$ 15,000	\$ 90,000
Rastrillada	Yunta	2	\$ 15,000	\$ 30,000
Surcada	Yunta	1	\$ 15,000	\$ 15,000
<b>1.2 SIEMBRA</b>				
Siembra y tapada	Jornal	8	\$ 7,000	\$ 56,000
<b>1.3 LABORES CULTURALES</b>				
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Aplicación Fungicidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
Aplicación insecticidas	Jornal	3	\$ 7,000	\$ 21,000
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>				
Desyerbas	Jornal	15	\$ 7,000	\$ 105,000
FERTILIZACIÓN	Jornal	2	\$ 7,000	\$ 14,000
<b>1.4 COSECHA Y BENEFICIO</b>				
Recolección y trilla	Jornal	4	\$ 7,000	\$ 28,000
Transporte	Jornal	3	\$ 7,700	\$ 23,100
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 403.100</b>
<b>2. INSUMOS</b>				
<b>2.1 SEMILLAS</b>				
Abono (10-30-10)	Bulto	4	\$ 52,000	\$ 208.000
Foliares (Crecifol)	Litro	2	\$ 11,000	\$ 22.000
<b>CONTROL SANITARIO</b>				
Insecticidas (Lorsban)	Litro	1	\$ 27,000	\$ 27,000
Fungicidas: Dithane M45	Kg	1	\$ 11,500	\$ 11,500
Carbendacim	Litro	1	\$ 45,000	\$ 45,000
Elosal	Litro	1	\$ 11,000	\$ 11,000
<b>2.1 EMPAQUES</b>				
Unidades	Fibra	13	\$ 700	\$ 9.100
Hilazas	Cono	0,5	\$ 6,000	\$ 3.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 546.600</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 949.700</b>
<b>3. COSTOS DIRECTOS</b>				
Arrendamientos	Ha	1	\$ 200,000	\$ 200.000
Administración (5% CD)			\$ 48,965	\$ 48.965
Interés (36% anual)	Meses	5	\$ 29,379	\$ 29.379
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 275.976</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 1.225.676</b>