

**ESTUDIO DEL ESTADO DE FERTILIDAD DE SUELOS DEDICADOS A  
CULTIVO DE GRANADILLA DE QUIJOS (*Passiflora popenovii* Killip) Y DEL  
VALOR NUTRICIONAL DE ESTA VARIEDAD FRUTICOLA PROMISORIA EN EL  
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



**GLORIA YANETH BRAVO CASTRILLÓN**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
POPAYÁN  
2015**

**ESTUDIO DEL ESTADO DE FERTILIDAD DE SUELOS DEDICADOS A  
CULTIVO DE GRANADILLA DE QUIJOS (*Passiflora popenovii* Killip) Y DEL  
VALOR NUTRICIONAL DE ESTA VARIEDAD FRUTICOLA PROMISORIA EN EL  
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**GLORIA YANETH BRAVO CASTRILLÓN**  
Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Químico

**Directora: MSc. ISABEL BRAVO REALPE**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
POPAYÁN  
2015**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

Director \_\_\_\_\_  
Isabel Bravo Realpe M.Sc

Jurado \_\_\_\_\_  
Claudia Ximena Martinez M.Sc

Jurado \_\_\_\_\_  
Edier Humberto Pérez M.Sc

Fecha de sustentación: Popayán, 28 de julio de 2015

## **DEDICATORIA**

*A la memoria de mi abuela Carmen Castrillón, a quien siempre preferí llamar “Mamita Carmen” por ser un ejemplo de mujer a seguir, por sus enseñanzas, por sus consejos, por el tiempo que dedicó a mi crianza, por su apoyo incondicional en el transcurso de este camino.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por estar conmigo a cada paso que doy cuidándome y dándome fortaleza para continuar.*

*A mi madre Gloria Castrillón por su amor, por su paciencia, dedicación y esfuerzo constante para que yo pudiera lograr cada una de mis metas, las palabras no alcanzan para agradecer todo su apoyo, sin ti mami no hubiera sido posible, Gracias.*

*A mi padre Mauricio Bravo por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, por su ejemplo de perseverancia y constancia que fueron parte fundamental en el transcurso de este camino.*

*A mi hermana Yudy Bravo, por ser más que mi hermana mi amiga, por ser quien se desvelaba por darme apoyo, por creer en mí, por su paciencia y colaboración incondicional para lograr esta meta.*

*A Diego Felipe, por ser la razón por la que cada día me levanto esforzándome por el presente y el mañana, eres mi principal motivación.*

*A mi directora de trabajo de grado, M.Sc. Isabel Bravo Realpe por su paciencia, apoyo, dedicación y entrega para culminar con éxito este trabajo.*

*A la VRI, y al proyecto Estrategia agroclimatológica y ecofisiología para variedades frutícolas promisorias en el departamento del cauca. Granadilla de quijos (*Passiflora popenoviikillip*) por permitirme hacer parte de él y desarrollar mi trabajo de grado.*

*A mis profesores y al Departamento de Química por los invaluable conocimientos transmitidos.*

*A mis compañeros del grupo de Agroquímica en especial a Adriana López, por su apoyo y colaboración durante toda la carrera.*

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pag</b>
<b>1. RESUMEN</b>	17
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	18
<b>3. OBJETIVOS</b>	19
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b>	19
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	19
<b>4. MARCO TEORICO</b>	20
<b>4.1 DEFINICIÓN DE SUELO</b>	20
<b>4.2 CLASIFICACION DE LOS SUELOS</b>	20
<b>4.3 PERFIL DEL SUELO</b>	21
<b>4.4 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO</b>	23
<b>4.4.1 Color</b>	23
<b>4.4.2 Textura , Diagrama textural y clase textural</b>	23
<b>4.4.3 Estructura</b>	25
<b>4.4.4. Porosidad</b>	26
<b>4.4.5 Permeabilidad, profundidad y drenaje</b>	27
<b>4.4.6 Densidad aparente</b>	27
<b>4.5 PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO</b>	28
<b>4.5.1 pH</b>	28
<b>4.5.2 Fuentes de acidez en el suelo</b>	29
<b>4.5.3 Tipos de acidez en el suelo</b>	31

4.5.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	31
4.5.5 Bases de cambio	32
4.5.6 Carbono orgánico y materia orgánica del suelo	35
4.5.7 Nitrógeno	36
4.5.8 Relación C/N	36
4.5.9 Fósforo en suelos	37
<b>4.6 ANALISIS PROXIMAL</b>	<b>37</b>
4.6.1 Preparación de la muestra	38
4.6.2 Determinación de humedad o sustancias volátiles	38
4.6.3 Materia seca	38
4.6.4 Determinación porcentaje de cenizas	38
4.6.5 Proteína bruta o nitrógeno	39
4.6.6 Grasa cruda o extracto etéreo	39
4.6.7 Fibra total	40
4.6.8 Carbohidratos	40
4.6.9 Azúcares reductores	40
<b>4.7 PASSIFLORA EN COLOMBIA</b>	<b>41</b>
4.7.1. <i>Passiflora Edulis</i> (Maracuyá)	42
4.7.2 <i>Passiflora Mollissima Bailey</i> (Curúba)	43
4.7.3 <i>Passiflora ligularis</i> (Granadilla común)	44
4.7.4 <i>Passiflora popenovii killip</i> o Granadilla de Quijos	46
<b>5. METODOLOGÍA</b>	<b>49</b>

<b>5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	49
5.1.1. Municipio de Timbío	49
5.1.2 Municipio de El Tambo	51
<b>5.2 FASE DE CAMPO</b>	52
5.2.1 Toma de muestra Timbío	52
5.2.2 Toma de muestra El Tambo	56
<b>5.3 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS</b>	58
5.3.1. Humedad higroscópica	58
5.3.2 Densidad aparente	58
5.3.3 Textura	58
5.3.4 pH	59
5.3.5 Carbono orgánico	59
5.3.6 Acidez Intercambiable	59
5.3.7 Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases de Cambio	60
5.3.8 Contenido de Nitrógeno total	61
5.3.9 Fósforo disponible	61
<b>5.4 EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE <i>Passiflora Popenovii</i> “Granadilla de Quijos”</b>	62
5.4.1 Determinación de humedad	62
5.4.2. Determinación de cenizas	62
5.4.3. Determinación del extracto etéreo o grasa bruta	62
5.4.4 Determinación de nitrógeno (proteína)	63



<b>5.4.5</b>	Determinación de fibra bruta y extracto no nitrogenado	63
<b>5.4.6</b>	Determinación de azúcares reductores	63
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS ANALISIS DE SUELOS</b>	65
<b>6.1.1</b>	Propiedades físicas de Suelos de Timbío	65
<b>6.1.2</b>	Propiedades químicas de Suelos De Timbío	68
<b>6.1.3</b>	Nivel de fertilidad de suelos Timbío	73
<b>6.1.4</b>	Propiedades físicas de suelos El Tambo.	78
<b>6.1.5</b>	Propiedades químicas de suelos de El Tambo	80
<b>6.1.6</b>	Nivel de fertilidad de Suelo de El Tambo	85
<b>6.1.7</b>	Comparación suelos Timbío y El Tambo	88
<b>6.2</b>	<b>ANALISIS PROXIMAL DE LA GRANADILLA QUIJOS</b>	101
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	105
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES DE ENCALAMIENTO</b>	106
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	108
	<b>ANEXO</b>	110

## LISTA DE ACRÓNIMOS

<b>Al :</b>	Aluminio
<b>ANOVA:</b>	Análisis de varianza
<b>Ca :</b>	Calcio
<b>CIC:</b>	Capacidad de intercambio catiónico
<b>CV:</b>	Coeficiente de variación
<b>EAA:</b>	Espectroscopia de absorción atómica
<b>gl:</b>	Grados de libertad
<b>K:</b>	Potasio
<b>Mg:</b>	Magnesio
<b>MO:</b>	Materia orgánica
<b>Na:</b>	Sodio
<b>P:</b>	Fosforo
<b>S:</b>	Desviación estándar

## LISTA DE TABLAS

	Pag
<b>Tabla 1.</b> Clasificación de las partículas del suelo según USDA	23
<b>Tabla 2.</b> Agrupación de poros del suelo de acuerdo al tamaño	27
<b>Tabla 3.</b> Clasificación del suelo según PH	29
<b>Tabla 4.</b> Evaluación del contenido de Al intercambiable	31
<b>Tabla 5.</b> Interpretación CIC de acuerdo al contenido en el suelo	32
<b>Tabla 6.</b> Niveles críticos para la interpretación de la disponibilidad de K en Colombia	32
<b>Tabla 7.</b> Niveles críticos para el calcio	33
<b>Tabla 8.</b> Valores críticos para magnesio	34
<b>Tabla 9.</b> % C de acuerdo al clima y la altura sobre el nivel del mar	35
<b>Tabla 10.</b> % Materia orgánica de acuerdo al clima y la altura sobre el nivel del mar	35
<b>Tabla 11.</b> Estimativo de % N de acuerdo al clima y altitud	36
<b>Tabla 12.</b> Clasificación de niveles de P en suelos	37
<b>Tabla 13.</b> Composición nutricional maracuyá	42
<b>Tabla 14.</b> Composición nutricional curuba	44
<b>Tabla 15.</b> Condiciones agroecológicas granadilla <i>liguaria</i>	45
<b>Tabla 16.</b> Composición nutricional de la granadilla <i>liguaria</i>	45
<b>Tabla 17.</b> Fincas seleccionadas para el muestreo Timbío	53
<b>Tabla 18.</b> Unidades de muestreo Timbío.	54
<b>Tabla 19.</b> Fincas seleccionadas para muestreo (El Tambo)	56

<b>Tabla 20.</b> Unidades de muestreo. El Tambo	56
<b>Tabla 21.</b> Propiedades Físicas Suelos Fincas Vereda Santamaría Municipio de Timbío	65
<b>Tabla 22.</b> Propiedades Químicas Suelos Fincas Vereda Santamaría Municipio de Timbío	68
<b>Tabla 23.</b> Nivel de Fertilidad de Suelos Fincas Vereda Santamaría Municipio de Timbío.	74
<b>Tabla 24.</b> Propiedades Físicas Suelos Fincas Municipio de El Tambo	78
<b>Tabla 25.</b> Propiedades Químicas Suelos Fincas Municipio El Tambo	80
<b>Tabla 26.</b> Nivel de Fertilidad de Suelos Fincas Municipio El Tambo	85
<b>Tabla 27.</b> Prueba de ANOVA de Comparación entre Suelos de Timbío con El Tambo.	88
<b>Tabla 28.</b> Resultado análisis proximal granadilla Quijos	101
<b>Tabla 29</b> Recomendación de encalamiento fincas Santa María (Timbío)	107
<b>Tabla 30</b> Recomendación de encalamiento fincas El Tambo	107
<b>Tabla 31</b> Recomendación de aplicación de una fuente de fosforo en fincas de Santa María (Timbío)	107
<b>Tabla 32</b> Recomendación de aplicación de una fuente de fosforo en fincas de El Tambo.	108

## LISTA DE FIGURAS

	Pag
<b>Figura 1.</b> Perfil del suelo Tambo y Timbío	22
<b>Figura 2.</b> Diagrama textural (USDA)	24
<b>Figura 3.</b> Tipos de <i>passiflora edulis</i> (maracuyá)	42
<b>Figura 4.</b> <i>Passiflora mollissima</i> (curuba)	43
<b>Figura 5.</b> <i>Passiflora liguaris</i>	44
<b>Figura 6.</b> Floración, planta y fruto granadilla Quijos	47
<b>Figura 7.</b> Mapa de Coberturas Municipio de Timbío	50
<b>Figura 8.</b> Ubicación fincas experimentales Municipio de Timbío	50
<b>Figura 9.</b> Ubicacion geografica municipio El Tambo	51
<b>Figura 10.</b> Ubicacion veredas experimentales El Tambo	52
<b>Figura 11.</b> Taller de socialización Timbío	53
<b>Figura 12.</b> Muestreo y perfil del suelo finca San Luis	54
<b>Figura 13.</b> Muestreo y perfil del suelo finca San Lorenzo	55
<b>Figura 14.</b> Muestreo y perfil del suelo finca La Despensa	55
<b>Figura 15.</b> Muestreo y perfil del suelo finca El Carmen	56
<b>Figura 16 .</b> Muestreo y perfil del suelo finca Las Palmas El Tambo	57
<b>Figura17.</b> Muestreo y perfil del suelo El Asomadero.	57
<b>Figura 18.</b> Medias Estadísticas de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío	67
<b>Figura 19.</b> Comparación Estadística de Medias de Propiedades Químicas de Suelos de Timbío.	71

<b>Figura 20.</b> Comparación Estadística de Medias de Nivel de Fertilidad de Suelos de Timbío.	76
<b>Figura 21.</b> Medias Estadísticas de Propiedades Físicas de Suelos en El Tambo	79
<b>Figura 22.</b> Comparación Estadística de Medias de Propiedades Químicas de Suelos de El Tambo	83
<b>Figura 23.</b> Comparación Estadística de Medias de Nivel de Fertilidad de Suelos en El Tambo..	86
<b>Figura 24.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. % Humedad.	90
<b>Figura 25.</b> Diagrama de Cajas Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. Densidad Aparente.	91
<b>Figura 26.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo.% Arenas.	92
<b>Figura 27.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo.% Limos.	92
<b>Figura 28.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo.% Arcillas.	93
<b>Figura 29.</b> Formación de compuestos organominerales entre las arcillas y la MO.	93
<b>Figura 30.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo.pH.	94
<b>Figura 31.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. Acidez intercambiable y Al intercambiable.	95
<b>Figura 32.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. Materia orgánica.	95
<b>Figura 33.</b> Aluminio quelatado por la MO.	96
<b>Figura 34.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. CIC.	97

<b>Figura 35.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. % Saturación de Al y Bases de cambio	97
<b>Figura 36.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. % Nitrógeno.	98
<b>Figura 37.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. Fósforo.	98
<b>Figura 38.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. Potasio.	99
<b>Figura 39.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. Calcio y Magnesio.	100
<b>Figura 40.</b> Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío y El Tambo. Sodio.	100
<b>Figura 41.</b> Comparación Estadística de Medias de Componentes Químicos de Granadilla de Timbío y El Tambo	102
<b>Figura 42.</b> Distribución de los principales componentes químicos de la granadilla de Quijos de acuerdo al análisis proximal	104

## ANEXO

	Pag
<b>Anexo A</b> Pruebas estadísticas propiedades físicas y químicas de los suelos de Timbío y El Tambo	111
<b>Anexo B</b> Pruebas estadísticas análisis proximal de la granadilla de Timbío y El Tambo.	125



## 1. RESUMEN

La granadilla de Quijos es considerada una especie frutícola promisoría en el departamento del Cauca, se considera una riqueza tanto a nivel económico como nutricional, se caracteriza por su agradable sabor dulce al paladar, se cultiva y produce solo en dos municipios del departamento del Cauca, Timbío y El Tambo, por esta razón es poca conocida a nivel nacional, y requiere de estudios de fertilidad de los suelos, y de la composición nutricional del fruto, para ser producida en mayor cantidad y en mejores condiciones para expandir el cultivo y aumentar la producción, además de mejorar el estándar de calidad del fruto, para ser exportado como fruto exótico.

En este trabajo se realiza el estudio de fertilidad de los suelos donde se desarrollan los cultivos de la granadilla Quijos en dos municipios productores del departamento del Cauca: El Tambo y Timbío. El estudio se realiza en las fincas donde se produce la mayor cantidad de granadilla ubicada en la vereda Santa María en Timbío, Chapas y Aires de occidente en El Tambo. Con el objetivo de conocer las condiciones precisas en las que se desarrolla el cultivo se realizan análisis físicos y químicos de los suelos de las fincas seleccionadas, y el estudio de la composición del fruto.

En el desarrollo de este trabajo se encuentra que todos los suelos analizados presentan condiciones de humedad adecuada, textura franco arenosa, con porcentajes adecuados de arcillas, pero niveles de arenas altos, y porcentajes de limos bajos. La reacción del suelo es fuertemente ácida en todos los suelos, presentan un alto contenido de N y K pero fuerte deficiencia de fósforo y de las bases de cambio, esto se ve reflejado en la clorosis de las plantas, así como en la vulnerabilidad del fruto al ataque de insectos como hormigas, chinches y larvas de mariposa.

La granadilla es una importante fuente de hidratación, de fibra, de carbohidratos principalmente de azúcares sencillos reductores, con un importante aporte de calorías, con bajo contenido de grasa y un pH adecuado, además se demuestra que la composición nutricional no depende de la procedencia del fruto, sino del estado de maduración.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La agricultura es una actividad de gran importancia a nivel nacional y es la principal fuente de trabajo de las familias campesinas en el departamento del Cauca. Los sectores productivos y los pequeños agricultores se han visto afectados por los cambios naturales de clima y la variedad climática, es por esta razón que se buscan alternativas de mejoramiento de la producción para extender la comercialización de productos que se adapten a las condiciones medioambientales y contribuya al desarrollo económico de los pequeños y grandes productores.

La variabilidad del relieve en el departamento del Cauca ofrece una versatilidad de climas y de suelos donde se desarrollan y cultivan gran variedad de productos frutícolas, algunos de los cuales son conocidos únicamente dentro del departamento, debido a la falta de recursos para ser exportados, este es el caso de la granadilla Quijos, considerada como una especie promisoriosa por su alto valor socio cultural, pero carece de estudios agroclimatológicos y ecofisiológicos que permitan incrementar su producción, usos y potencial agronómico para exportación como fruto tropical exótico. Este fruto no ha sido estudiado, por eso no se tiene conocimiento del estado de fertilidad de sus suelos, se cultiva en forma artesanal, y sus frutos no cumple con estándares de tamaño o peso que les permita ser denominados de primera o competitivos, tampoco se tienen valores de referencia acerca de su valor nutricional.

Por lo anterior, se hace necesario conocer el estado de fertilidad de los suelos de las veredas de los municipios El Tambo y Timbío donde se producen en mayor cantidad la granadilla Quijos, así como hacer un estudio proximal del fruto que permita obtener su composición nutricional para darle un valor agregado en el momento de su comercialización, con el fin de contribuir al desarrollo rural y sostenible de la zona.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo General

Evaluar las condiciones de fertilidad para el desarrollo y producción del cultivo de granadilla de Quijos asociadas al valor nutricional de esta variedad frutícola promisoría en los municipios de El Tambo y Timbío en el departamento del Cauca,

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Generar y levantar la información primaria y recopilar información secundaria espacial y ambiental y agroecológica de producción de granadilla en los dos Municipios.
- Realizar el estudio de fertilidad de los suelos dedicados al cultivo de granadilla de Quijos, en veredas de los municipios de Timbío y de El Tambo.
- Realizar el análisis proximal del fruto *passiflora popenovii killip* “granadilla de Quijos”
- Determinar condiciones de georeferenciación y parámetros climáticos de la zona de estudio.

## 4. FUNDAMENTO TEORICO

### 4.1 DEFINICIÓN DE SUELO.

Parte externa de la corteza terrestre que ha sufrido acciones causadas por agentes atmosféricos y seres vivos, no es un medio inerte e inestable, sino que se altera con el paso del tiempo, tiene un espesor desde unos pocos centímetros hasta 2-3 metros (Hernandez, 2008). El suelo es el medio natural para el desarrollo y productividad de plantas terrestres

### 4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

En Colombia se utiliza el Sistema Taxonómico Norteamericano (STN), Este sistema está diseñado de manera que el suelo puede ser clasificado en seis categorías diferentes, seleccionando la adecuada de acuerdo a los fines que se persigan con su estudio (Jaramillo, 2009), así:

**Gelisoles:** Son suelos que presentan condiciones de congelamiento durante periodos largos de tiempo y que tienen o no hielo. Presentan alta variabilidad en sus propiedades.

**Histosoles:** Son suelos típicamente orgánicos, aunque pueden tener algunos horizontes delgados de materiales minerales.

**Esodosoles:** Suelos que presentan un horizonte oscuro de acumulación de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro, ubicado por debajo de un horizonte más claro que ha aportado aquellos materiales, Son suelos ácidos.

**Andisoles:** Suelos con alta fijación de fosfatos y baja densidad, derivados de materiales volcánicos; normalmente son ácidos.

**Oxisoles:** Suelos muy evolucionados, típicos de ambientes tropicales. Casi no tienen minerales diferentes al cuarzo en su fracción gruesa y en la fracción arcilla predominan los óxidos de Hierro y de Aluminio; son ácidos.

**Vertisoles:** Son suelos arcillosos que se agrietan fuertemente cuando se secan. Su reacción se encuentra entre ligeramente ácida a fuertemente alcalina.

**Aridisoles:** Son suelos que se presentan en climas muy secos.

**Ultisoles:** Suelos muy evolucionados que presentan un horizonte que ha acumulado arcilla que se ha movilizó desde las partes más superficiales del

suelo. Las arcillas acumuladas son de baja calidad por lo que el suelo es ácido y poco fértil.

**Mollisoles:** Son suelos que presentan adecuadas propiedades físico-químicas en la zona de raíces.

**Alfisoles:** En estos suelos también se ha formado un horizonte de acumulación de arcilla que se ha movido desde la parte superior del suelo pero, a diferencia del Ultisol, en este orden las arcillas acumuladas son de mejor calidad por lo que se presenta una saturación de bases alta.

**Inceptisoles:** Son suelos que no cumplen los requisitos para ubicarse en alguno de los órdenes anteriores pero que presentan evidencias de evolución incipiente que los ha llevado a desarrollar varios horizontes con estructura de suelo.

**Entisoles:** Son los suelos que presentan menor grado de evolución. Por lo general sólo se observa organización de suelo en la parte superior del mismo, por efecto de la materia orgánica y de la actividad biológica presentes en ella. Este orden, junto con el de los Inceptisoles, presenta la mayor variabilidad en sus propiedades.

#### **4.3 PERFIL DEL SUELO (Jaramillo, 2009)**

##### **Horizonte O**

Son porciones del suelo donde predominan materiales orgánicos; no importa si estos materiales han estado o no saturados con agua; tampoco importa el grado de descomposición que tengan dichos materiales orgánicos

En los horizontes O, los materiales minerales representan un mínimo porcentaje del volumen de ellos y mucho menos de la mitad de su masa; generalmente, ellos se encuentran en la superficie de suelos minerales, aunque pueden presentarse enterrados por horizontes o capas minerales; también hay suelos donde todos los horizontes y capas son O.

##### **Horizonte A**

Son horizontes minerales que se encuentran en la superficie del terreno o por debajo de un horizonte O, además presentan acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral del suelo.



Figura 1. Perfil del suelo (El Tambo y Timbío) fuente propia

### **Horizonte E**

Es un horizonte mineral que se caracteriza por presentar pérdidas de arcillas o sesquióxidos de Hierro y Aluminio, generando una acumulación de partículas de arena y limo; generalmente está debajo de horizontes O y A y sobre horizontes B; normalmente, presenta colores más claros y texturas más gruesas que los horizontes A y B, que lo confinan.

### **Horizontes B**

Son horizontes minerales que han perdido casi todo vestigio de la estructura original del material parental y se observan rasgos como: acumulación de arcillas, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice, Remoción de carbonatos, Acumulación residual de sesquióxidos, Recubrimientos con sesquióxidos, Formación de arcilla y/o liberación de óxidos, Formación de estructura prismática, blocosa o granular.

### **Horizontes C**

Son horizontes que han sido muy poco afectados por procesos pedogenéticos; en las capas C se incluyen sedimentos, saprolitos y fragmentos de roca poco consolidados, que exhiben baja a moderada resistencia a la excavación; en los horizontes C se incluyen aquellas porciones del suelo que tienen acumulaciones de sílice, carbonatos, yeso o sales más solubles, aún endurecidas, que no presenten relación genética con los horizontes suprayacentes.

## Horizonte D

Este concepto se reserva para las rocas duras, las cuales dificultan excesivamente su excavación, aunque pueden ser fragmentadas con equipos pesados.

### 4.4 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

Las características del suelo son los rasgos que marcan la diferencia entre un suelo y otros aspectos como el color y la profundidad pueden definirse a simple vista, sin embargo otras se marcan con ensayos o procesos de laboratorio. El estudio de suelos se ha clasificado según sus características físicas, químicas o biológicas (Jaramillo, 2009)

#### 4.4.1 Color

Los suelos en su mayoría son de color oscuro, esto se debe a que cuentan con mayor cantidad de materia orgánica. Si su textura es de tonalidades rojizas, pardas o amarillentas, quiere decir que poseen una ventilación mayor y no se encharcan. Por su parte los que se encharcan son de colores grises y manchados de verde azulado. Las regiones húmedas tienen suelos de tonos claros que indican baja productividad y un mal desarrollo de las plantas.

#### 4.4.2 Textura y diagrama textural

Se define la textura del suelo como la proporción (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo. En edafología las partículas de un suelo se clasifican en elementos gruesos (tamaño de diámetro superior a 2 mm) y elementos finos (tamaño inferior a 2 mm). Estos últimos son los utilizados para definir la textura. Siguiendo la terminología establecida por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América), la clasificación se muestra en la tabla 1:

Tabla 1 .Clasificación de las partículas (Fassbender y Bornemisza 1987 )

FRACCION	DIAMETRO (mm)
Arena muy Gruesa	2-1
Arena Gruesa	1 - 0,5
Arena Media	0,5 – 0,25
Arena Fina	0,25 – 0,10
Arena muy Fina	0,10 -0,05
Limo	0,05 – 0,002
Arcilla	<0,002

Para su determinación se usa el método del densímetro de Bouyoucos, aunque también se puede realizar de forma indirecta en campo. Este método es menos

preciso, pero mediante la formación de una pequeña bola humedecida entre los dedos con ayuda de una pequeña adición de agua si el suelo está demasiado seco se pueden determinar las clases texturales. Del comportamiento de esa bolita puede deducirse el contenido en las diversas fracciones. De este modo, cuanto más moldeable sea la bola, mayor proporción de arcilla tendrá. Al mismo tiempo, cuanto menos moldeable sea y mayor fricción se note entre las partículas, la proporción de arena será mayor.

La finalidad de ambos métodos es obtener la clase textural del horizonte, la cual se obtiene mediante los porcentajes de cada una de las clases de partículas, y se recurre al diagrama triangular de la USDA (Fassbender y Bornemisza, 1987).

**Diagrama textural:** es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla. El Diagrama textural de la USDA se muestra en la figura 2.

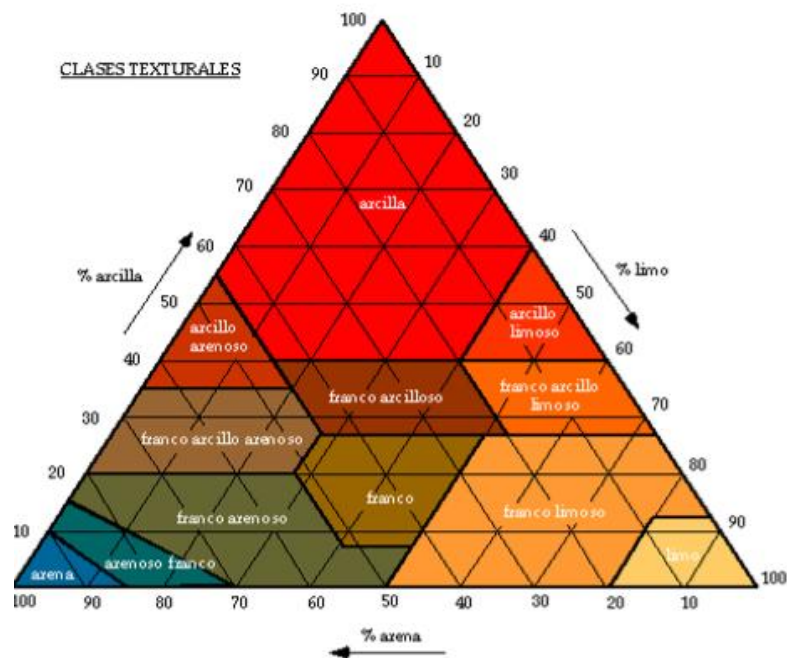


Figura 2. Diagrama textural (USDA)

El triángulo se divide en una serie de áreas que corresponden a las diversas clases texturales, que representan grupos de texturas con propiedades análogas. Las clases suelen asociarse en cuatro grupos principales que corresponden a las texturas arcillosas, limosas, arenosas y francas o equilibradas; según exista un componente dominante o una proporción adecuada de todos ellos.



La textura del suelo, varía de unos horizontes a otros, siendo una característica propia de cada uno de ellos por lo que es tan importante el análisis de los diferentes horizontes del suelo (Jaramillo, 2009; Fassbender y Bornemisza 1987).

**Clase textural** (Jaramillo, 2009):

**Suelos arenosos:** se denominan suelos sueltos. Se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de agua y de nutrientes.

**Suelos arcillosos:** se denominan suelos pesados o fuertes. Presentan baja permeabilidad al agua y elevada retención de agua y de nutrientes. Entre la textura arenosa y la arcillosa se encuentran las otras 10 clases, con características intermedias entre ambas.

**Suelos francos:** se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes

#### 4.4.3 Estructura

La estructura del suelo es una de sus principales propiedades, ya que el arreglo que presente la fase sólida está determinando el espacio que queda disponible para las fases líquida y gaseosa; puede decirse que esta propiedad es la que controla las interrelaciones entre las diferentes fases físicas del suelo y la dinámica de líquidos y gases en él, debido a que tiene una influencia directa en propiedades como: porosidad, densidad aparente, régimen hídrico, régimen térmico, permeabilidad, aireación, distribución de la materia orgánica, entre otras.

Un suelo bien estructurado puede reducir, y eliminar los problemas de mal drenaje, baja permeabilidad y poca aireación inducidos por el empaquetamiento fuertemente ajustado de los separados que se presenta en un suelo de textura fina (Jaramillo, 2009; Fassbender y Bornemisza, 1987; Silva, 2000)

**Tipos de estructura en el suelo** (Jaramillo, 2009).

**Migajosa:** presenta unidades esféricas, con bordes y caras más o menos redondeadas, con poca cantidad de puntos de contacto y con gran cantidad de espacio entre ellos, como es el caso de la arena.

**Granular:** Agregados con mínima cantidad de poros en su interior, de forma redondeada, no se justan a los agregados vecinos, es similar a la migajosa pero con agregados compactos, esta estructura es típica de los horizontes A.

**Angular:** agregados en forma poliédrica, con superficie plana, varias aristas y vértices, las caras del agregado se ajustan muy bien a los de los agregados vecinos. Esta estructura se encuentra típicamente en los horizontes B.

**Subangular:** agregados de forma poliédrica, con superficies no muy planas, con aristas y sin formación de vértices, las caras del agregado se ajustan moderadamente a las de los agregados vecinos, esta estructura es típica de los horizontes arcillosos como los B.

**Prismática:** presenta agregados con caras definidas y es a través de ellas que se realiza contacto rompiéndose los mismos por estas caras, los agregados son densos y generan menos poros que los de las estructuras granular, los bloques se desarrollan en dirección vertical, esta estructura está presente en horizontes B y ocasionalmente horizontes C.

**Columnar:** presenta la característica de producir unidades elongadas verticales con un extremo final redondeado, dando lugar a una estructura en forma de cúpula. Se produce siempre que hay una dispersión fuerte de arcillas provocada por una alta concentración de sodio

#### 4.4.4 Porosidad

La porosidad total del suelo es el volumen de éste que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases. La distribución del espacio poroso depende de la composición y arreglo de la fracción sólida, es decir, de la textura, del contenido de materia orgánica y de la estructura, definiéndose dos tipos de espacios porosos:

**Microporosidad o Porosidad textural:** está compuesta por el volumen de los poros más finos que tiene el suelo y que, en su mayor cantidad se encuentran en el interior de los agregados naturales relativamente permanentes (Jaramillo, 2009; Burbano, 2013).

**Macroporosidad o Porosidad estructural:** es el volumen de poros grandes del suelo, los cuales se encuentran, en mayor proporción, ubicados entre los peds. La proporción en que se encuentren los diferentes tamaños de poros es la que controla las relaciones fundamentales entre las fases sólida, líquida, gaseosa, influyendo en cualidades edáficas como drenaje, infiltración, almacenamiento de agua, aireación, temperatura, etc.

Para agrupar los poros del suelo, de acuerdo al tamaño que presenten, se han propuesto varias clasificaciones, como la que puede verse en la Tabla 2, propuesta por el SSDS. (Silva,2000)

Tabla 2. Agrupación de poros del suelo de acuerdo al tamaño SSDS (Silva,2000)

TIPO DE PORO	DIAMETRO (mm)
Grueso	10 – 5
Medio	5 – 2
Fino	2 – 0,5
Muy fino	< 0,5

#### 4.4.5 Permeabilidad, profundidad y drenaje (Jaramillo, 2009; Fassbender y Bomemisza,1987)

**Permeabilidad** es la habilidad con que el agua y el aire se movilizan en el suelo. Cuando un suelo se encharca es porque tiene permeabilidad muy lenta.

**Profundidad efectiva** es el alcance que logran tener las raíces de las plantas a la hora de buscar agua y nutrientes. Las capas endurecidas, piedras o rocas, agua y sales dañinas son factores que no permiten a la raíces crecer. En un suelo profundo, las raíces de las plantas penetran hasta un metro o más sin tropiezos de ninguna clase, en un suelo muy superficial, las raíces de las plantas penetran muy poco, porque encuentran: Agua muy cerca de la superficie, Rocas y piedras, Capas endurecidas y Sales dañinas.

**Drenaje:** es la evacuación de agua de un suelo que puede causarse por un aguacero o una inundación.

**Drenaje interno,** es la rapidez con que el agua se mueve dentro del suelo. En los suelos arcillosos o gredosos, el agua se mueve muy lentamente. Por eso se encharcan.

**Drenaje externo** es la rapidez con que el agua se escurre por la superficie del terreno. Cuando en un aguacero el agua no penetra en el suelo, o lo hace lentamente.

#### 4.4.6 Densidad aparente

Es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente, el método más comúnmente utilizado es el del Cilindro.

El valor de la densidad aparente es un parámetro necesario en varios cálculos relacionados con el suelo, como son: Calcular el peso de un determinado volumen de suelo, Transformar el contenido de humedad gravimétrico del suelo a contenido

volumétrico, Calcular la porosidad total del suelo cuando se conoce su densidad real.

Aparte de lo anterior, es un estimador del grado de compactación del suelo, ya que si se está presentando este problema, la densidad aparente se incrementa; también es un indicador de altos contenidos de materia orgánica en el suelo, puesto que ellos reducen el valor de dicha densidad. Debido a la facilidad con la cual se puede medir esta propiedad, se ha utilizado como parámetro para estimar el grado de deterioro del suelo, teniendo en cuenta que a medida que aumenta su valor, se está produciendo una degradación de la estructura del mismo, bien sea por compactación o por pérdida de materia orgánica. (Jaramillo, 2009)

Se consideran como valores altos para la densidad aparente, aquellos que sean superiores a  $1.3 \text{ g/cm}^3$ , en suelos con texturas finas; los mayores a  $1.4 \text{ g/cm}^3$ , en suelos con texturas medias y los mayores a  $1.6 \text{ g/cm}^3$ , en suelos con texturas gruesas.

## 4.5 PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO

### 4.5.1 pH

El pH, según Fassbender (1987), es una relación entre los contenidos de protones y de iones  $\text{OH}^-$ , por lo cual se cumple que en agua pura  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ ; la relación anterior implica entonces que una solución tendrá una condición neutra ( $\text{pH} = \text{pOH}$ ) cuando su pH sea igual a 7.0.

El pH en el suelo se mide en una suspensión de suelo en agua o en soluciones salinas y puede llevarse a cabo esta determinación en forma colorimétrica o potenciométrica, 1:1.

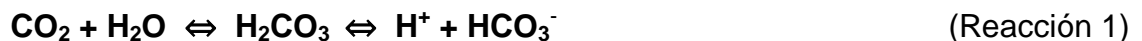
Los valores que toma el pH pueden variar de acuerdo a ciertas circunstancias bajo las cuales se hace la determinación. Los principales factores que afectan esta determinación son:

**Efecto de dilución:** La proporción suelo - agua o solución con la cual se prepare la suspensión para medir el pH afecta esta medida. Si la relación 1:1 se altera, adicionando más agua o solución, el valor del pH se aumenta, debido a que se diluye la solución del suelo y se expande la doble capa difusa (DCD). Por esta razón, varios protones pueden pasar a la capa difusa, desde la solución externa (por fuera de la DCD) del suelo, retirando parte de la acidez de ella y, por lo tanto, haciéndola más básica.

**Efecto de las sales:** Cuando el pH del suelo se mide en una suspensión hecha con una solución salina adquiere un menor valor (es más ácido) que cuando se determina en una suspensión hecha en agua. La adición de sal incrementa la concentración de la solución del suelo con lo cual se contrae la DCD. Parte de los

cationes ( $\text{H}_3\text{O}^+$  y otros) que estaban saturando el coloide son desplazados por el catión de la sal y pasan a la solución externa, lo cual hace que el pH baje al aumentar la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  en dicha solución (Jaramillo, 2009; Burbano, 2013).

**Efecto del contenido de  $\text{CO}_2$ :** Según Fassbender (1987), al aumentar la concentración de  $\text{CO}_2$  en la suspensión el pH disminuye debido a la formación de ácido carbónico, en una primera etapa, y a la liberación de protones, en una posterior, según la reacción 1:



**Variaciones estacionales:** Se presentan variaciones en el pH, al ser medido en diferentes épocas del año, por efecto de cambios que se producen, a través del tiempo, en el efecto de dilución, en el contenido de sales y/o en el aporte de  $\text{CO}_2$  debido a la actividad biológica de los organismos en el suelo. En términos generales, en períodos de clima seco, el pH del suelo es menor (más ácido) que en las épocas húmedas (Jaramillo, 2009; Fassbender y Bornemisza, 1987).

De acuerdo con el valor de pH que presenten y con el método utilizado para determinarlo, los suelos se clasifican como se muestran en la tabla 3. :

Tabla 3. Clasificación del suelo según pH (Fassbender y Bornemisza, 1987)

pH	CLASIFICACIÓN
< 4,0	Extremadamente ácido
4,0 – 4,9	Fuertemente ácido
5,0 – 5,9	Moderadamente Ácido
6,0 – 6,9	Ligeramente ácido
7,0	Neutro
8,1 – 9,0	Moderadamente Alcalino

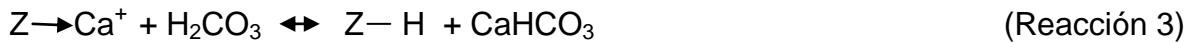
En términos generales puede considerarse que desde el punto de vista del pH, los suelos se pueden agrupar en tres grandes categorías: Suelos ácidos los que presentan pH < 6.5; Suelos neutros los que tienen pH entre 6.5 y 7.3 y Suelos básicos aquellos que exhiben valores de pH > 7.3 (Jaramillo, 2009).

#### 4.5.2 Fuentes de acidez en el suelo

La acidez de los suelos proviene de fuentes como:

**MO:** la materia orgánica contiene grupos carboxílicos y fenólicos que al disociarse liberan iones  $\text{H}^+$  a la solución del suelo, el efecto de la materia orgánica depende de la cantidad presente, y de las condiciones de agua y temperatura. La

producción del  $\text{CO}_2$  por descomposición microbial de la materia orgánica reacciona con el agua para formar ácido carbónico, generando acidez al suelo. Sin embargo, el  $\text{CO}_2$  generalmente reacciona con las bases de cambio debido a su solubilidad, produciendo bicarbonatos de Ca y Mg ocasionando incremento en el valor del pH el suelo, como se muestra en las reacciones 2 y 3.



Z: Materia orgánica.

**Remoción de nutrientes por la planta:** la planta para mantener el equilibrio con las bases de cambio que adsorbe libera iones  $\text{H}^+$  por la raíz, lo cual contribuye a aumentar la acidez en Los suelos.

**Fertilizantes nitrogenados y azufre:** La aplicación de fertilizantes nitrogenados como sulfato de amonio, o de urea que al hidrolizarse generan  $\text{NH}_4^+$  pueden generar o incrementar la acidez en los suelos (Burbano, 2013). Como se muestra en las reacciones 4 a 9



**Aluminio Intercambiable:** Uno de los principales factores en el desarrollo de la acidez del suelo es la presencia de  $\text{Al}^{+3}$  en la solución del suelo. Los iones  $\text{Al}^{+++}$  se hidrolizan para formar complejos monoméricos hidroxialuminicos.

Las formas de aluminio que se consideran toxicas para la mayoría de las plantas son:  $\text{Al}^{+3}$  y  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$

El contenido de aluminio puede evaluarse como se encuentra consignado en la tabla 4.

Tabla 4. Evaluación del contenido de Al intercambiable (Silva, 2000)

Al intercambiable	Evaluación	Efectos
< 1,5 meq	Bajo	No toxico
1,5 – 3,0 meq	Medio	Moderadamente toxico
> 3,0 meq	Alto	Muy toxico

#### 4.5.3 Tipos de acidez en el suelo (Burbano,2013):

En el suelo se distinguen varios tipos de acidez, dependiendo de los iones que la producen, los cuales requieren diferentes métodos para cuantificarlas:

**Acidez Activa:** Se refiere a la presencia de iones  $H^+$  en la solución del suelo provenientes de diferentes fuentes. Se determina potenciométricamente y hace referencia al pH

**Acidez Intercambiable:** Es el aluminio intercambiable e hidrogeno intercambiable retenidos en los coloides del suelo por fuerzas electrostáticas.

**Acidez no Intercambiable:** Hidrogeno en enlace covalente en la superficie de los minerales arcillosos de carga variable.

**Acidez Potencial:** Se refiere a la acidez intercambiable más acidez no intercambiable.

#### 4.5.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la medida de la capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo. Esta propiedad es la que define la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo. Los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos del suelo, como la lixiviación, evitando así que se pierdan nutrientes indispensables para las plantas. Además, como la retención se hace superficialmente obedeciendo a deferencias de carga electrostática, los cationes adsorbidos pueden ser intercambiados por otros de la solución del suelo, convirtiéndose en cationes intercambiables, necesarios en los procesos de nutrición de la planta (Burbano, 2013).

Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$  (las bases del suelo) y  $NH_4^+$ .

La CIC del suelo se expresa en  $cmol (+) kg^{-1}$  de suelo o en  $meq (100 g de suelo)^{-1}$ , ambas unidades son numéricamente iguales y depende de la cantidad y tipo de coloides presentes.

De acuerdo con la CIC Calculada para cada tipo de suelo se puede dar una clasificación como se muestra en la tabla 5 (Silva,2000):

Tabla 5. Interpretación CIC de acuerdo al contenido en el suelo (Silva,2000)

Contenido	Interpretación
< 6	Muy Débil
6-10	Débil
10-20	Normal
20-30	Elevada
> 30	Muy Elevada

#### 4.5.5 Bases de cambio

**Potasio:** Es un elemento móvil en la planta y por tal razón la característica principal de la deficiencia se nota en las hojas viejas o inferiores. Los efectos son localizados con manchas o clorosis, los bordes y las puntas de las hojas presentan una clorosis amarilla anaranjada.

El potasio se encuentra en el suelo en forma iónica como  $K^+$  en la solución del suelo como catión intercambiable, participa en la estructura de las micas y en las arcillas tipo 2:1, que se encuentran en los suelos poco intemperados, bajo condiciones de buen drenaje, el K intercambiable es proporcionalmente más bajo que el Ca y Mg intercambiables, pero puede ser mayor igual o menor al contenido de Na dependiendo si se trata de un suelo ácido, neutro o sódico.

En suelos como los de Colombia existe la posibilidad de que el K de la forma intercambiable pase a formas no intercambiables en especial en suelos de zonas templadas donde el equilibrio entre el K intercambiable y no intercambiable se encuentra bien definido (Silva, 2000). Los niveles permitidos de calcio en los suelos se encuentran consignados en la tabla 6.

Tabla 6. Niveles críticos para la interpretación de la disponibilidad de K en Colombia (Silva,2000)

Tipos de suelos	Cultivos	Niveles críticos de K meq/100g.		
		Bajo	Medio	Alto
Agrícolas	La mayoría	< 0.15	0.15 -0.30	> 0.30
Agrícolas	Papa y hortalizas	< 0.30	-	> 0.30
Cafeteros	Cafeto Producción	< 1.20	-	> 1.20
Cafeteros	Cafeto	< 0.35	-	> 0.35



Continuación tabla 6.

Valle del Cauca	Algodón	< 0.25	0.25 – 0.35	> 0.35
Valle del Cauca	Caña de azúcar	< 0.15	0.15 – 0.30	> 0.30
Tolima, Huila y Cundinamarca	Algodón	< 0.30	0.30 – 0.40	> 0.40
Costa atlántica	Algodón	< 0.45	-	> 0.45
	%Saturación de K	<2	2-3	> 3

**Calcio:** El calcio es absorbido por la planta como catión divalente, se le considera poco móvil, su deficiencia se manifiesta en zonas de crecimiento activo como puntas de raíces, partes meristemáticas. Los niveles de Ca en cosecha son menores que los de potasio y en general se necesitan entre 20 y 150 Kg de Ca por hectárea, el suministro debe ser continuo ya que su deficiencia puede presentarse en un período muy corto.

El contenido en el suelo es expresado como CaO, y generalmente siempre es menor a 1%, excepto cuando se presenta como carbonato de calcio o sulfato de calcio. (Silva,1990).

Las plantas absorben el  $\text{Ca}^{2+}$  de la solución del suelo, forma que debe estar en equilibrio dinámico con el calcio intercambiable. Reacción 10

**Ca-int  $\longleftrightarrow$   $\text{Ca}^{2+}$  solución.** (Reacción 10)

El equilibrio se alcanza casi instantáneamente y la cantidad de calcio en solución es muy pequeña comparada con el intercambiable, a pesar de las dificultades para evaluar la disponibilidad del calcio, se ha encontrado, en varios casos que el calcio intercambiable es la fracción que más correlaciona con el elemento en la planta. (Silva, 1990; Fassbender y Bornemisza, 1987). Los niveles críticos para el contenido de calcio en suelos se encuentra consignado en la tabla 7.

Tabla 7. Niveles críticos para el calcio (Silva, 2000)

Parámetro	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Ca - int.	Meq/100g.	Menos de 3	3 – 6	Más de 6
Sat Ca	%	menos de 30	30 – 50	Más de 50
ICA				
Ca - int.	Meq/100g.	Menos de 3	3 – 6	Más de 6
Sat Ca	%	Menos de 15	15 – 40	Más de 40

**Magnesio:** Es absorbido como catión divalente, es móvil dentro de las plantas pero hacia arriba, es constituyente de la clorofila, activador de reacciones que llevan a la fosforilación, la absorción de magnesio por las cosechas es menor que la del calcio, de menos de 10 a 25 Kg/ha, la deficiencia se nota en suelos arenosos o en suelos que tienen bajo nivel de magnesio en comparación con el potasio y a veces con el calcio. Su deficiencia también se presenta en suelos ácidos y en suelos ácidos sometidos a encalados excesivos con carbonato de calcio. El calcio se asocia con el hierro en los minerales primarios para construir los minerales ferromagnesianos, estudios han demostrado que el magnesio se elimina más fácilmente que el calcio, debido a que permanece más fuertemente unido al carbonato por lo que es más fácilmente lixiviado (Silva,2000).

La cantidad de magnesio absorbida por la planta depende del Mg-int, de su grado de saturación, del tipo de arcilla y de la naturaleza de los otros iones intercambiables. Algunos valores de niveles críticos establecidos para magnesio se encuentran consignados en la tabla 8.

Tabla 8. Valores críticos para magnesio (Silva, 2000)

Parámetro	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Mg - int.	Meq/100g.	Menos de 1.5	1.5 - 2.5	Más de 2.5
Sat Mg ICA	%	menos de 15	15 - 25	Más de 25

**Sodio:** Los suelos sódicos tienen alta cantidad de sodio intercambiable, el exceso de este tiene efectos adversos sobre la planta, la toxicidad generada por el sodio inhibe el crecimiento de las plantas así como la estructura del suelo, el alto contenido de sodio en un suelo disminuye la producción de un cultivo.

En los suelos con alto contenido de este elemento las partículas de arcilla tienden a dispersarse, pues las fuerzas electrostáticas que unen estas arcillas son dispersadas por los iones de sodio, estas partículas de arcillas se mueven por la estructura del suelo ocasionando un taponamiento de los poros , y como consecuencia de esto, se da la infiltración del agua a través del suelo, la movilidad del agua por el suelo se reduce, y por tanto los suelos tienden a inundarse, cuando esto sucede los suelos se hinchan , y se endurecen cuarteándose cuando ya están secos. El daño ocasionado a la estructura del suelo reduce la disponibilidad del oxígeno y la capacidad de oxigenación radículas reduciendo el crecimiento de las plantas (Fassbender y Bornemisza,1987; Silva,2000).

La cantidad de sodio en suelos ácidos se encuentra en un rango de 1meq/100g de suelo, para suelos arcillosos el porcentaje debe ser <15%.

#### 4.5.6 Carbono orgánico y materia orgánica del suelo

El contenido de materia orgánica del suelo depende del aporte de materiales orgánicos que se haga al suelo, así como de la velocidad con la cual estos se descomponen, la cantidad de materia orgánica que se aporta al suelo es bastante variable y depende sensiblemente del tipo de cobertura vegetal ( Burbano, 2013).

#### Importancia de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica, tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo como:

Favorece la formación, aumenta el tamaño y estabilidad de los agregados, aumenta la cantidad de macroporos, aumenta el volumen de aireación y mejora la circulación del aire, aumenta la velocidad de circulación del agua dentro del suelo, aumenta la capacidad de retener agua sobre todo a bajas tensiones o si el suelo es arenoso, aumenta la friabilidad, disminuye la pegajosidad, la plasticidad y el encostramiento superficial; con esto se facilita laborar el suelo, ya que éste le opone menor resistencia a los implementos y a las máquinas; también en este sentido tiene efectos económicos al requerirse menos potencia y menos gasto de combustible, disminuye la susceptibilidad del suelo a la erosión, oscurece el suelo facilitando su calentamiento, con lo cual mejora la germinación de las semillas, el desarrollo radicular y, en general, la nutrición de la planta, puede ocasionar fijación de algunos elementos menores; la disponibilidad de algunos nutrientes se puede ver reducida debido a la formación de complejos estables en los cuales se ven involucrados, como es el caso de la formación de quelatos con Cu, Mn, Zn, Fe, entre otros, o a procesos de adsorción selectiva de algunos iones.

De acuerdo a parámetros como la temperatura y la altitud del suelo, la materia orgánica y el carbono orgánico del suelo se puede clasificar como se muestra en las tablas 9 y 10.

Tabla 9. Carbono de acuerdo al clima y la altura sobre el nivel del mar % (Silva, 2000)

Clima	Altura	Medio
Frío	Alta	2.9-5.8
Medio	Media	1.74 – 2.9
Cálido	Baja	1.16 - 2.32

Tabla 10. Materia orgánica de acuerdo al clima y la altura sobre el nivel del mar %.(Silva, 2000)

Clima	Altura	Bajo	Medio	Alto
Frío	Alta	< 5	5 - 10	> 10
Medio	Media	< 3	3 – 5	> 5
Cálido	Baja	< 2	2 – 4	> 4

#### 4.5.7 Nitrógeno

El nitrógeno se encuentra en el suelo principalmente en forma orgánica, el resto se encuentra en las formas inorgánicas de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , bajo condiciones de buena aireación, y con pH no muy bajos el  $\text{NH}_4^+$  se convierte rápidamente en  $\text{NO}_3^-$ .

El nitrógeno disponible para las plantas se ve afectado por factores como: los residuos de materia orgánica de cultivos anteriores, la relación C/N de los residuos de materia orgánica del suelo, y factores tales como la aireación, la humedad, la temperatura y la reacción del suelo.

El nitrógeno total es el que se determina por varios métodos en el laboratorio, especialmente se utiliza el método de Kjeldhal, y presenta una relación estrecha con el clima, especialmente en Colombia, donde a mayor altura sobre el nivel del mar hay un mayor contenido de materia orgánica en el suelo, por lo tanto se puede hacer una estimación del nitrógeno total del suelo teniendo en cuenta el clima y la altitud como se muestra en la tabla 11 (Silva, 2000).

Tabla 11. Estimativo de N de acuerdo al clima y altitud % (Silva, 2000).

Clima	Altitud	Bajo	N total, % Medio	N total, % Alto
Frío	Alta	< 0.25	0.25 – 0.50	>0.5
Medio	Media	< 0.15	0.15 – 0.25	>0.25
Cálido	Baja	< 0.10	0.10 – 0.20	>0.20

#### 4.5.8 Relación C/N

Son parámetros utilizados en la caracterización del nitrógeno y sus relaciones con la materia orgánica del suelo. Para su cálculo se consideran, por lo general, los valores de nitrógeno total, los valores de la relación C/N varían entre 8 y 14. Los valores bajos encontrados en algunos suelos, se explican por la presencia de mayores cantidades de nitrógeno inorgánico y de manera especial de  $\text{NH}_4^+$  fijado en minerales arcillosos (Silva, 2000).

Una relación C/N < 10 se puede clasificar como baja, esto se debe a una alta mineralización, una relación de 10-14 se considera media, lo que equivale a una mineralización normal, una relación >14 es considerada alta, esto ocurre porque el proceso de mineralización es lento, y hay poco aporte de nutrientes. (Fassbender y Bornemisza, 1987; Silva, 2000)

#### 4.5.9 Fósforo

El fósforo es un elemento de muy baja movilidad en el suelo, el cual se encuentra como ortofosfatos que son formas derivadas del ácido fosfórico. En la fase sólida del suelo el fósforo se encuentra combinado formando compuestos principalmente con el Fe, Al, Ca y con la materia orgánica. Pero también forma complejos con Mg, K,  $\text{NH}_4^+$  y otros cationes. El más alto porcentaje de fósforo total que hay en el suelo se encuentra en forma orgánica y parte de este puede ser liberado cuando la materia orgánica se mineraliza, pero también puede ser inmovilizado cuando por procesos microbiológicos pasa de inorgánico a formar parte de compuestos orgánicos. (Fassbender y Bornemisza, 1987 ;Silva, 2000)

**Fósforo disponible para las plantas:** Los fosfatos que se encuentran en la fase sólida del suelo constituyen el factor de capacidad, que indica la capacidad del suelo para suministrar fósforo a la solución del mismo.

Las plantas absorben P de la solución del suelo, siendo el P el único que se encuentra inmediatamente disponible para las plantas, el fósforo en la solución del suelo se encuentra en forma de iones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y secundario  $\text{HPO}_4^{2-}$ , ambos pueden ser tomados directamente por las raíces de las plantas. La abundancia de estos dos iones depende del pH del suelo siendo casi iguales a pH 7.0 y aumentando el ion primario a medida que el pH es más ácido, y bajando cuando el pH aumenta. (Silva, 2000)

En Colombia el método que se emplea para la determinación de fósforo en suelos comúnmente es el de BRAY II, de acuerdo con los resultados del análisis se puede hacer una estimación del nivel de fósforo como se muestra en la tabla 12:

Tabla 12. Clasificación de niveles de P en suelos (Silva, 2000).

P EN EL SUELO ppm	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/Ha)	CLASIFICACIÓN
< 15	< 70	BAJO
15-30	70-140	MEDIO
> 30	> 140	ALTO

#### 4.6 ANÁLISIS PROXIMAL

La importancia de realizar un análisis proximal a un determinado alimento radica en la importancia de conocer el valor energético de dicho alimento, así como para dar un reporte del estado general en que se encuentra.

La primera parte consiste en el muestreo, que depende del tipo de alimento a analizar. Para frutas y vegetales se debe tener en cuenta que el contenido de azúcar, ácidos y agua, varían dependiendo de la cantidad de luz durante el periodo de crecimiento, del suelo, del clima, del grado de maduración y de las condiciones de almacenamiento y su duración, por lo que debe hacerse la

recolección del fruto al azar, tratando de abarcar todo el sector donde se encuentran las muestras.

#### **4.6.1 Preparación de la muestra**

Depende en gran parte del tipo de alimento a analizar, en el caso del análisis de frutos, lo primero que se realiza es pelar, despulpar y homogenizar, para la conservación de las muestras se debe tener en cuenta que el alimento puede absorber humedad, es por ello que se almacena en frascos de vidrio o frascos plásticos con tapa, rotulados y posteriormente son refrigerados.

#### **4.6.2 Determinación de humedad o sustancias volátiles**

La mayoría de los métodos para la determinación del contenido de agua en alimentos se basan en la medición de la pérdida de peso debido a la evaporación de agua a la temperatura de ebullición o cerca de ella, la temperatura empleada varía desde 70°C para alimentos que tengan una porción elevada de azúcar hasta 110°C para otro tipo de alimentos.

Es fundamental conocer el estado de humedad de un alimento debido a que este nos indica la estabilidad y calidad (Castañeda, 2011).

La humedad determinada por gravimetría se puede calcular como se muestra en la ecuación 1:

$$\%H = [(B-C)/A]*100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

A= peso muestra húmeda en gramos

B= peso del crisol + muestra húmeda en gramos

C= peso de crisol + muestra seca en gramos

#### **4.6.3 Materia seca**

Se denomina al resultado de evaporar un alimento a 105°C por 24 horas en una estufa, este parámetro varía con el grado de madurez del fruto, la materia seca contiene todos los nutrientes excepto agua, y se calcula como se muestra en la ecuación 2.

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - \text{Humedad} \quad (\text{Ecuación 2})$$

#### **4.6.4 Determinación porcentaje de cenizas**

Las cenizas de los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que se obtiene después de que la materia orgánica se ha calcinado a 550°C. pueden haber pérdidas por volatilización o interacción entre los constituyentes.

En general las cenizas se componen de carbonatos originados de la materia orgánica y no propiamente de la muestra; en las cenizas vegetales predominan los derivados del potasio y en las animales las de sodio. El carbonato de potasio se volatiliza apreciablemente a 700°C y se pierde casi por completo a 900°C, por lo tanto la determinación debe hacerse aumentando progresivamente la temperatura del horno, hasta alcanzar el rojo oscuro aproximadamente a 550°C (Hoyos y Velez, 2001). El porcentaje de cenizas se calcula como se muestra en la ecuación 3.

$$\%C = [(B-C)/A]*100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

A= peso de la muestra

B= peso crisol con cenizas

C= peso del crisol vacío

#### 4.6.5 Proteína

El término proteína bruta se aplica a gran número de compuestos nitrogenados clasificados como alimentos plásticos, estructuralmente son polímeros cuyas unidades básicas son aminoácidos, unidos por un enlace característico que recibe el nombre de enlace peptídico. La secuencia de grupos aminoácidos caracteriza a una proteína y las propiedades físicas, químicas y nutricionales dependen de la composición de los aminoácidos de la molécula proteica y de la forma como se enlazan para conformar su estructura, el porcentaje de proteína se determina por el método de Kjeldahl (Hoyos y Velez, 2001). Se calcula de acuerdo a la ecuación 4.

$$\% \text{ Proteína} = [(V*N*0,014*100)/PM]*F \quad (\text{Ecuación 4})$$

V = mL de HCl gastado en la titulación

N= normalidad del HCl

PM= peso de la muestra en gramos

0,014= peso de un miliequivalente de nitrógeno

F= factor de conversión de nitrógeno a proteína (depende del alimento)

#### 4.6.6 Grasa cruda o extracto etéreo

Es una estimación de la fracción lipídica de un alimento, aunque incluye otras sustancias no lipídicas como vitaminas liposolubles (A, D, K), algunos pigmentos y ciertas hormonas. La determinación se realiza mediante un extractor soxhlet.

Se llama grasa cruda a la fracción separada del material seco por extracción en forma directa con solventes orgánicos como: éter de petróleo, éter etílico, acetona, cloroformo, hexano etc. (Castañeda, 2011). Se calcula como se muestra en la ecuación 5:

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = [(MG-M)/W]*100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

MG = peso del matraz con grasa

M = peso del matraz

W = peso de la muestra seca

#### 4.6.7 Fibra

También se denomina fibra bruta, constituye un índice de las sustancias presentes en los alimentos de origen vegetal cuyo valor alimenticio es igual al del heno. Está constituida fundamentalmente por celulosa, lignina y pentosas, suberina, cutina, alginatos y pectinas; constituyentes juntos con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas, de las estructuras celulares de los vegetales, aunque no posee un valor nutritivo apreciable, su función en el tracto intestinal es la de aumentar el volumen de las materias nutritivas y estimular el peristaltismo intestinal. Se determina por digestión ácido-básica (Hoyos y Velez, 2001). Se calcula según la ecuación 6.

$$\%FC = [(W_1 - W_2)/W_0]*100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

$W_0$  = peso de la muestra desengrasada en gramos

$W_1$  = peso del crisol + muestra digestada y seca – peso del papel filtro

$W_2$  = peso del crisol + cenizas

#### 4.6.8 Carbohidratos

El contenido de carbohidratos en una muestra de alimento se puede encontrar como la diferencia del cien por ciento y el resto de parámetros calculados. Como se muestra en la ecuación 7.

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteína} + \% \text{ fibra}) \quad (\text{Ecuación 7})$$

#### 4.6.9 Azúcares reductores

Para la determinación de azúcares reductores generados de la hidrólisis de almidón, se utilizan distintos métodos. Un ensayo ampliamente practicado, recomendado por la IUPAC es el método del reactivo DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico), la reacción que se genera a partir del DNS es la reducción de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) de color amarillo a 3-amino-5-nitrosalicílico (ANS) de color rojo. Así, durante este proceso, el grupo aldehído del azúcar reductor se oxida para formar su respectivo grupo carboxílico bajo condiciones alcalinas.

El fundamento de esta técnica consiste en la oxidación de la glucosa, que en solución acuosa se encuentra en forma cíclica muy estable, por esta razón es necesario calentar la muestra para generar la apertura del anillo, dejando



expuesto el grupo aldehído donde se produce la reacción. Para que se dé adecuadamente la reacción es necesario un medio alcalino adicionando NaOH, en la solución acuosa se ioniza liberando Na<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> en el medio de reacción permitiendo la oxidación de la glucosa (López, 2014)

#### **4.7 PASSIFLORA EN COLOMBIA**

El género *Passiflora* comprende alrededor de 450 especies, éstas se distribuyen en las regiones templadas y tropicales desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a 3000 m.s.n.m.

Las plantas son bejucos que crecen a través de un sistema de tutorado y con zarcillos auxiliares, el tallo tiene características leñosas y herbáceas en las zonas distales, son escaladas y muy raramente arborescentes, hojas alternas, a veces simples, enteras, lobuladas o palmadas, las estipulas germinan a la base de los peciolos.

El género *Passiflora* constituye una enorme riqueza, tanto a nivel económico, como nutricional y de recursos genéticos. Algunas *Passifloras* tiene propiedades sedativas, antiespasmódica y antibacteriales. Es bien conocido por sus usos comerciales, muchas especies son ampliamente cultivadas para la producción de frutas.

Colombia es el segundo país con mayor biodiversidad en el mundo. Además presenta una larga tradición en la producción de diferentes especies de *Passiflora*, también se constituye como el país con mayor número de especies comercializadas de frutas de la pasión. El último estudio registró 141 especies de la familia *Passifloraceae* distribuidas en todas las regiones biogeográficas, 48 de ellas están ubicadas principalmente en la región andina y son endémicas de Colombia. (Carvajal et al, 2011; Eljach, 2009)

#### **Tipos de *Passiflora* en Colombia**

A continuación se describe brevemente los tipos de *Passiflora* con mayor incidencia en Colombia:

#### 4.7.1 *Passiflora Edulis* (Maracuyá)

El maracuyá pertenece a la familia de las *pasifloras*, sus plantas son trepadoras, leñosas, vigorosas, con tallos verdes y acanalados en la parte superior, zarcillos axilares más largos que las hojas enrolladas en la parte superior, se conocen dos especies botánicas: *P.Edulis var.Flavicarpa Degener*, de frutos con pericarpio amarillo, de forma alargada con coloración purpura intenso, y hojas y tallos, zarcillos y semillas color marrón oscuro como se aprecia en la figura 3.



Figura 3. *Passiflora Edulis* fuente 1. [www.21food.com](http://www.21food.com)

*La Passiflora Edulis Sims* presenta a su vez pericarpio purpura y hojas, zarcillos y tallos de color verde claro con algunas trazas de purpura o rosado. El maracuyá se cultiva comercialmente en 19 departamentos de Colombia, siendo Huila, Valle del Cauca, Córdoba y Meta los principales tanto en área como en producción, este fruto tiene buena aceptación en los mercados internacionales. (Jaramillo, 2009). La composición nutricional es consignada en la tabla 13 (Cordoba, 2010):

Tabla 13. Composición nutricional maracuyá (Cordoba, 2010)

Componente	Cantidad
Valor energético	78 calorías
Humedad	85%
Proteínas	0,80%
Grasas	0,60%
Carbohidratos	2,4 g
Fibra	0,2 g
Cenizas	Trazas

#### **4.7.2 *Passiflora Mollissima* Bailey (Curúba). (Reina, 1995)**

La curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) es una especie originaria de la zona andina (Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). El nombre *mollissima*, que significa muy suave, muy blando, hace referencia a sus frutos blandos y al vello delicado que cubre todos los órganos vegetativos de la planta figura 4.



Figura 4. *Passiflora Mollissima* fuente Mauricio Bernal

La *Passiflora mollissima* es sin duda la más importante de las curubas en Colombia, llamada en algunas partes curuba de Castilla. Puede distinguirse de muchas otras especies del subgénero por las ramas anguladas, no redondeadas, las hojas con indumento denso, corto y blando con los pelos amarillos y un tubo polínico; Además es de mucho valor en experimentos genéticos.

El fruto maduro es amarillo verdoso como se aprecia en la figura 4, La planta es una enredadera de tallo muy vellosa, provista de zarcillos mediante los cuales se fija y sostiene en árboles y cercas de hojas aserradas en los bordes y vellosas en la superficie, la flor presenta una bráctea cilíndrica de color verde, vellosa por fuera y con tres lóbulos. El cáliz es tubuloso, glabro exteriormente, de unos 8 cm de longitud, blanquísimo por dentro y verde exteriormente; la porción libre es oblonga, verde, con los bordes rojizos y una línea saliente en el envés que termina debajo del ápice de un pequeño filamento.

La flor presenta una bráctea cilíndrica de color verde, vellosa por fuera y con tres lóbulos. El cáliz es tubuloso, de unos 8 cm de longitud, blanco por dentro y verde exteriormente, la porción libre es verde, con los bordes rojizos y una línea saliente, Los pétalos son rojos.

En Colombia sus cultivos se localizan a lo largo de las tres cordilleras, en especial en la Oriental y Central, y con el correr de los años, específicamente a partir de los años cincuenta, se han venido estableciendo plantaciones comerciales, actualmente, en Colombia, según el Plan Frutícola Nacional, el área sembrada de curuba corresponde a unas 1.824 ha, destacándose los departamentos de Boyacá (1.122 ha) y Cundinamarca (110 ha), reportando rendimientos de 8 toneladas por hectarea. El cultivo de la curuba ofrece muchas expectativas debido a la gran aceptación de este producto en el mercado externo, la tendencia de los países desarrollados al consumo de frutas exóticas, hace que este producto sea tipo exportación.

La composición nutricional se reporta en la tabla 14:

Tabla 14. Composición nutricional curuba. (Reina, 1995).

Composición	Contenido
Calorias	25,0
Agua	92 g
Proteinas	0,6
Grasa	0,1 g
Carbohidratos	6,3 g
Fibra	0,3 g
Cenizas	0,7 g

#### 4.7.3 *Passiflora liguaris* (Granadilla común)

La granadilla pertenece a la familia *passifloracea* que reúne gran cantidad de especies que se encuentran distribuidas desde casi el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 2000 msnm. Se caracteriza por la gran diversidad de formas de las hojas y de flores preciosas y otras características muy peculiares de cada especie, como son: color de las flores, tamaño, forma y aroma que producen como se muestra en la figura 5.



Figura 5. *Passiflora liguaris* fuente [www.ingredienttrade.com](http://www.ingredienttrade.com)

La granadilla es originaria de América del sur y se cultiva en países como: Ecuador, Peru, Bolivia y Colombia.

La planta se desarrolla como un bejuco trepador y enredador semileñoso, sus raíces son fibrosas y ramificadas, el tallo es cilíndrico, de coloración amarillo verdoso y de coloración clara en estado adulto, el tallo posee estructuras como zarcillos con los cuales se enreda y trepa, además de ser el soporte de la planta cumple con la función de almacenar agua. (Bernal y Cabrera, 2006).

Las condiciones agroecológicas para el desarrollo del fruto son reportadas en la tabla 15.

Tabla 15. Condiciones agroecológicas granadilla (Bernal y Cabrera, 2006).

<b>Altitud</b>	<b>m.s.n.m</b>	<b>1800-2200</b>
Radiación	H/día	8
Temperatura	°C	14-20
Humedad	%	70-80
Pendiente	%	< 30
Textura		Franca Franco-arenosa Franco-arcillosa
Nivel de N	Kg/Ha	120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Kg/Ha	18
K <sub>2</sub> O	Kg/Ha	170
pH		5,5 – 6,5
Vida útil	Años	6

La planta se propaga por semilla y por el método de la estaca, las semillas se extraen del fruto, se dejan en agua por 6 días, para extraer con mayor facilidad el mucilago.

Las características nutricionales de la granadilla se consignan en la tabla 16, los valores registrados son tomados del banco de datos de la Secretaria Técnica Cadena Frutícola del Huila (SEDAM).

Tabla16. Composición nutricional de la granadilla (SEDAM).

<b>Composición</b>	<b>Contenido</b>
Humedad	86%
Proteína	1,1%
Carbohidratos	11,6%
Cenizas	0,1%
Grasa Total	46
Fibra	20 mg

#### **4.7.4 *Passiflora Popenovii* Killip o Granadilla de Quijos**

En realidad existe muy poca bibliografía acerca de este tipo de granadilla, se conocen datos muy generales, y como ya se mencionó desde el inicio este es el objetivo del trabajo, conocer las condiciones de cultivo y desarrollo, así como su composición química y nutricional.

La *Passiflora popenovii* es conocida popularmente como “granadilla de Quijos” en las regiones del Cauca, Nariño y Ecuador., es un fruto presente en nuestro país que tiene características de frutales marginados, impidiendo su difusión y conocimiento a más regiones del país, lo que conlleva a restringir su consumo y aporte económico.

La granadilla de Quijos es una especie del sur de Colombia y centro-norte del Ecuador, originarias de pisos térmicos templados. Debido a su buen tamaño y agradable sabor, que le hace muy apetecida, es objeto de cultivo y cosecha con aprovechamiento comercial. Se usa principalmente como alimento, se come directamente el fruto sin ningún tipo de preparación (Eljach, 2009).

En la literatura existen reportes de ejemplares de plantas de esta granadilla en Ecuador, Nariño y principalmente en el Cauca a una altura de 1200 a 2200 m.s.n.m.

Dentro del trabajo de campo, se determinó que los dos municipios del Cauca con mayor producción de granadilla de quijos son El Tambo y Timbío.

De acuerdo con la narración de algunos de los dueños de las fincas más productoras, la granadilla de Quijos tiene poderes curativos, para enfermedades del aparato digestivo como: gastritis, reflujo gástrico y colon irritable, también existe la creencia que para la siembra de las plantas, se debe hacer por medio de bejucos, que son cortados de las mismas plantas y sembrados solamente el día jueves de semana santa, los habitantes de estos municipios aseguran que de no hacerse de esta manera la planta nunca se va a desarrollar, además aseguran que existe diferencia entre las granadillas de El Tambo y de Timbío.

**Características físicas:** en la figura 6 se muestra que la *Passiflora popenovii killip* presenta un fruto de forma ovalada, de color amarillo claro que una vez cosechado se torna amarillo más oscuro, es de tamaño medio, el tamaño se encuentra entre los 8 cm de largo y los 6 cm de ancho; enseña un epicarpio tenuemente coriáceo; mesocarpo de consistencia carnosa-esponjosa y con un color entre crema y amarillento; la cascara es semidura en comparación con la granadilla común, tiene un sabor dulce muy agradable al paladar y un aroma característico.



Figura 6. Floración, planta y fruto granadilla Quijos (fuente propia)

Las plantas son lianas o enredaderas que trepan por medio de zarcillos, aunque existen especies arbóreas o arbustivas figura 6.. Sus hojas son alternas y con estipulas. Los pecíolos pueden o no llevar glándulas, las cuales pueden ser sésiles o estipitadas y casi siempre pareadas. Las láminas foliares generalmente son enteras. Algunas especies de *Passiflora* presentan en la lámina unas glándulas llamadas ocelos, que cumplen la función de engañar a las mariposas de la subfamilia *Heliconiinae* que se alimentan de ellas, y evitar así que pongan sus huevos sobre la planta. Las flores son llamativas como se muestran en la figura 6, se caracterizan morfológicamente por tener un androginóforo prominente, con menos frecuencia solamente ginóforo, y en pocas especies el ovario es sésil. Poseen una corona extraestaminal bien desarrollada, que ayuda a atraer polinizadores, aunque en algunas especies se reduce a una fila de pequeños tubérculos o dientecillos (Eljach, 2009).

**Propagación de la planta:** Las técnicas descritas por los campesinos para sembrar la granadilla de quijos se denomina método directo consiste en tomar un bejuco o gajo (tallos flexibles, delgados y elásticos), extracción de bejuco o gajo de la planta para su posterior siembra, y Bejucos extraídos de la planta listo para ser sembrados. Después de ser retirados de la planta, los bejucos se introducen en

un orificio de aproximadamente 20 cm de profundo y 15 cm de radio que previamente se ha realizado en la tierra contiguo a uno de los árboles usado como tutor para el crecimiento de la planta al momento del sembrado es necesario dejar una parte de la planta sobre la superficie (Carvajal et al, 2011).

El número de ramas que se siembra varía de acuerdo a la personas y al interés en el cultivo, hay quienes siembran para producción masiva, y otros solo para expandir los cultivos de las huertas familiares, indicando que se usan desde dos a cinco gajos con la idea de prevenir que si alguno de los bejucos no logra desarrollarse sea reemplazado por otro.

La primera cosecha se inicia a los 8 a 10 meses después de la siembra (Bernal Y Cabrera, 2006)

**Enfermedades de las plantas:** Las plagas que afectan las plantas de la granadilla son especies provenientes de otros cultivos, también provienen de la planta ó árbol que sostiene el bejuco, las especies de insectos afectan el follaje o los frutos, en las hojas se reportan para todas las especies de granadilla insectos masticadores y en los frutos predomina la existencia de insectos barrenadores y masticadores como se observa en la figura 6 (Carvajal *et al*, 2011; Eljach, 2009).



## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El estudio se realizó en los municipios de Timbío y El Tambo, fue necesario la Generación y levantamiento de información primaria de los municipios productores de la granadilla y recopilación de información secundaria espacial, ambiental y agroecológica de producción de granadilla en los municipios.

#### **5.1.1. Municipio de Timbío**

Se encuentra ubicado en la región Andina del departamento del Cauca, dentro de la llamada meseta de Popayán; pertenece al Macizo Colombiano que se encuentra entre las cordilleras central y occidental, al Suroccidente de Colombia. El municipio de Timbío está localizado a 2° 21' 22" de latitud norte ,y 76°41' 16" de latitud oeste, limita al norte con el municipio de Popayán, al Sur con los municipios de Rosas y Sotará, al Oriente con el municipio de Sotará y al Occidente con el Tambo (Ver Figura 7 y Figura 8).El municipio de Timbío tiene una extensión de 20.502,9 ha (205 Km<sup>2</sup>), distribuidas en alturas entre 1000 y 2000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Los pisos climáticos son: piso térmico templado húmedo (TH), con una temperatura que oscila entre 16 y 23°C y una precipitación promedio de 2026.5 mm.

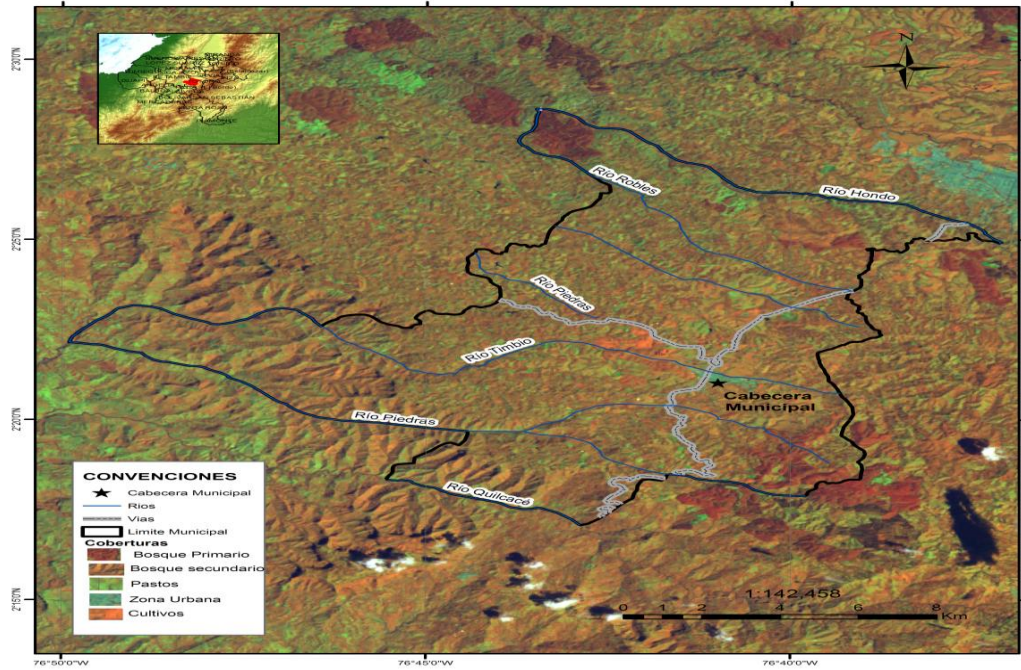


Figura.7 Mapa de Coberturas Municipio de Timbío

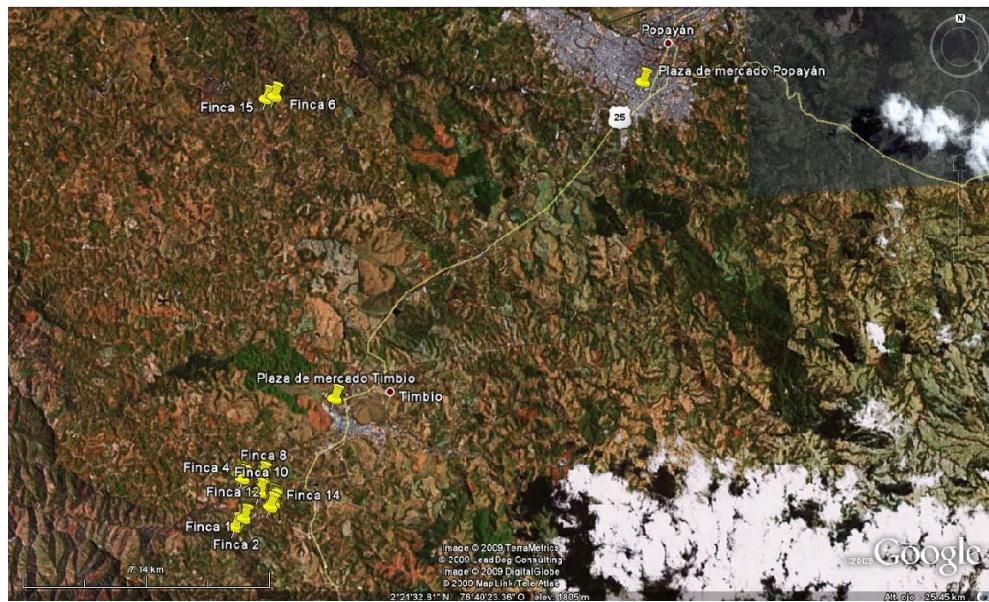


Figura 8. Ubicación fincas experimentales Municipio de Timbío- Cauca

### 5.1.2 Municipio de El Tambo

Se localiza al centro occidente del departamento del Cauca dentro de las coordenadas 2°27'15" de latitud Norte y a 76°40'04" de longitud Oeste. tiene una extensión territorial de 3.280 Km<sup>2</sup> limita al norte con el municipio de López de Micay, al sur con los municipios de Patía, La Sierra y Argelia, al oriente con los municipios de Morales, Cajibío, Popayán, Timbío y Rosas, al occidente con el municipio de Guapi. Tiene una altura promedio de 1.745 m. s. n. m y cuenta con una temperatura media de 18°C con valores máximos de 32°C y mínimos de 5°C y una humedad relativa alta de 80%. Precipitación con una media de 3.000 mm/año (en once años de registro) y 2.042 mm/año (en ocho años de registro). La mayor parte del municipio se ubica en terreno montañoso (en la cordillera occidental), aunque existen zonas planas; hay también elevaciones importantes como los cerros de Altamira, Don Alfonso, Mechengue, Santa Ana, Munchique, y pan de azúcar (figura 9 y 10).



Figura 9.ubicacion geografica municipio El Tambo fuente CRC 2011.



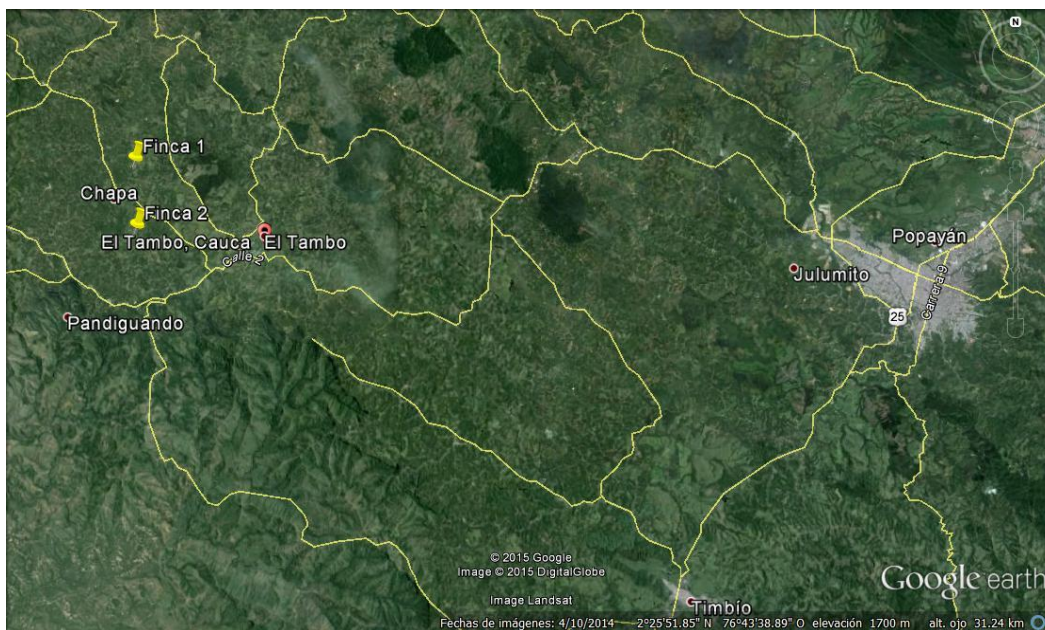


Figura 10.ubicacion veredas El Tambo

## 5.2 FASE DE CAMPO

Una vez levantada la información primaria y secundaria y previas reuniones con los agricultores de las regiones se procedió a hacer un recorrido de diferentes veredas en cada municipio para seleccionar las áreas a muestrear. Se identificaron las fincas con mayor índice de representatividad de las diferentes veredas.

### 5.2.1 Toma de muestra Timbío

Las unidades experimentales se seleccionaron considerando el uso de suelo con cultivo granadilla de Quijos, e inclinación en la zona, en cada vereda (figura 8). Las muestras de suelo se tomaron en el horizonte A correspondiente a una profundidad de 20 cm, Cada parcela se delimitó por una cuadrícula de un determinado tamaño en m<sup>2</sup>, y las unidades de muestreo separadas cada 5 m estuvieron debidamente georeferenciadas usando GPS Garmin 60CS. En cada parcela se tomaron un determinado número de submuestras de 1 Kg para formar la correspondiente muestra compuesta, y además se tomó la temperatura del suelo.

El muestreo se realizó siguiendo un modelo aleatorio estratificado.

**A.** En Timbío se inició con un taller de socialización del proyecto figura 11, al cual asistieron varios agricultores interesados. Se presentó a ellos el Proyecto, la reunión se realizó en la granja experimental del Colegio de la Vereda, las

personas que asistieron hicieron una disertación para contar aspectos de su cultivo y comercialización. Indican que la Granadilla Quijos es un bejuco que se enreda sobre árboles de Pomarroso, Aguacate, Guamo, Níspero y café. Se seleccionó la vereda Santamaría



Figura 11. Taller de socialización (Timbío) fuente propia

**B.** Se identificaron las fincas con mayor índice de representatividad de la vereda (figura 8), se clasifican en 7 Unidades distribuidas a lo largo de la Vereda Santamaría:

- La Loma
- *La Amistad*
- *Miraflores*
- *Centro*
- *Naranjos*
- *Bajo*
- *Las Piedras*

**C.** Se seleccionaron las fincas de muestreo, con base en ubicación geográfica, mayor cantidad de cultivo y distribución en la zona de Santamaría, las cuales se encuentran consignadas en la tabla 17.

Tabla 17. Fincas seleccionadas para el muestreo (Timbío)

<b>FINCA</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>ALTURA (m.s.n.m)</b>
San Luis	Luis Alberto Truque	1820
San Lorenzo	Clemencia Quisoboní	1830
La despensa	Ascención Benavides	1825
El Carmen	Abelardo Garzón	1840

Una vez seleccionadas las fincas a estudiar se definieron las unidades de muestreo y se registran en la tabla 18:

Tabla 18. Unidades de muestreo Timbío.

	San Luis	San Lorenzo	La despensa	El Carmen
Altura (m.s.n.m)	1820	1830	1825	1840
Pendiente del terreno	19° (70%)	13° (60%)	10° (48%)	16° (62%)
Temperatura suelo	12.5 °C	13 °C	12,5 °C	13 °C
Área	1 Hectárea	1 Hectárea	1 Hectárea	1 Hectárea
Unidad de muestreo	Unidad 1: Corresponde al muestreo desde 2°19'49.1"N-76°42'7.6"W a 2°19'41.8"N-76°41'56.1"W con 15 submuestras, <b>Unidad 2:</b> Corresponde al muestreo desde 2°19'41.9"N-76°41'56.1"W a 2°19'47.3"N-76°41'56.7"W (fig 12)	Muestreo en sombra Coordenadas: G30 corresponden al sitio de entrada de la finca G31 corresponde al sitio donde se realizó el muestreo. (fig 13)	Muestreo en sombra Coordenadas G55 corresponden al sitio de entrada de la finca G56 corresponde al sitio donde se realizó el muestreo (fig 14)	Muestreo en sombra Coordenadas G73 corresponden al sitio de entrada de la finca G74 corresponde al sitio de muestreo (fig. 15)
Profundidad del horizonte	≈ 50 Cm	40 Cm	30 Cm	40 cm

En la finca San Luis de acuerdo con la geometría de la zona, se decide muestrear realizando un cuadrado de 5mx 5m, tomando en total 25 submuestras, además de acuerdo a la pendiente se divide el terreno en dos partes: parte alta y parte baja, como se muestra en la figura 12.

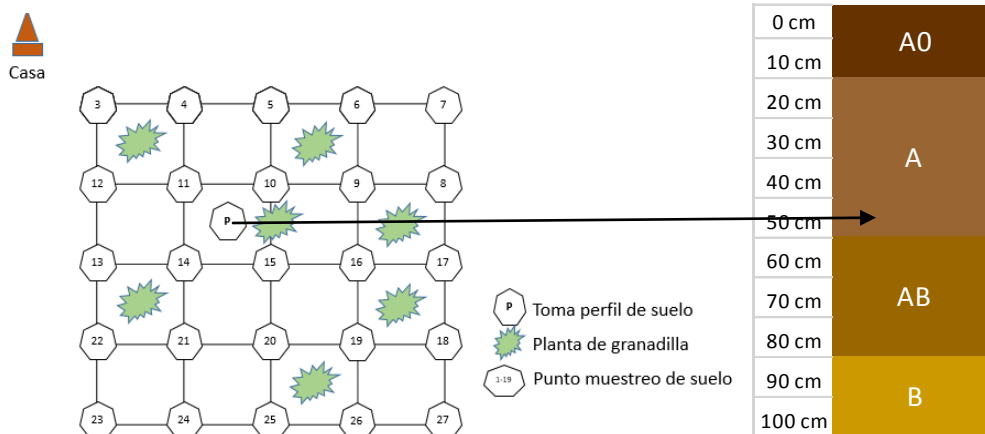


Figura 12. Muestreo y perfil del suelo finca San Luis

Para la finca San Lorenzo, dada la geometría de la zona se decide tomar las muestras en forma de cuadrícula de 5m x 5m tomando un área total de 35m x 15m como se muestra en la figura 13, tomándose en total 17 submuestras.

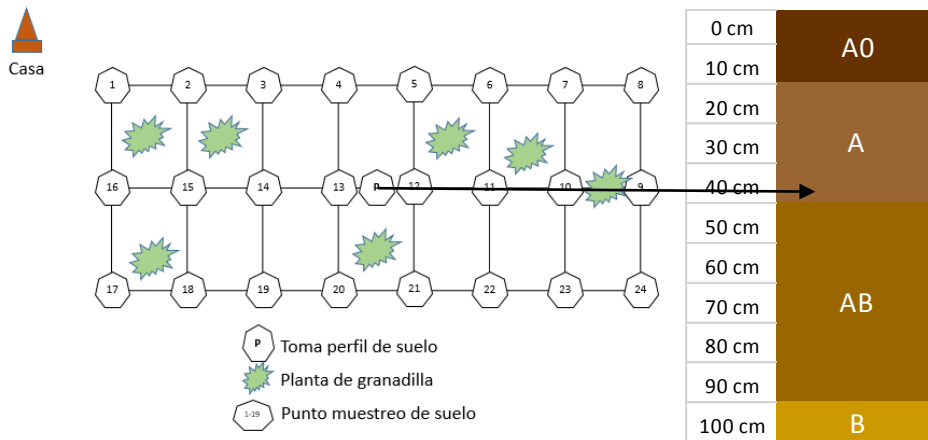


Figura 13. Muestreo y perfil del suelo finca San Lorenzo

Por las condiciones de área y topografía de la finca La Despensa, al igual que la distribución del cultivo de granadilla de Quijos en diferentes sectores de la finca, se tomó un área de trabajo con cuadrícula de 5m x 5m en 9 puntos de muestreo se tomó cuadrícula de 10m x 10 m para 9 puntos de muestreo como se muestra a continuación. Figura 14.

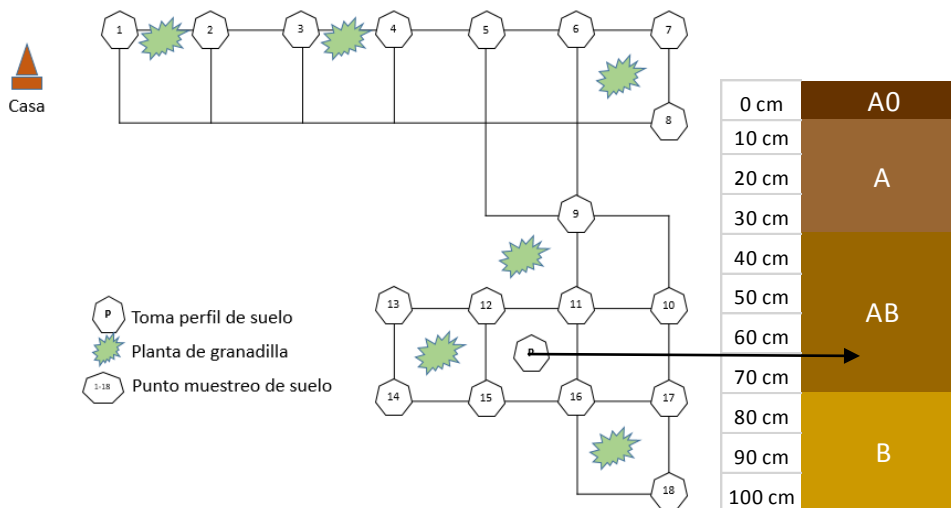


Figura 14. muestreo y perfil del suelo finca La Despensa

Por las condiciones topográficas y distribución del cultivo de la granadilla de Quijos en la finca El Carmen, se tomaron las muestras por cuadrículas de 5m x 5m en diferentes distribuciones como aparece en la figura (15).

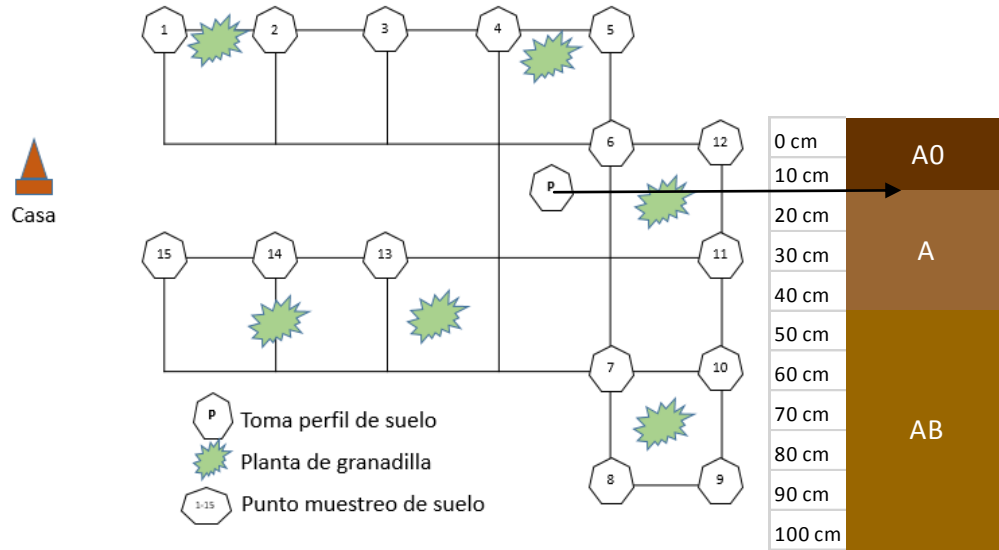


Figura 15. Muestreo y perfil del suelo finca El Carmen

## 5.2.2 Toma de muestra El Tambo

En el Tambo se realizó inicialmente el recorrido, para obtener la información primaria de agricultores que tienen en sus fincas siembra de granadilla. Se identificaron los sitios de muestreo (agroecosistemas de granadilla) con altos índices de representatividad en la zona, correspondientes a las veredas Chapa y Aires de Occidente, en el Corregimiento Fondas, en ambas veredas se socializó el proyecto se hizo el recorrido y se seleccionaron las fincas reportadas en la tabla 19:

Tabla 19. fincas seleccionadas para muestreo (El Tambo)

Finca	Vereda	Propietario	Altura (m.s.n.m)
Las palmas	Chapa	Edgar Iván Montero	1774
El asomadero	Aires de occidente	Tintinago Urbano	1914

Luego de seleccionar las fincas de muestreo de acuerdo con la ubicación geográfica, y la extensión del cultivo de granadilla, se definieron las zonas como se muestra en la tabla 20

Tabla 20. Unidades de muestreo. El Tambo

Finca	Coordenadas	Pendiente del terreno	Temperatura suelo (°C)	Área (hectáreas)	Unidad de muestreo	Profundidad de Horizonte
Las Palmas	N 2° 26' 45"; W 76° 35' 59"			3	2	30 cm
El Asomadero	N 2° 28' 08"; W 76° 53' 47"			1.5	2	30 cm



En la finca Las Palmas se seleccionaron dos zonas de muestreo, debido a la pendiente del terreno, la toma de muestras de suelo se realizó como se muestra en la figura 16.

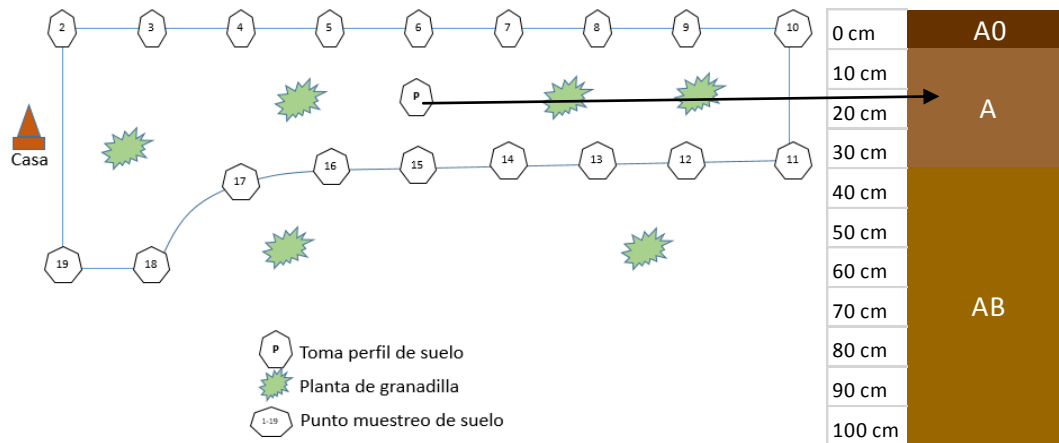


Figura 16 Muestreo y perfil del suelo finca Las Palmas El Tambo.

En la finca El Asomadero, debido a la pendiente del terreno se tomaron dos zonas de muestreo, que fueron divididas como se muestra en la figura 17.

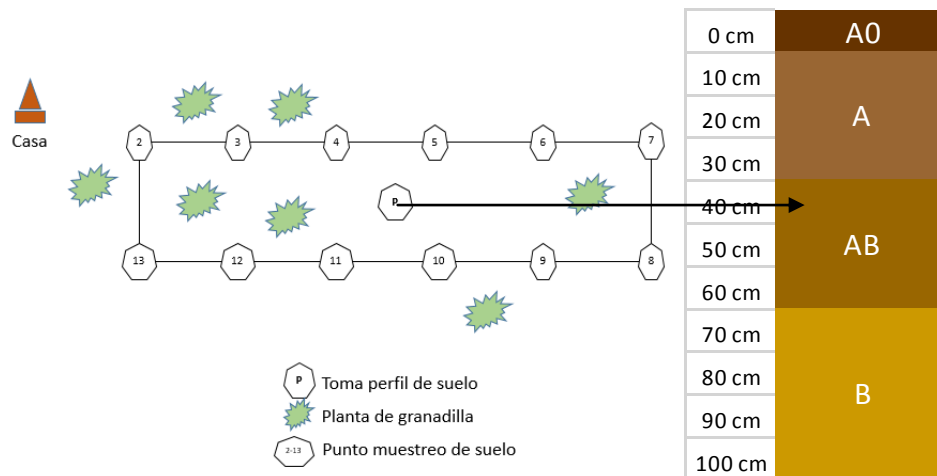


Figura17.Muestreo y perfil del suelo El Asomadero.

### **5.3 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS**

El trabajo experimental se desarrolló en el Laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca, el estudio de las bases de cambio se realizó en el laboratorio ambiental de la CRC de Popayán.

Las muestras se secaron a temperatura ambiente y tamizaron por malla No.10. La caracterización física y química de los suelos se realizó de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC ISO/IEC 17025:2005 siguiendo la metodología descrita por el IGAC (2006) y las metodologías estandarizadas en el Laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca, y comprendieron las siguientes determinaciones:

#### **5.3.1 Humedad higroscópica**

Se determinó mediante el método gravimétrico, se pesan aproximadamente 10 g de suelo seco a temperatura ambiente, y se deja en estufa por un periodo de tiempo de 24 horas a una temperatura de 105°C, con la diferencia de pesos se expresa en porcentaje la humedad de las muestras de suelo en base seca.

#### **5.3.2 Densidad aparente**

Se determinó mediante la toma de muestra en el sitio, en un cilindro de volumen conocido. El cilindro se introduce en el suelo a la determinada profundidad, ejerciendo una presión vertical. Luego se retira el cilindro en forma cuidadosa, se enrasa, se tapa y se lleva al laboratorio a la estufa a 105°C durante 24 horas, el cilindro se retira de la estufa, se deja enfriar a temperatura ambiente y se pesa para obtener la masa de suelo seco, la densidad aparente de las muestras se expresa en  $\text{g cm}^{-3}$ .

#### **5.3.3 Textura**

Se realizó empleando el método de Bouyoucos, este método se fundamenta en la ley de Stokes, y tiene como principio determinar la cantidad de sólidos en suspensión haciendo uso de un hidrómetro, para desarrollar el método se pesaron aproximadamente 50 g de cada una de las muestras de suelo de granadilla teniendo en cuenta que el suelo es liviano, se utiliza un agente dispersante compuesto de una solución de hexametáfosfato de sodio ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> y carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

La profundidad del hidrómetro varía de acuerdo con la textura y la densidad de la suspensión, por tanto la lectura del hidrómetro y la temperatura se tomaron a los 40 segundos y luego a las 2 horas, la primera lectura a los 40 segundos de preparada la suspensión indica que han sedimentado las arenas, midiéndose así

la densidad de limos más arcillas, la última lectura a las dos horas tiempo indica que han sedimentado los limos quedando en suspensión las arcillas. Las lecturas del hidrómetro fueron corregidas y el mismo procedimiento se llevó a cabo para el blanco de agua destilada.

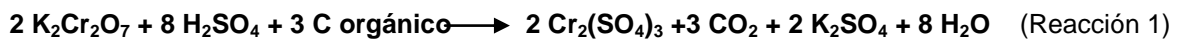
### 5.3.4 pH

Se determinó por medio de un potenciómetro, relación suelo -agua 1:1, se pesaron aproximadamente 10g de suelo y se adicionaron 10 ml de agua destilada agitando intermitentemente durante una hora para tomar la lectura. La medida se realizó por duplicado.

La medida del pH refleja condiciones del suelo como acidez, el porcentaje de saturación de bases que depende del porcentaje de arcilla presente, también indica el grado de disociación de iones  $H^+$  intercambiables al igual que la disponibilidad de nutrientes

### 5.3.5 Carbono orgánico

Se empleó el método de Walkley-Black, Para ello se tomó 0,1 g de suelo seco tamizado por tamiz n°30, se agregan 5 mL de dicromato de potasio 1N, y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se agita por un minuto, y se deja enfriar por un periodo de 30 minutos, reacción 1:

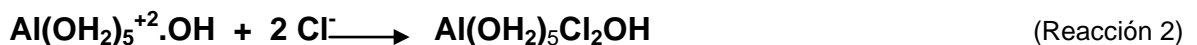


Para la titulación se agregan 5 mL de  $H_3PO_4$ , tres gotas de indicador de ferroína, y se valora el exceso de dicromato de potasio con una solución de sulfato ferroso 0,5N, llevando un blanco de dicromato de potasio. El punto final de la titulación es la transición de azul a verde brillante, luego verde oscuro y finalmente café.

### 5.3.6 Acidez Intercambiable

Se utilizó el método de desplazamiento de los cationes del suelo con una solución neutra de KCl 1N, desplazándose los iones  $H^+$  y  $Al^{+3}$ , los cuales son titulados con NaOH 0,05N en presencia de fenolftaleína.

Después de la titulación, los iones quedan en forma de  $Al(OH_2)_5^{+2}$  como se muestra en la reacción 2.



Valorándose el  $Al^{+3}$  presente en forma hidratada de acuerdo con la reacción 3.



El hidróxido de sodio que se produce de la reacción se titula con ácido clorhídrico 0,2 N que es estandarizado con biftalato de potasio, la cantidad de hidróxido de sodio depende de la cantidad de  $AlCl_3$ , por tanto el número de miliequivalentes del ácido clorhídrico que se emplea para neutralizar el NaOH de la titulación, van a ser equivalentes a los miliequivalentes del  $Al^{3+}$  presentes.

### 5.3.7 Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases de Cambio

Para determinar la CIC se empleó el método volumétrico previo desplazamiento de todos los cationes que tiene el suelo y las bases de cambio se analizaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica respectivamente.

Se pesan 5g de suelo seco y tamizado aproximadamente, en erlenmeyer de 250 mL se agregan 25 mL de solución extractora 1N pH 7.0 que se preparó con acetato de amonio al 98% y agua destilada, el filtrado se lavó con tres porciones de 25 mL de la solución de acetato de amonio y se recogió en envases plásticos para la determinación de las bases de cambio.

El residuo se lavó 10 veces con porciones de 5 mL de etanol al 95% con el fin de desalojar los espacios intercelulares de la solución de acetatos que puedan quedar, el residuo se lixivia con cloruro de sodio al 10% y se agrega 20 mL de formaldehído al 40%, se titula con NaOH 0,2 N en presencia de fenolftaleína hasta cambio de color, además se prepara un blanco con 50 ml de NaCl al 10% y 20 mL de formaldehído. Reacciones 4-5.



**Bases de cambio:** Se determinó Ca, Mg, Na, K en la solución que resulta de la saturación del suelo con Acetato de amonio, para determinar los cationes  $Na^+$  y  $K^+$  se toman de la solución inicial 5 ml y se afora a 50 mL con agua desionizada, se agrega 1 mL de una solución enmascarante de KCl y NaCl al 5% respectivamente con el fin de disminuir las interferencias presentes.

Para determinar calcio y magnesio se toma una alícuota de 5 mL de la solución de acetatos inicial y se agregan 10 mL de óxido de lantano al 1%.

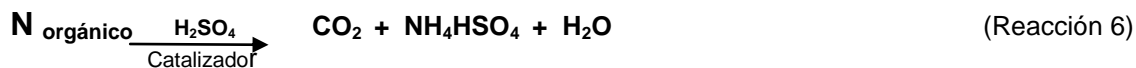
Posteriormente se leen las muestras en equipo de absorción atómica ICE 3000 a las siguientes longitudes de onda 422.7, 285.2, 589, 740 nm respectivamente.

### 5.3.8 Contenido de Nitrógeno total

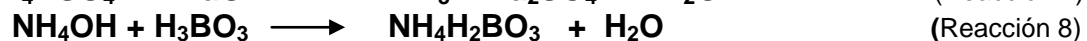
Se determinó por el método de Kjeldhal que se basa en tres etapas. La oxidación de la muestra de suelo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador para oxidar la materia orgánica y convertir el nitrógeno en sulfato ácido de amonio. El sulfato de amonio se descompone por medio de un exceso de álcali para liberar el amoniaco el cual se recoge por destilación sobre ácido bórico.

o. El borato de amonio formado en el paso anterior se valora con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1N utilizando como indicador una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno o de rojo de metilo y verde de bromocresol. Reacciones 6-9.

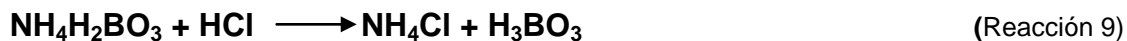
- Oxidación de la muestra:



- Descomposición del sulfato ácido de amonio:

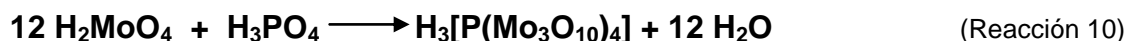


- Titulación del borato de amonio:



### 5.3.9 Fósforo disponible

Se determinó mediante el método colorimétrico Bray II, previa extracción del fósforo con la solución extractora ( $\text{HCl}$  0.1N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03N). El método se basa en la formación de un complejo de fósforo con ácido molíbdico, reduciéndolo con ácido ascórbico, para formar un complejo coloreado que absorbe a una longitud de onda de 660nm. De acuerdo a la reacción 10:



El heterocompuesto incoloro  $[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$  formado, por reducción con ácido ascórbico forma un compuesto de color azul que absorbe a 660nm. El equipo utilizado en esta determinación fue el Espectrofotómetro visible SPECTRONIC GENESYS 20<sup>®</sup>.

#### **5.4 EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE *PASSIFLORA POPENOVII* KILLIP “GRANADILLA DE QUIJOS”**

El análisis del contenido nutricional de la granadilla de Quijos se realizó siguiendo el protocolo citado en el manual de prácticas de laboratorio Análisis de Alimentos de la Universidad del Cauca de la autoría de Olga lucia Hoyos y Patricia Vélez.

Para el análisis próximo, el material de granadilla fue recolectado de los municipios de El Tambo y Timbío, tomando muestras al azar de los cultivos en estado de madurez.

Se analizó aparte de la granadilla de Quijos común, una especie proveniente del municipio de El Tambo conocida como granadilla “injerta”, que también es comercializada.

De la fruta se extrajeron para el análisis las semillas y el zumo, para evitar los cambios de composición, la pulpa y las semillas se conservaron en recipientes de plástico transparente cada uno de las pruebas físicas y químicas se realizaron por duplicado, y estas comprendieron las siguientes determinaciones:

##### **5.4.1 Determinación de humedad**

Se pesaron aproximadamente 10 g de muestra de granadilla en cajas de Petri previamente limpias, secas y pesadas, las muestras se colocaron en estufa por 3 horas a una temperatura de 105°C, deshidratando completamente las semillas y el zumo del fruto por evaporación, las muestras se dejan enfriar en desecador y se pesan. El porcentaje de humedad se calcula por diferencia de peso

##### **5.4.2. Determinación de cenizas**

Se pesaron aproximadamente 0,5 g de la muestra de granadilla anteriormente deshidratada, en un crisol de porcelana previamente limpio, seco y pesado, la muestra de granadilla se sometió a calcinación en mufla, a una temperatura inicial de 425°C y que fue aumentándose progresivamente hasta los 550°C. La muestra se mantuvo a esta temperatura por 2 horas aproximadamente hasta obtener cenizas de color blanco. El crisol con las cenizas se dejó enfriar y posteriormente se pesó para obtener por diferencia de peso el porcentaje de cenizas.

##### **5.4.3 Determinación del extracto etéreo o grasa bruta**

La extracción se realizó en un equipo soxhlet con éter etílico como solvente.

Se pesó exactamente 1.0 g de la muestra de granadilla de Quijos previamente deshidratada en estufa, el equipo de extracción, se lavó previamente con el solvente, la muestra se colocó en el cartucho y luego en la cámara de extracción del soxhlet .la muestra se extrajo durante 4 horas y el solvente fue recuperado mediante destilación fraccionada, el residuo se dejó enfriar en un desecador y

posteriormente se pesó, para determinar por gravimetría el porcentaje de grasa contenido en la granadilla.

#### **5.4.4 Determinación de proteína**

La determinación del contenido de nitrógeno en la muestra de granadilla se realizó por el método kjeldhal.

Se pesó 2.0 g de muestra de granadilla y 1.0 g de catalizador y se colocaron en el balón de digestión kjeldhal, se adicionó 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. La digestión se realizó por dos horas, hasta que la muestra estaba completamente clara, se dejó enfriar y se diluyó con 50 ml de agua destilada, en un Erlenmeyer de 250 mL, se adicionaron 100 mL de una solución de ácido bórico al 4% con unas gotas de indicador mixto (metileno y rojo de metilo), se adicionan aproximadamente 50 mL de hidróxido de sodio, el destilado se recoge en el Erlenmeyer, y se titula con ácido sulfúrico 0.01 N. Se realizó simultáneamente un blanco de reactivos.

#### **5.4.5 Determinación de fibra bruta**

Se realizó por digestión acido-alcalina de las muestras de granadilla.

En un balón de 250 mL se transfirió aproximadamente 1 g del residuo de determinación de grasa, a la muestra se le agregaron 100 mL de  $H_2SO_4$  0,255 N y se deja en reflujo por 30 minutos.

Se retira la mezcla del reflujo y se filtra al vacío, se hacen lavados con agua destilada caliente hasta que el agua del lavado tenga un pH neutro, sobre la muestra se agregan 100 mL de NaOH 0,313 N caliente a ebullición, y se dejan reaccionar por 30 minutos, esta mezcla se lava con agua caliente y se filtra al vacío, finalmente se transfiere a un vaso y se lava con tres porciones de 25 mL de alcohol etílico, este residuo se transfiere a un crisol y se deja en la estufa a una temperatura de 110°C hasta peso constante, posteriormente el crisol se transfiere a la mufla por 20 minutos a 220 °C, se deja enfriar y se pesa. La pérdida de peso en la incineración se considera como a fibra cruda de la muestra pesada antes de extraer la humedad.

#### **5.4.6 Azúcares reductores**

Se preparó una solución con 1,0 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico y 30,0 g de tartrato de sodio y potasio, disueltos en 80 mL de solución de NaOH 0,5 N, se agitó y se calentó suavemente. Posteriormente se aforó a 100 mL con agua destilada]. Se conservó el reactivo DNS refrigerado para posteriores análisis.

A las muestras de granadilla fue necesario ajustar el pH en un rango entre 5,0 y 7,0 con NaOH, ya que el reactivo DNS no reacciona en medio fuertemente ácido. Posteriormente se adicionan 0,5 mL de reactivo DNS a 0,5 mL de muestra, se agitó en vortex por 30 segundos y se calentó por 5 minutos en baño de agua a 100 °C. Consecutivamente se enfrió en baño de agua hielo por 5 minutos, se

adicionaron 5 mL de agua destilada y se agitó por 30 segundos. Se determinó la concentración de azúcares reductores por espectrofotometría a la longitud de onda de máxima absorción (540 nm), interpolando la Absorbancia en una curva de calibración elaborada con D-Glucosa.



## 6. RESULTADOS

### 6.1 ANALISIS DE SUELOS

La caracterización del suelo se realizó para las fincas de los dos municipios: El Tambo y Timbío, de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC ISO/IEC 17025:2005, siguiendo la metodología descrita por el IGAC (2006) implementada y estandarizada en el laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca.

#### 6.1.1 PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS DE TIMBÍO

En la tabla 21 se consignan los resultados del análisis de las propiedades físicas de los suelos de Timbío.

Tabla 21. Propiedades Físicas de Suelos municipio de Timbío

Fincas	% Humedad	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	10,67 <sup>e</sup>	0,059	0,55
San Luis Parte Baja	14,06 <sup>c</sup>	0,001	0,004
San Lorenzo	19,65 <sup>a</sup>	0,140	0,69
La Despensa	12,76 <sup>d</sup>	0,014	0,11
El Carmen	15,09 <sup>b</sup>	0,072	0,47

Fincas	Densidad Aparente	Desviación Estándar (S)	Coefficiente de Variación (CV)
San Luis	0,66 <sup>e</sup>	0,006	0,85
San Luis Parte Baja	0,68 <sup>d</sup>	0,003	0,44
San Lorenzo	0,78 <sup>a</sup>	0,003	0,34
La Despensa	0,74 <sup>b</sup>	0,003	0,36
El Carmen	0,75 <sup>c</sup>	0,003	0,34

Fincas	% Arena	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
San Luis	72,28 <sup>d</sup>	0,019	0,03
San Luis Parte Baja	70,97 <sup>e</sup>	0,003	0,005
San Lorenzo	75,18 <sup>b</sup>	0,040	0,05
La Despensa	74,37 <sup>c</sup>	0,017	0,02
El Carmen	76,80 <sup>a</sup>	0,002	0,003

Continuación Tabla 21. Propiedades físicas de suelos municipio de Timbío

Fincas	%Arcilla	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	24,88 <sup>b</sup>	0,017	0,07
San Luis Parte Baja	26,05 <sup>a</sup>	0,003	0,01
San Lorenzo	20,54 <sup>d</sup>	0,033	0,16
La Despensa	22,70 <sup>c</sup>	0,015	0,07
El Carmen	19,20 <sup>e</sup>	0,002	0,01

Fincas	% Limo	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	2,85 <sup>e</sup>	0,002	0,07
San Luis Parte Baja	2,98 <sup>c</sup>	0,0003	0,01
San Lorenzo	4,28 <sup>a</sup>	0,007	0,16
La Despensa	2,93 <sup>d</sup>	0,002	0,07
El Carmen	3,99 <sup>b</sup>	0,004	0,09

Prueba de Tukey Letras diferentes indican diferencia significativa. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa. a>b>c > d> e

Las figura 18 representa las medias estadísticas de las propiedades físicas de suelos de Timbío, y la prueba de Tukey muestran que la humedad higroscópica de estos suelos difiere significativamente en todas las fincas, ( $p < 0,05$ ), siendo significativamente superior en San Lorenzo y significativamente inferior en San Luis, los valores son adecuados en todos los casos. Todos los suelos presentan textura franco arenosa, sin embargo difieren significativamente en los contenidos de arenas, limos y arcillas. Los contenidos de arcillas están en un nivel óptimo, en todos los suelos excepto en San Lorenzo parte baja, cuyo contenido es significativamente superior al de los demás superando el valor óptimo (10-25%), pero es suficiente para la formación de compuestos organominerales que le dan estabilidad al suelo y permiten la formación de una estructura granular o migajosa óptima para la fertilidad del suelo, contribuyen además a la alta CIC. Es alto el % de Arenas y bajo el de limos, ocasionado deficiencia de retención de humedad en época de verano, sin embargo producen alta aireación, para procesos de mineralización de la MO.

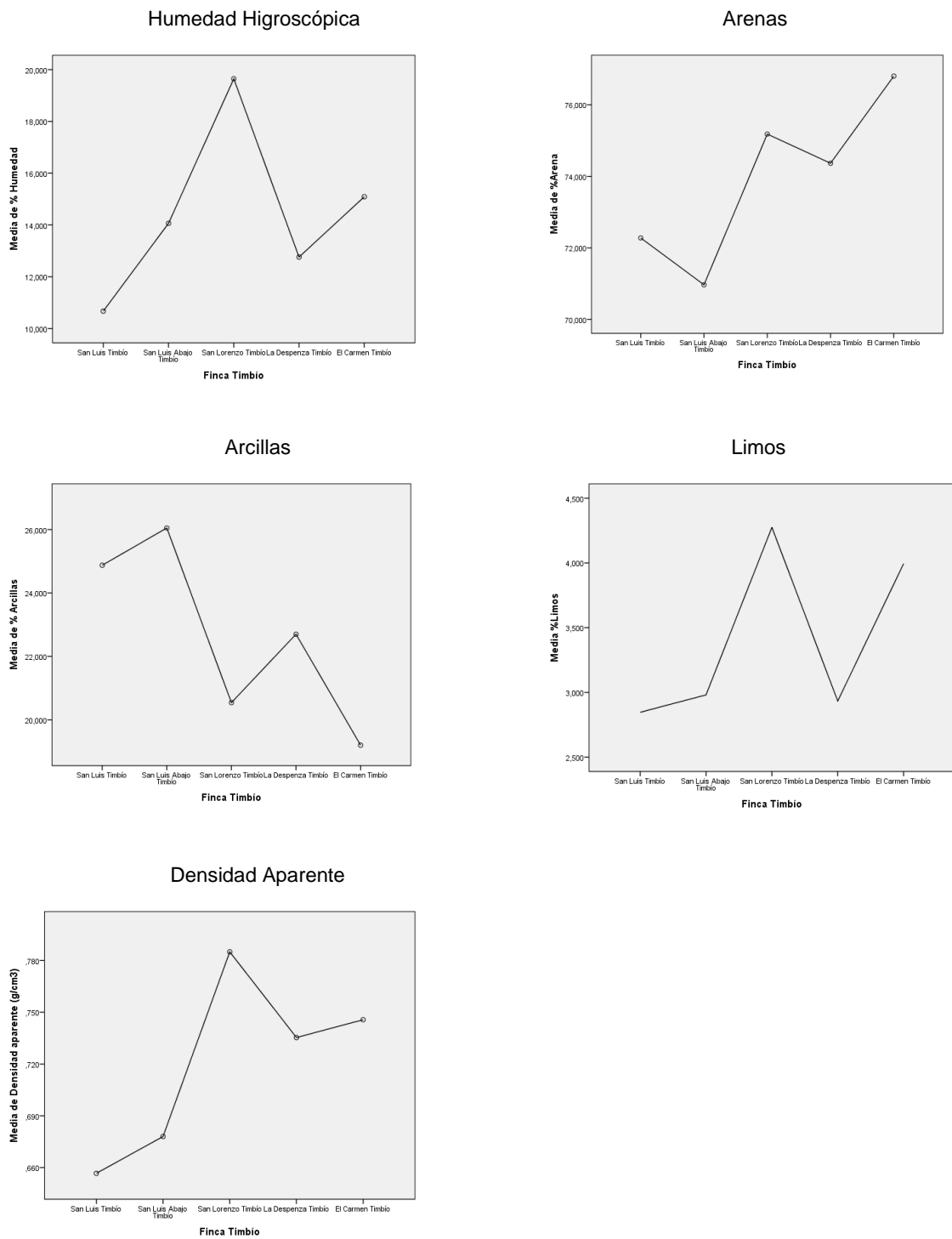


Figura 18. Medias Estadísticas de Propiedades Físicas de Suelos de Timbío

La Densidad aparente es baja en todos los suelos analizados inferior a 1, con diferencia significativa en todos los suelos y está asociada a los altos niveles de MO, y a los contenidos de arcilla, como lo demuestra la correlación de Pearson negativa y altamente significativa con estos dos parámetros (-0,877\*\* y -0,848\*\* respectivamente), el incremento en ellos genera disminución de la Da, por incremento en el número de espacios porosos con menor tamaño. Además está asociada positivamente al % de Arenas (0.806\*\*), demostrando que su incremento produce aumento en la Densidad aparente.

Todos los suelos presentan una textura franco arenosa, indicando que son suelos considerados adecuados para las prácticas agrícolas, los porcentajes de arena son altos en todos los suelos, superior al valor óptimo (50-65%) de acuerdo a (Silva, 1990) aportan alta porosidad, pero indican peligro de erosión, existiendo diferencia significativa entre todos los suelos. El porcentaje de limo para todos los suelos de las fincas analizadas, es bajo, menor al valor óptimo (25-50%) (Silva, 1990).

### 6.1.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE TIMBÍO.

En la tabla 22 se reportan los resultados de las propiedades químicas de los suelos del municipio de Timbío. Igualmente se denota alta reproducibilidad en las medidas. En la figura 19 se presenta la comparación estadística de Medias de estas propiedades, en donde se aprecian diferencias significativas en la mayoría de las propiedades químicas

Tabla 22. Propiedades Químicas Suelos Municipio de Timbío

Fincas	pH	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	5,08 <sup>cd</sup>	0,005	0,10
San Luis Parte Baja	5,07 <sup>d</sup>	0,005	0,10
San Lorenzo	5,25 <sup>b</sup>	0,015	0,29
La Despensa	5,32 <sup>a</sup>	0,005	0,09
El Carmen	5,10 <sup>c</sup>	0,005	0,10

Fincas	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	1,28 <sup>a</sup>	0,022	1,74
San Luis Parte Baja	0,98 <sup>d</sup>	0,001	0,10
San Lorenzo	1,15 <sup>b</sup>	0,000	0,014
La Despensa	1,05 <sup>c</sup>	0,001	0,117
El Carmen	1,16 <sup>b</sup>	0,001	0,051

Continuación Tabla 22. Propiedades químicas suelos municipio de Timbío

Fincas	Aluminio Intercambiable (meq/100g)	Desviación Estándar	Coficiente De Variación
San Luis	1,18 <sup>a</sup>	0,022	1,74
San Luis Parte Baja	0,94 <sup>b</sup>	0,020	0,17
San Lorenzo	1,05 <sup>ab</sup>	0,022	1,93
La Despensa	0,96 <sup>b</sup>	0,0003	0,04
El Carmen	1,11 <sup>a</sup>	0,0004	0,04

Fincas	% Carbono Orgánico	Desviación Estándar	Coficiente De Variación
San Luis	6,65 <sup>a</sup>	0,025	0,37
San Luis Parte Baja	6,36 <sup>b</sup>	0,014	0,22
San Lorenzo	3,48 <sup>e</sup>	0,013	0,38
La Despensa	6,25 <sup>c</sup>	0,068	1,09
El Carmen	5,00 <sup>d</sup>	0,014	0,29

Fincas	% Materia Orgánica	Desviación Estándar	Coficiente De Variación
San Luis	11,47	0,043	0,37
San Luis Parte Baja	10,97	0,024	0,22
San Lorenzo	6,01	0,023	0,38
La Despensa	10,78	0,117	1,09
El Carmen	8,62	0,025	0,29

Fincas	CIC (meq/100g)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
San Luis	59,83 <sup>b</sup>	0,02	0,04
San Luis Parte Baja	59,78 <sup>b</sup>	0,43	0,73
San Lorenzo	59,32 <sup>b</sup>	0,57	0,96
La Despensa	64,18 <sup>a</sup>	0,44	0,69
El Carmen	54,46 <sup>c</sup>	0,66	1,22

Prueba de Tukey Letras diferentes indican diferencia significativa. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa. a>b>c > d> e

Fincas	CIC efectiva (meq/100g)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
San Luis	3,57	0,02	0,59
San Luis Parte Baja	4,23	0,06	1,34
San Lorenzo	4,72	0,03	0,63
La Despensa	7,25	0,01	0,19
El Carmen	3,37	0,03	0,88

Continuación Tabla 22 propiedades químicas suelos Municipio Timbío

<b>Fincas</b>	<b>% saturación de Aluminio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
San Luis	1,88	0,05	2,67
San Luis Parte Baja	1,57	0,01	0,68
San Lorenzo	1,77	0,01	0,82
La Despensa	1,50	0,06	2,86
El Carmen	2,03	0,03	1,54

<b>Fincas</b>	<b>% saturación de bases</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
San Luis	5,71	0,05	0,82
San Luis Parte Baja	7,01	0,05	0,76
San Lorenzo	7,78	0,13	1,61
La Despensa	11,15	0,15	1,32
El Carmen	6,08	0,07	1,20

<b>Fincas</b>	<b>% saturación de Ca</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
San Luis	3,30	0,06	1,96
San Luis Parte Baja	4,14	0,01	0,12
San Lorenzo	4,22	0,09	2,08
La Despensa	6,08	0,07	1,14
El Carmen	3,51	0,02	0,67

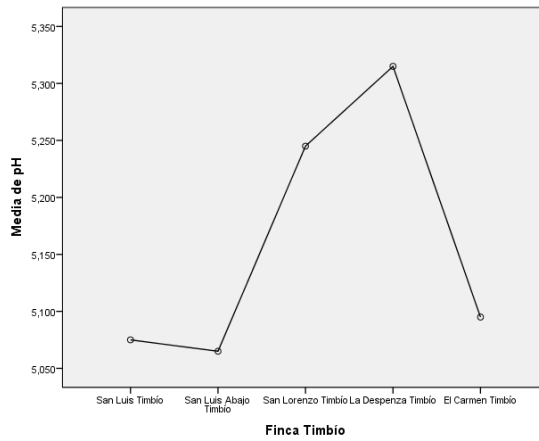
<b>Fincas</b>	<b>% saturación de Mg</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
San Luis	0,52	0,02	3,25
San Luis Parte Baja	1,23	0,04	3,30
San Lorenzo	1,49	0,04	2,44
La Despensa	2,58	0,00	0,04
El Carmen	1,19	0,02	1,92

<b>Fincas</b>	<b>% saturación de Na</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
San Luis	0,57	0,01	2,31
San Luis Parte Baja	0,36	0,01	2,48
San Lorenzo	0,35	0,01	2,61
La Despensa	1,00	0,02	1,70
El Carmen	0,27	0,00	1,80

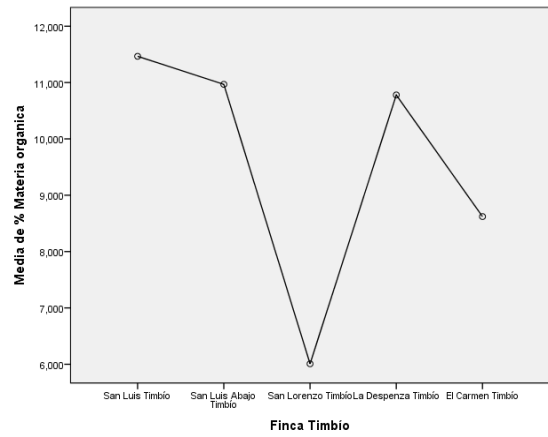
Continuación Tabla 22 Propiedades Químicas suelo Municipio Timbio

Fincas	% saturación de K	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
San Luis	1,32	0,01	1,05
San Luis Parte Baja	1,28	0,03	2,51
San Lorenzo	1,72	0,06	3,75
La Despensa	1,49	0,06	4,01
El Carmen	1,11	0,03	2,87

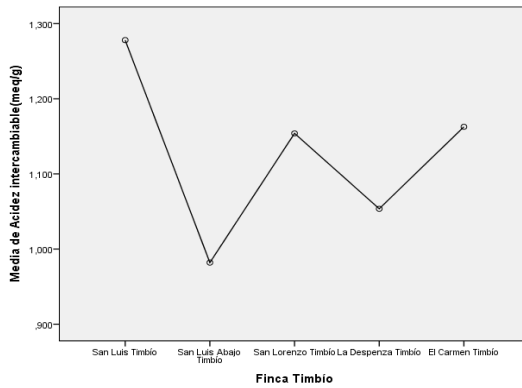
pH



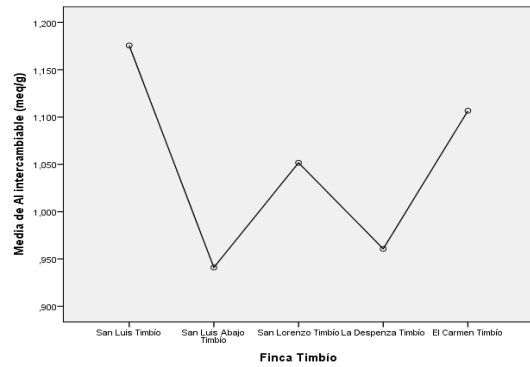
MO



Acidez intercambiable



Al intercambiable



CIC

CIC efectiva

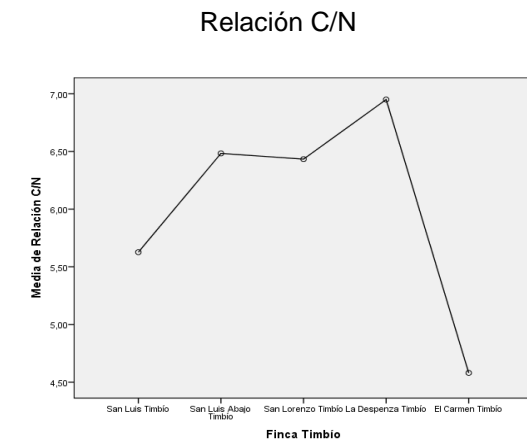
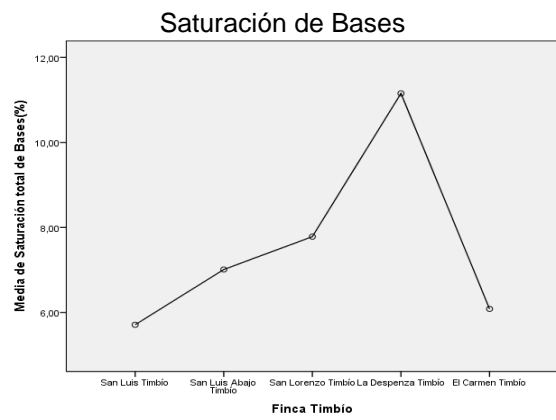
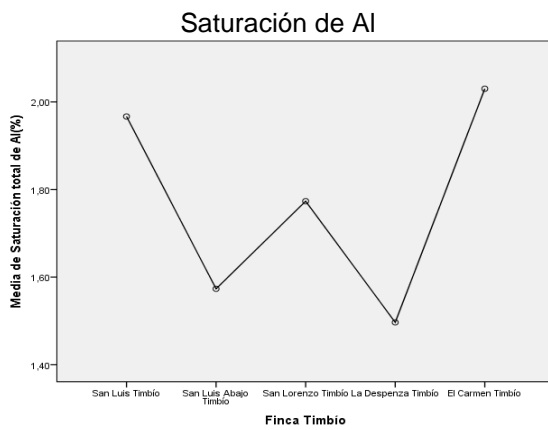
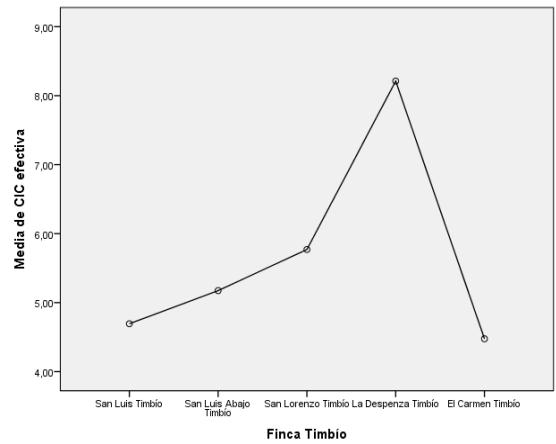
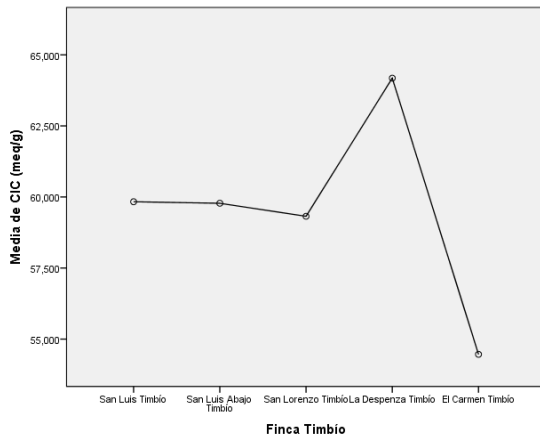


Figura 19. Comparación Estadística de Medias de Propiedades Químicas de Suelos de Timbío

Las propiedades químicas demuestran que los suelos de Timbío presentan una reacción fuertemente ácida, siendo significativamente superior esta acidez en los suelos San Luis, y significativamente inferior en los suelos de La Despenza. El pH



incrementa con el incremento en bases de cambio (K, Ca, Mg, Na) y su saturación como se deduce de su correlación positiva y significativa con cada una de ellas (0,796\*\*, 0,830\*\* 0,867\*\* 0,663\*\* 0,890\*\* ), no se manifiesta fuerte incidencia del Al intercambiable ni de la acidez intercambiable en el pH porque sus valores son bajos, probablemente la acidez de estos suelos proviene de la acidez no intercambiable con especies de Al no intercambiable (Al(OH)<sup>+</sup>). Aun cuando la MO presenta una correlación negativa sobre el pH, ésta no es significativa, probablemente no se expresa el efecto porque todos los suelos tienen alto contenido de MO, con valores superiores al rango óptimo (3-5%) Es de resaltar que los suelos de San Lorenzo presentan valores significativamente inferiores de MO, aun cuando su valor es alto. La relación C/N indica fuerte mineralización en estos suelos, sin embargo, se demuestra que el N está principalmente en forma orgánica, pero es posible el inicio de un proceso de erosión.

Los valores de acidez y de Al interc son bajos en todos los suelos, no tóxicos para la mayoría de las plantas, hay pocas diferencias significativas, el Carmen y San Luis (parte Alta) presentan valores significativamente superiores a los demás suelos, ( $p < 0,05$ ). La saturación de Al es muy baja en todos los suelos, es inferior a la saturación de bases, por el tipo de suelos y su origen se esperarían mayores valores, pero es probable que la MO produzca un efecto de complejación sobre estas especies, impidiendo el paso a la solución del suelo. La saturación de bases también es baja, indica pérdida de bases, pero la CIC efectiva superior a 4 demuestra que la pérdida de estas bases no es por lavado sino por continuas extracciones sin reposición.

La CIC es alta en todos los suelos siendo significativamente superior en La Despensa ( $p < 0,05$ ) y significativamente inferior en El Carmen, entre las demás fincas no existe diferencia significativa, está asociada positiva y significativamente con el pH, las bases de cambio (K, Ca, Mg, Na) la saturación de bases, (0,619\*, 0,711\*\* 0,837\*\* 0,663\*\* 0,864\*\* 0,773\*\*), ellas contribuyen fuertemente a la CIC y negativa pero significativamente con la saturación de Al (-0,762\*\*), el incremento en Al produce incremento de cargas positivas a bajos valores de pH aumentando la capacidad de intercambio aniónico y disminuyendo la CIC.

### **6.1.3 NIVEL DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE TIMBÍO**

En la tabla 23 se describen los resultados del nivel de fertilidad en cuanto a disponibilidad de macronutrientes de los suelos de Timbío, Igual que en los casos anteriores se aprecia alta reproducibilidad en los resultados. En la figura 20 se grafica la comparación estadística de Medias de Nivel de Fertilidad de Suelos de Timbío. Se resalta la diferencia significativa de los resultados de todos los macronutrientes.

Tabla 23. Nivel de Fertilidad municipio de Timbío

Fincas	% Nitrógeno	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	1,18 <sup>a</sup>	0,013	1,06
San Luis Parte Baja	0,98 <sup>c</sup>	0,023	2,34
San Lorenzo	0,54 <sup>e</sup>	0,001	0,20
La Despensa	0,90 <sup>d</sup>	0,018	1,95
El Carmen	1,09 <sup>b</sup>	0,02	2,27

Fincas	Fósforo (mg /Kg)	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	1,78 <sup>b</sup>	0,001	0,07
San Luis Parte Baja	1,65 <sup>b</sup>	0,044	2,67
San Lorenzo	1,56 <sup>c</sup>	0,018	1,14
La Despensa	1,64 <sup>b</sup>	0,001	0,04
El Carmen	3,64 <sup>a</sup>	0,046	1,26

Fincas	K (meq/100g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
San Luis	0,79 <sup>c</sup>	0,008	1,00
San Luis Parte Baja	0,76 <sup>c</sup>	0,025	3,32
San Lorenzo	1,02 <sup>a</sup>	0,029	2,82
La Despensa	0,96 <sup>b</sup>	0,033	3,43
El Carmen	0,61 <sup>d</sup>	0,033	4,97

Fincas	Ca (meq/100g)	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
San Luis	1,97 <sup>c</sup>	0,039	1,99
San Luis Parte Baja	2,47 <sup>b</sup>	0,015	0,61
San Lorenzo	2,50 <sup>b</sup>	0,028	1,13
La Despensa	3,90 <sup>a</sup>	0,018	0,45
El Carmen	1,91 <sup>c</sup>	0,010	0,54

Fincas	Mg (meq /100g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
San Luis	0,31 <sup>e</sup>	0,010	3,22
San Luis Parte Baja	0,74 <sup>b</sup>	0,025	3,34
San Lorenzo	0,88 <sup>d</sup>	0,030	3,39
La Despensa	1,66 <sup>c</sup>	0,005	0,70
El Carmen	0,65 <sup>a</sup>	0,012	0,37

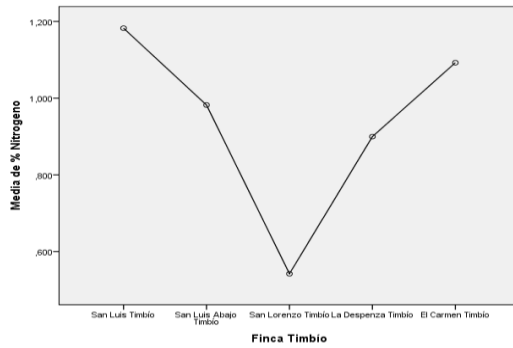
Continuación Tabla 23 fertilidad suelos Municipio Timbío

Fincas	Na (meq/100 g)	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
San Luis	0,34 <sup>b</sup>	0,008	2,37
San Luis Parte Baja	0,22 <sup>c</sup>	0,007	3,17
San Lorenzo	0,21 <sup>c</sup>	0,003	1,63
La Despensa	0,64 <sup>a</sup>	0,007	1,02
El Carmen	0,15 <sup>d</sup>	0,007	4,37

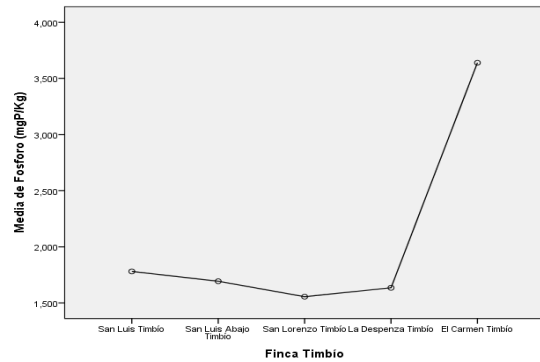
Fincas	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
San Luis	6,66	2,96
San Luis Parte Baja	3,42	4,30
San Lorenzo	2,97	3,22
La Despensa	2,38	5,61
El Carmen	2,92	4,13

Prueba de Tukey Letras diferentes indican diferencia significativa. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa. a>b>c > d

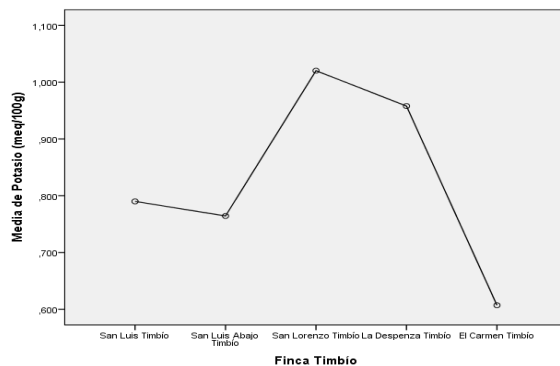
Nitrógeno (%)



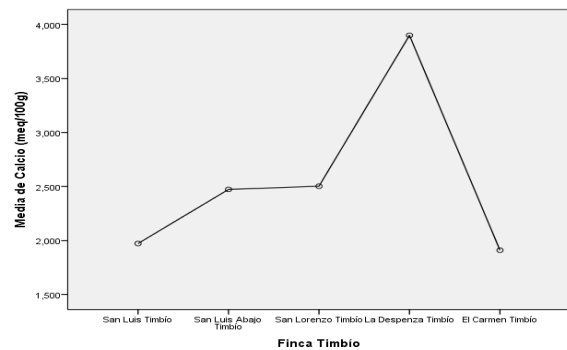
Fosforo (P mg/kg)



Potasio (meq/100g)



Calcio (meq/100g)



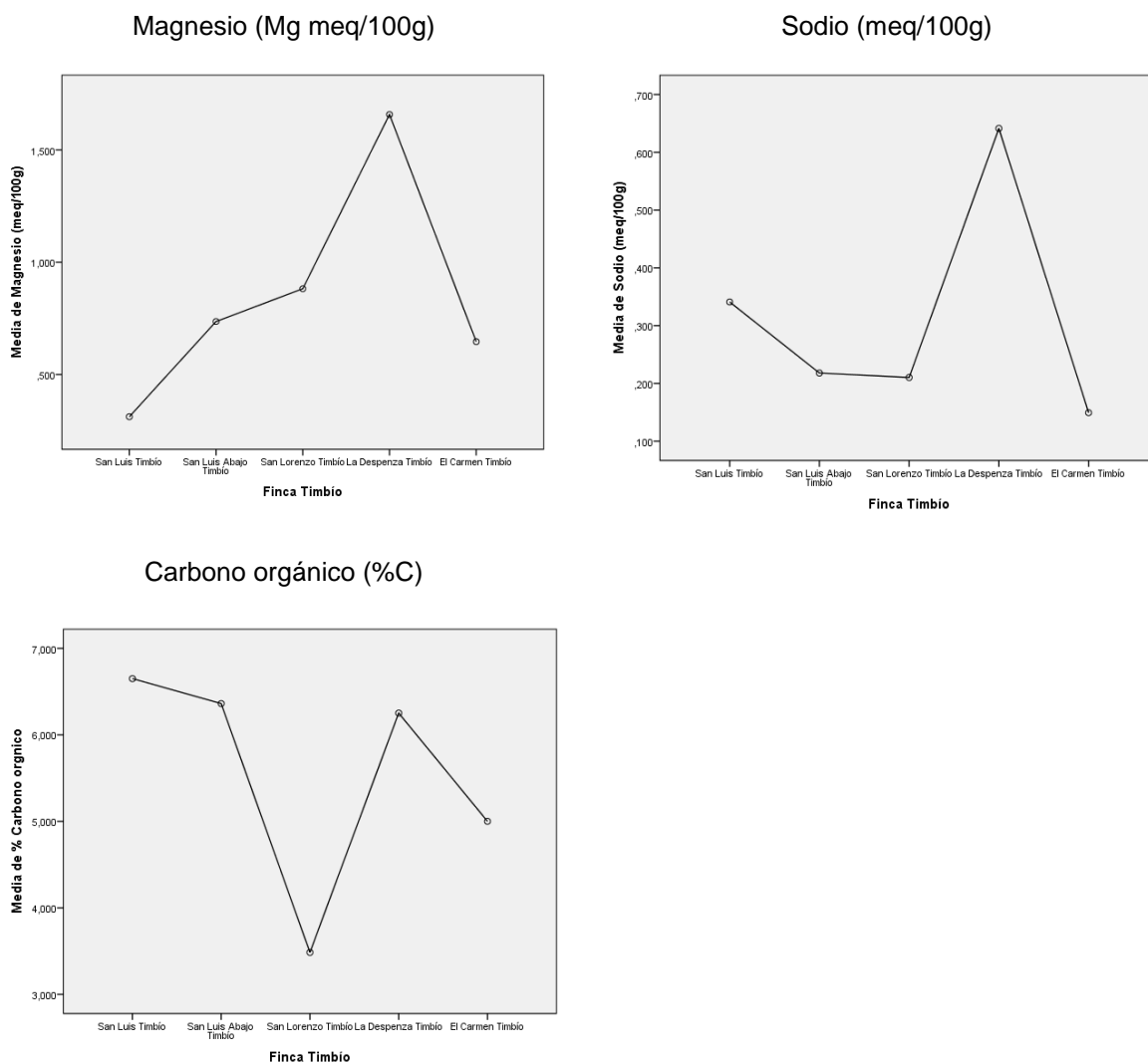


Figura 20. Comparación Estadística de medias de Nivel de Fertilidad de Suelos de Timbío.

La fertilidad de estos suelos demuestra, que el N es alto en todos los suelos, de acuerdo al valor registrado en la literatura ( $> 0,25$ ), está asociado a los altos niveles de MO, como se demuestra por la correlación positiva y altamente significativa con ésta ( $0,775^*$ ). El pH influye negativamente en su disponibilidad, puesto que entre mayor sea la acidez del suelo, menos posibilidad de mineralización de la MO, generando acumulación de N orgánico en el suelo y produciendo su inmovilización, esto se demuestra con la correlación negativa y altamente significativa entre estos dos parámetros, (correlación  $-0,662^{**}$ ). Existe diferencia altamente significativa en el porcentaje de nitrógeno de los suelos de Timbío, siendo significativamente superior en San Luis, y significativamente inferior en San Lorenzo.

En cuanto al P, todos los suelos presentan severa deficiencia, (<15 mg/kg) por la fuerte acidez de estos suelos que conducen a procesos de precipitación formando compuestos insolubles de Fe y Al a esos valores de pH, impidiendo su disponibilidad, esto se demuestra por la correlación positiva y significativa con la saturación de Al (0,627\*), indicando que si el Al está en la fase coloidal no podrá precipitar al P y por tanto aumentará su disponibilidad. El contenido de fósforo disponible en los suelos de San Lorenzo es significativamente inferior mientras que el de El Carmen es significativamente superior.

Los valores de K son altos (> 0,30 meq/100g) en todos los suelos siendo significativamente superiores en San Lorenzo y La Despensa, nuevamente se resalta la aplicación de fuentes de nutrientes en estos suelos, o cabe la posibilidad de que en el suelo el equilibrio de K esté siempre desplazado hacia la solución existiendo fuentes ricas de este nutriente como feldspatos y micas. La alta CIC es favorable para el suministro de este nutriente se comprueba con la correlación positiva y altamente significativa entre estas dos variables (0,711\*\*), el incremento de pH en el rango ácido de estos suelos produce también efecto positivo en la disponibilidad del K (0,796\*\*). Presenta sinergismo con las otras bases de cambio, demostrado por las correlaciones positivas y altamente significativas con ellas.

El equilibrio del K en el suelo se representa en la Ecuación 8.



Donde:

A representa minerales primarios (difícilmente aprovechable)

B indica el K moderadamente aprovechable (fijado en láminas de arcilla tipo 2:1)

C representa al K adsorbido quelatado o complejado por la MO (Rápidamente aprovechable)

D representa al K intercambiable ((Rápidamente aprovechable)

E representa el K soluble ((Rápidamente aprovechable)

En cuanto a las bases de cambio, solamente en La Despensa existen valores medios apropiados de Ca y Mg para un nivel alto de fertilidad, denotando aplicación de cal dolomita en este suelo, con incremento significativo de estas bases y del pH. En los demás suelos existe deficiencia de esta base. Los valores de Ca están asociados positiva y significativamente con pH (0,830\*\*), con CIC (0,837\*\*), con K (0,630\*\*) y con Mg (0,959\*\*), mostrando sinergismo entre estos nutrientes, pero correlacionan negativa y significativamente con Acidez intercambiable (-0,545\*), con Al intercambiable (-0,639\*), con el cual es antagónico. La relación Ca/Mg es adecuada con excepción de los suelos de San Luis parte alta, en donde es alta, induciendo a acentuar la deficiencia de Mg. La relación (Ca + Mg)/K son muy bajas principalmente en San Luis parte alta por lo que se prevé fuertes deficiencias de estas bases de cambio

El contenido de sodio intercambiable en los suelos de las fincas analizadas es bajo, (<1meq/100g) apropiado para este tipo de suelos ácidos siendo significativamente superior en La Despensa.

#### 6.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS DE EL TAMBO.

Las propiedades físicas de estos suelos se representan en la tabla 24 y en la figura 21 se representan las medias estadísticas de cada propiedad.

Tabla 24. Propiedades físicas suelos municipio de El Tambo

Vereda	Fincas	% Humedad	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente Chapa	El Asomadero Zona 1	19,45 <sup>a</sup>	0,09	0,46
	El asomadero Zona 2	18,60 <sup>b</sup>	0,21	1,10
	Las palmas Zona 1	10,28 <sup>d</sup>	0,24	2,37
	Las Palmas Zona 2	11,21 <sup>c</sup>	0,04	0,37

Vereda	Finca	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente Chapa	El Asomadero Zona 1	0,65 <sup>d</sup>	0,002	0,31
	El Asomadero Zona 2	0,68 <sup>c</sup>	0,003	0,37
	Las Palmas Zona 1	0,72 <sup>b</sup>	0,002	0,21
	Las Palmas Zona 2	0,73 <sup>a</sup>	0,002	0,21

Vereda	Finca	% Arena	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente Chapa	El asomadero Zona 1	75,57 <sup>b</sup>	0,027	0,04
	El asomadero zona 2	75,41 <sup>c</sup>	0,063	0,08
	Las Palmas Zona 1	81,70 <sup>a</sup>	0,053	0,06
	Las palmas zona 2	75,09 <sup>d</sup>	0,013	0,02

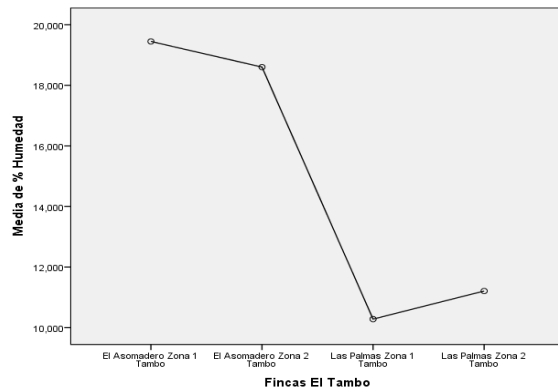
Vereda	Finca	% Arcilla	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente Chapa	El Asomadero Zona 1	19,44 <sup>c</sup>	0,021	0,11
	El Asomadero Zona 2	19,57 <sup>b</sup>	0,050	0,26
	Las Palmas Zona 1	11,88 <sup>d</sup>	0,034	0,29
	Las Palmas Zona 2	22,21 <sup>a</sup>	0,012	0,05

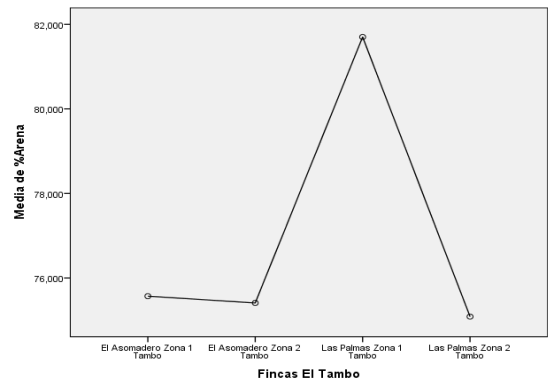
Vereda	Finca	% Limo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente Chapa	El Asomadero Zona 1	4,99 <sup>c</sup>	0,005	0,11
	El Asomadero Zona 2	5,02 <sup>b</sup>	0,013	0,26
	Las palmas zona 1	6,42 <sup>a</sup>	0,019	0,29
	Las palmas zona 2	2,71 <sup>d</sup>	0,001	0,05

Prueba de Tukey Letras diferentes indican diferencia significativa. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa. a>b>c > d

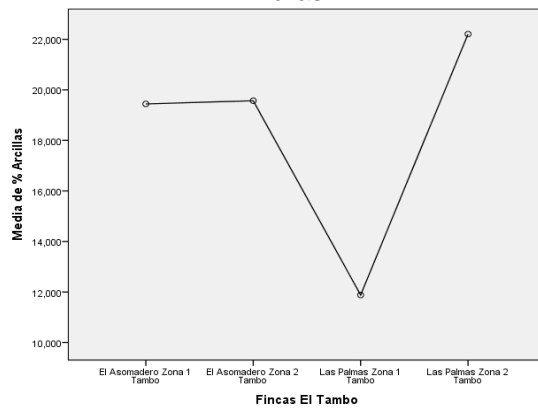
### Humedad Higroscópica



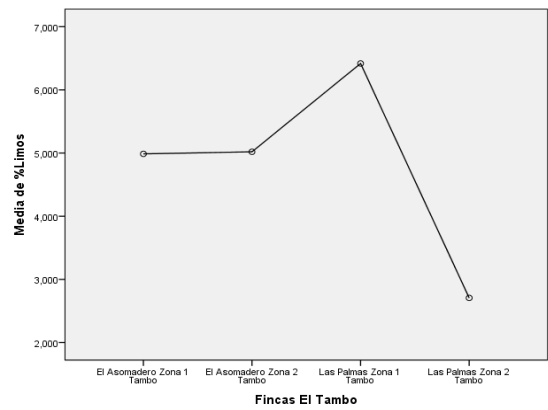
### Arenas



### Arcilas



### Limos



### Densidad Aparente

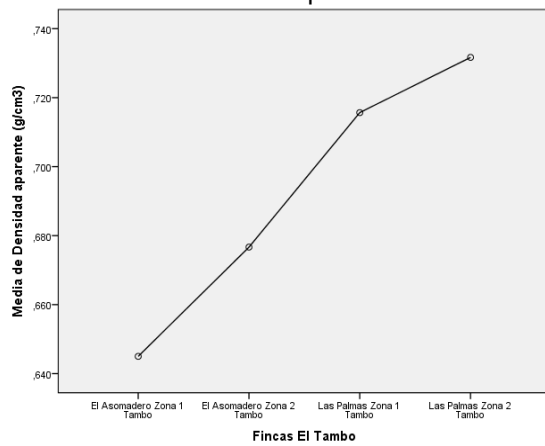


Figura 21. Medias Estadísticas de Propiedades Físicas de Suelos en El Tambo

Los suelos de El Tambo presentan el mismo comportamiento que los suelos de Timbío, con humedades higroscópicas adecuadas, textura franco arenosa, niveles óptimos de arcillas, pero altos niveles de arena y bajos en limos, bajos valores de Da. Se presentan diferencias significativas en los valores de estas propiedades en las diferentes fincas analizadas, ( $p < 0,05$ ). La humedad higroscópica es significativamente superior en El Asomadero Zona 1 y significativamente inferior en Las Palmas Zona 1, ( $p < 0,05$ ), depende principalmente de la MO como lo demuestran la correlación de Pearson positiva y altamente significativa (0,958\*\*). La Densidad aparente es baja ( $< 1$ ) con diferencias significativas en todos los suelos, siendo la de la finca El Asomadero Zona 1 significativamente inferior y la de Las Palmas Zona 2 significativamente superior, y está asociada a los altos niveles de MO, como lo demuestra la correlación de Pearson negativa y altamente significativa (-0,987\*\*), el incremento en la MO genera disminución de la Da. Los porcentajes de arcilla para los suelos de El Tambo, son adecuados, no se observa diferencia significativa entre los suelos de El Asomadero, pero si existe diferencia significativa entre las dos zonas de Las Palmas, siendo el de las Palmas Zona 2 significativamente superior.

Los altos porcentajes de arena, indican que el suelo tiene una buena aireación, y un buen movimiento del agua, evitando encharcamientos, haciendo de estos suelos aptos para la agricultura.

El porcentaje de limo, es bajo, inferior al rango óptimo (28-50%), Las Palmas Zona 1 presenta porcentaje significativamente superior que la Zona 2 de la misma finca. En el Asomadero, no se observan diferencias significativas entre las dos Zonas.

### 6.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE EL TAMBO

Las propiedades químicas, de los suelos de El Tambo se representan en la tabla 25, y en la figura 22 se representan las medias estadísticas de cada propiedad química

Tabla 25. Propiedades químicas Suelos municipio El Tambo

Vereda	Finca	Ph	Desviación Estándar	Coficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	5,06 <sup>c</sup>	0,005	0,10
Chapa	El Asomadero Zona 2	5,41 <sup>a</sup>	0,01	0,18
	Las Palmas Zona 1	5,31 <sup>b</sup>	0,005	0,09
	Las Palmas Zona 2	4,58 <sup>d</sup>	0,010	0,22



Continuación tabla 25 Propiedades químicas Suelos municipio El Tambo

Vereda	FINCA	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	2,74 <sup>b</sup>	0,058	2,1
	El Asomadero Zona 2	2,78 <sup>b</sup>	0,005	0,2
Chapa	Las Palmas Zona 1	2,69 <sup>c</sup>	0,006	0,2
	Las Palmas Zona 2	2,89 <sup>a</sup>	0,002	0,1

Vereda	Finca	Aluminio Intercambiable (meq/100g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	2,62 <sup>a</sup>	0,002	0,08
	El Asomadero Zona 2	2,60 <sup>a</sup>	0,004	0,17
Chapa	Las Palmas Zona 1	1,09 <sup>b</sup>	0,002	0,23
	Las Palmas Zona 2	0,98 <sup>c</sup>	0,0003	0,03

Vereda	FINCA	CIC (meq/100g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	48,03 <sup>a</sup>	0,448	0,93
	El Asomadero Zona 2	47,92 <sup>a</sup>	0,785	1,64
Chapa	Las Palmas Zona 1	34,59 <sup>c</sup>	0,233	0,67
	Las Palmas Zona 2	38,27 <sup>b</sup>	0,106	0,28

Vereda	Finca	% Carbono	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	6,46 <sup>a</sup>	0,169	2,62
	El Asomadero Zona 2	5,29 <sup>b</sup>	0,010	0,20
Chapa	Las Palmas Zona 1	3,57 <sup>c</sup>	0,011	0,30
	Las Palmas Zona 2	3,53 <sup>c</sup>	0,021	0,59

Vereda	Finca	% Materia Orgánica	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	11,13 <sup>a</sup>	0,291	2,62
	El Asomadero Zona 2	9,11 <sup>b</sup>	0,018	0,20
Chapa	Las Palmas Zona 1	6,16 <sup>c</sup>	0,018	0,30
	Las Palmas Zona 2	6,08 <sup>c</sup>	0,036	0,59

Prueba de Tukey Letras diferentes indican diferencia significativa. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa. a>b>c > d

Vereda	Finca	C/N	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	6,18	0,22	3,57
	El Asomadero Zona 2	4,25	0,01	0,17
Chapa	Las Palmas Zona 1	3,60	0,04	1,07
	Las Palmas Zona 2	3,90	0,01	0,36

Vereda	Finca	CIC efectiva	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	10,05	0,09	0,88
Chapa	El Asomadero Zona 2	7,83	0,02	0,19
	Las Palmas Zona 1	7,21	0,03	0,47
	Las Palmas Zona 2	3,49	0,00	0,03

Vereda	Finca	% Saturación de Al	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	5,46	0,06	1,01
Chapa	El Asomadero Zona 2	5,44	0,08	1,47
	Las Palmas Zona 1	3,15	0,01	0,45
	Las Palmas Zona 2	2,56	0,01	0,23

Vereda	Finca	% Saturación de bases	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	20,68	0,26	1,26
Chapa	El Asomadero Zona 2	15,16	0,29	1,84
	Las Palmas Zona 1	16,23	0,22	1,34
	Las Palmas Zona 2	4,11	0,01	0,31

Vereda	Finca	% Saturación de Ca	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	9,95	0,24	2,41
Chapa	El Asomadero Zona 2	8,56	0,26	1,85
	Las Palmas Zona 1	7,91	0,10	1,28
	Las Palmas Zona 2	0,76	0,01	1,61

Vereda	Finca	% Saturación de Mg	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	6,81	0,04	0,57
Chapa	El Asomadero Zona 2	4,12	0,12	2,96
	Las Palmas Zona 1	3,39	0,05	1,36
	Las Palmas Zona 2	0,21	0,01	2,89

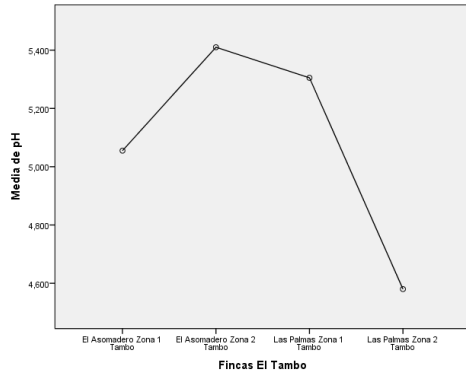
  

Vereda	Finca	% Saturación de Na	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	1,61	0,03	2,01
Chapa	El Asomadero Zona 2	1,35	0,03	2,53
	Las Palmas Zona 1	2,81	0,05	1,76
	Las Palmas Zona 2	1,50	0,03	2,11

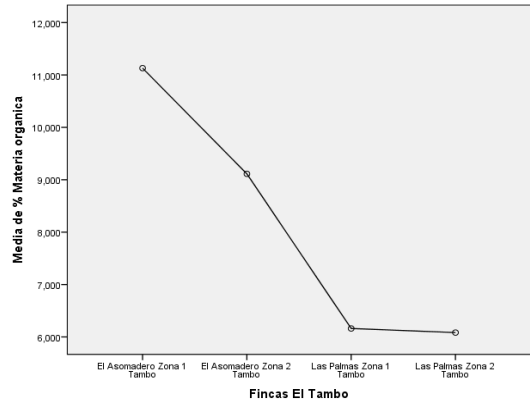
  

Vereda	Finca	% Saturación de K	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	2,27	0,05	2,22
Chapa	El Asomadero Zona 2	1,92	0,05	2,51
	Las Palmas Zona 1	2,12	0,02	1,02
	Las Palmas Zona 2	1,64	0,00	0,04

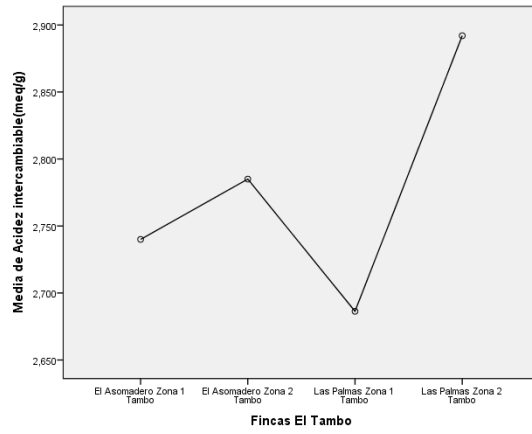
pH



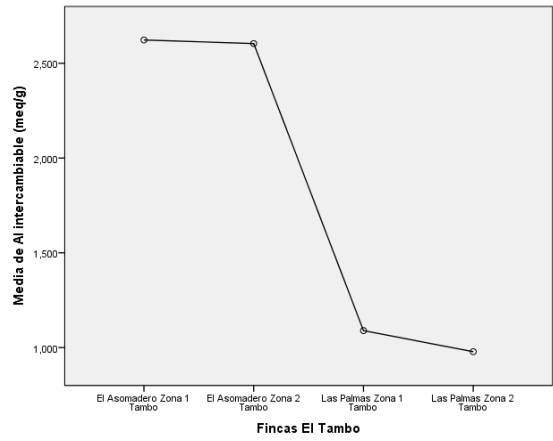
MO



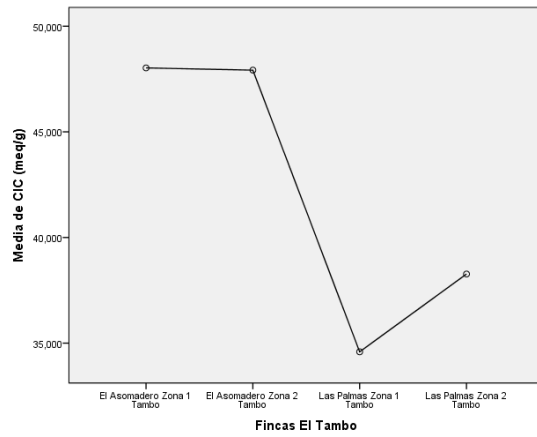
Acidez intercambiable



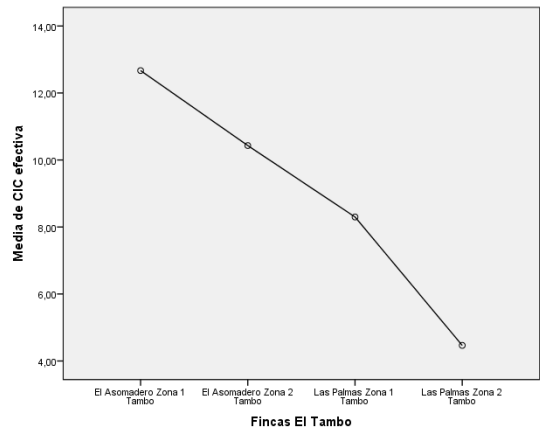
Al intercambiable



CIC



CIC efectiva



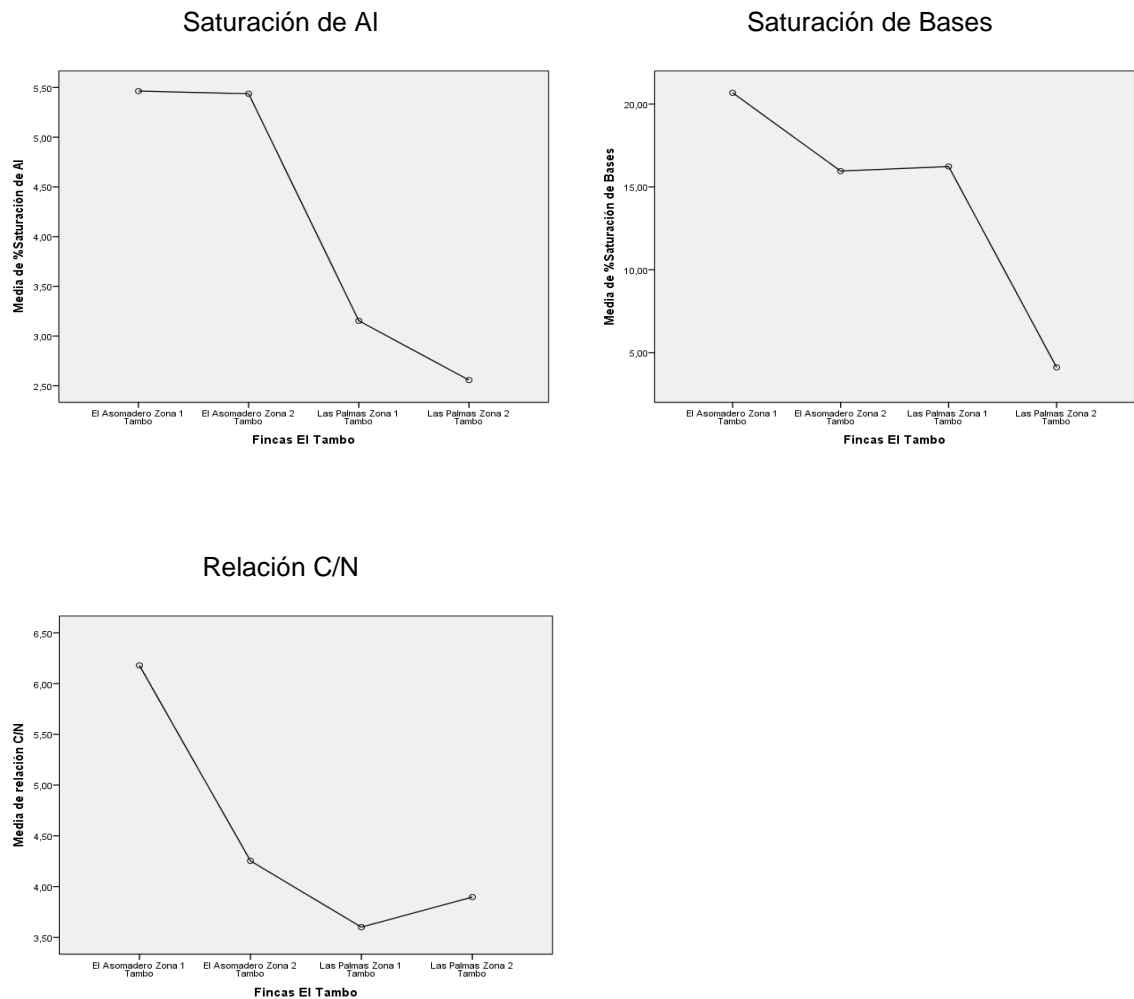


Figura 22. Comparación Estadística de Medias de Propiedades Químicas de Suelos de El Tambo

De las propiedades químicas, se deduce que, los suelos generalmente presentan una reacción fuertemente ácida siendo esta reacción significativamente inferior ( $p < 0.01$ ) en El Asomadero Zona 2, con un pH 5.41, no común para este tipo de suelos, es probable que haya ocurrido un encalamiento, proceso que cambia todas las condiciones naturales y la reacción química de los suelos. En este caso el pH si correlaciona negativa y significativamente con la acidez intercambiable. ( $-0,590^*$ ), demostrando su efecto, pero no se aprecia influencia del Al intercambiable, aun cuando presenta altos niveles de este elemento en El Asomadero, pero con bajas saturaciones, el encalamiento no fue suficiente para neutralizar el Al; el Ca es el elemento que más influye en el pH como se demuestra por la correlación positiva y significativa ( $0,706^*$ ).

La CIC es alta (>30), y proviene principalmente de los altos niveles de MO, (0,706\*), las bases de cambio aportan significativamente a esta propiedad, se tiene superior saturación de bases que de Al en esta fase coloidal. La CIC efectiva en todos los casos es superior a 4, indicando que no se produce pérdida por lavado de bases, como es de esperarse por la alta CIC.

Existe diferencia significativa en los porcentajes de materia orgánica de los suelos de El Tambo, todos tienen un alto nivel, siendo significativamente superior el de la Zona 1 El Asomadero.

### 6.1.6 NIVEL DE FERTILIDAD DE SUELO DE EL TAMBO

La tabla 26, muestra el estado de fertilidad en cuanto a macronutrientes de los suelos de Municipio de El Tambo, y la Figura 23 muestra la Comparación Estadística de Medias de Nivel de Fertilidad de estos Suelos.

Tabla 26. Nivel de Fertilidad de Suelos Municipio El Tambo

Vereda	Finca	% Nitrógeno	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de	El Asomadero Zona 1	1,04 <sup>b</sup>	0,010	0,96
Occidente	El Asomadero Zona 2	1,24 <sup>a</sup>	0,001	0,08
Chapa	Las Palmas Zona 1	0,99 <sup>c</sup>	0,014	1,39
	Las Palmas Zona 2	0,91 <sup>d</sup>	0,002	0,22

Vereda	Finca	Fósforo (mg/Kg)	Desviación Estándar	Coefficiente De Variación
Aires de	El Asomadero Zona 1	9,03 <sup>b</sup>	0,094	1,0
Occidente	El Asomadero Zona 2	9,24 <sup>a</sup>	0,025	0,27
Chapa	Las Palmas Zona 1	7,93 <sup>c</sup>	0,066	0,84
	Las Palmas Zona 2	6,01 <sup>d</sup>	0,085	1,41

Vereda	Finca	K (meq /100g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de	El Asomadero Zona 1	1.09 <sup>a</sup>	0.035	3.17
Occidente	El Asomadero Zona 2	0.92 <sup>b</sup>	0,008	0.87
Chapa	Las Palmas Zona 1	0.73 <sup>c</sup>	0.002	0.33
	Las Palmas Zona 2	0.63 <sup>d</sup>	0.002	0.29

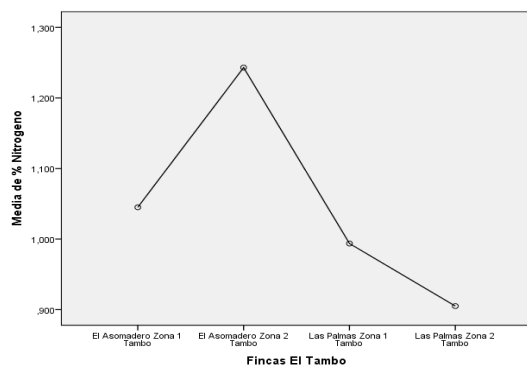
Vereda	Finca	Ca (meq /100g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de	El Asomadero Zona 1	4,78 <sup>a</sup>	0,070	1,47
Occidente	El Asomadero Zona 2	4,10 <sup>b</sup>	0,008	0,20
Chapa	Las Palmas Zona 1	2,74 <sup>c</sup>	0,016	0,59
	Las Palmas Zona 2	0,29 <sup>d</sup>	0,006	1,97

Vereda	Finca	Mg (meq/100g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	3,27 <sup>a</sup>	0,012	0,37
	El Asomadero Zona 2	1,97 <sup>b</sup>	0,026	1,32
Chapa	Las Palmas Zona 1	1,17 <sup>c</sup>	0,008	1,70
	Las Palmas Zona 2	0,08 <sup>d</sup>	0,003	3,20

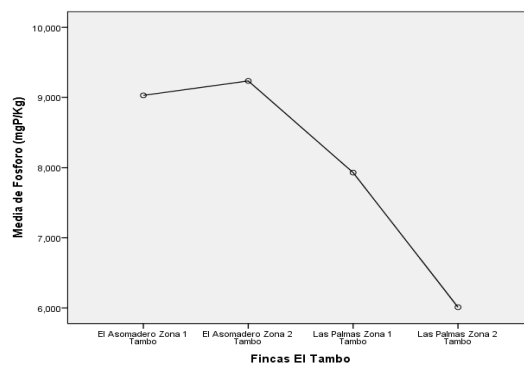
Vereda	Finca	Na (meq/100 g)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	0,79 <sup>b</sup>	0,009	1,09
	El Asomadero Zona 2	0,65 <sup>c</sup>	0,027	4,10
Chapa	Las Palmas Zona 1	0,97 <sup>a</sup>	0,011	1,10
	Las Palmas Zona 2	0,57 <sup>d</sup>	0,010	1,78

vereda	Finca	Ca/Mg	(Ca +Mg)/K
Aires de Occidente	El Asomadero Zona 1	1,462	7,39
	El Asomadero Zona 2	2,081	6,60
Chapa	Las Palmas Zona 1	2,342	5,36
	Las Palmas Zona 2	3,625	0,59

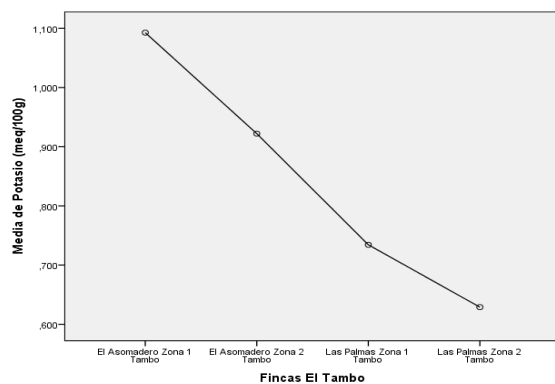
Nitrógeno (%)



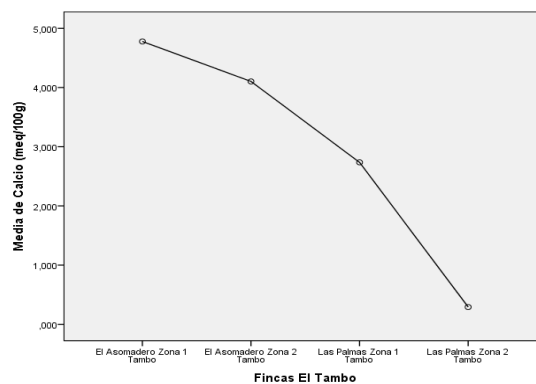
Fosforo (P mg/kg)



Potasio (K meq/100g)



Calcio (meq/100g)



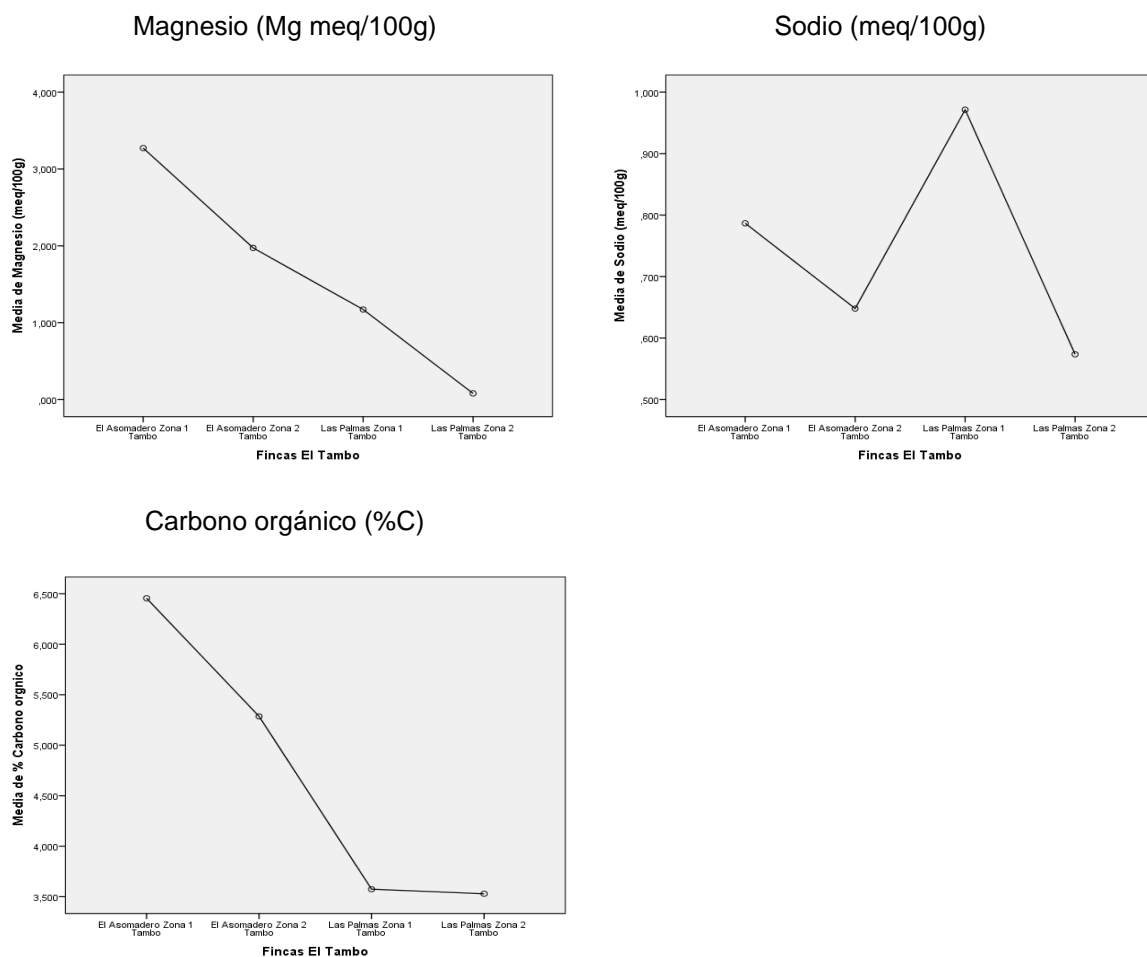


Figura 23. Comparación Estadística de Medias de Nivel de Fertilidad de Suelos en El Tambo

En cuanto al nivel de fertilidad, se aprecia (Figura 23) alto nivel de N, es probable que el alto nivel de N (>0,25%) provenga de recientes fertilizaciones en esta zona, porque no se encuentra correlación significativa con la MO, indicando que no estaría en forma orgánica. Esto conlleva a una muy baja relación C/N que indicaría fuerte mineralización de la MO, con peligro de erosión en estos suelos, aun cuando el nivel es alto. Se presentan diferencias significativas en los contenidos de N de las fincas de El Tambo. Además es posible que exista fijación de N por parte de los microorganismos fijadores allí presentes.

Se aprecia fuerte deficiencia de P en todos los suelos, asociada a la acidez intercambiable (-0,626\*), mostrando probable retención aniónica de este elemento. Se deduce que el P está presente en forma orgánica no disponible para la planta, por la correlación positiva y altamente significativa con la MO, (0,780\*\*). Existe diferencia significativa en el contenido de fósforo de los suelos de El Tambo, el

contenido de fosforo disponible en la Zona 2 de Las Palmas es significativamente inferior al de los demás

En todos los suelos de El Tambo se observa un alto contenido de potasio, de acuerdo con los valores reportados en la literatura ( $> 0,35$ ). (Silva, 2000), existen diferencia significativa entre todos los suelos del estudio, siendo significativamente superior el contenido de potasio en la El Asomadero Zona1 y significativamente inferior en la Las Palmas Zona 2

Los niveles de Ca en El Asomadero están en un rango medio a pesar de la fuerte acidez, igualmente el nivel de Mg en en esta zona es adecuado, se prevé un encalamiento con dolomita disminuyendo drásticamente la relación Ca/Mg a 1.5, en El Asomadero Zona 1, induciendo así al antagonismo con el Ca impidiendo su entrada a las plantas. Sin embargo en Las Palmas hay deficiencia de este nutriente. En los demás suelos la relación es normal. La relación  $(Ca+Mg)/K$  es muy baja especialmente en Las Palmas Zona 2. Esto induce a fuertes deficiencias de las otras bases de cambio.

El Na en todos los casos es bajo como era de esperarse por la fuerte acidez de estos suelos, siendo significativamente superior en la Las Palmas Zona 1, y significativamente inferior en Las Palmas Zona 2.

### 6.1.7 COMPARACIÓN DE LOS SUELOS DE TIMBÍO Y EL TAMBO.

Para comparar las propiedades de los suelos de El Tambo y Timbío, se aplica la prueba estadística de ANOVA. (Tabla 27) y se comparan mediante Diagrama de Cajas: la Estadística de Medias de Propiedades Físicas, Químicas y de fertilidad de Suelos de Timbío y El Tambo

Tabla 27. Prueba de ANOVA de Comparación entre Suelos de Timbío con El Tambo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
% Humedad	Entre grupos	1,295	1	1,295	,095	,761
	Dentro de grupos	342,407	25	13,696		
	Total	343,702	26			
% Arena	Entre grupos	60,882	1	60,882	9,792	,004
	Dentro de grupos	155,445	25	6,218		
	Total	216,327	26			
% Arcillas	Entre grupos	128,975	1	128,975	11,656	,002
	Dentro de grupos	276,617	25	11,065		
	Total	405,591	26			



Continuación tabla 27. Prueba de ANOVA de Comparación entre Suelos de Timbio con El Tambo.

%Limos	Entre grupos	12,637	1	12,637	11,833	,002
	Dentro de grupos	26,697	25	1,068		
	Total	39,334	26			
Densidad aparente (g/cm3)	Entre grupos	,005	1	,005	2,783	,108
	Dentro de grupos	,047	25	,002		
	Total	,052	26			
Ph	Entre grupos	,001	1	,001	,017	,898
	Dentro de grupos	1,950	25	,078		
	Total	1,951	26			
Acidez intercambiable(meq/g)	Entre grupos	18,145	1	18,145	1971,663	,000
	Dentro de grupos	,230	25	,009		
	Total	18,375	26			
Al intercambiable (meq/g)	Entre grupos	4,022	1	4,022	13,155	,001
	Dentro de grupos	7,643	25	,306		
	Total	11,665	26			
CIC (meq/g)	Entre grupos	1998,320	1	1998,320	88,176	,000
	Dentro de grupos	566,570	25	22,663		
	Total	2564,890	26			
% Carbono orgánico	Entre grupos	4,692	1	4,692	3,003	,095
	Dentro de grupos	39,061	25	1,562		
	Total	43,753	26			
% Materia orgánica	Entre grupos	13,951	1	13,951	3,004	,095
	Dentro de grupos	116,090	25	4,644		
	Total	130,041	26			
% Nitrógeno	Entre grupos	,076	1	,076	2,077	,162
	Dentro de grupos	,919	25	,037		
	Total	,995	26			
Fosforo (mgP/Kg)	Entre grupos	239,206	1	239,206	205,528	,000
	Dentro de grupos	29,096	25	1,164		
	Total	268,302	26			
Potasio (meq/100g)	Entre grupos	,002	1	,002	,064	,802
	Dentro de grupos	,711	25	,028		
	Total	,713	26			
Calcio (meq/100g)	Entre grupos	1,204	1	1,204	,699	,411
	Dentro de grupos	43,075	25	1,723		
	Total	44,280	26			
Magnesio (meq/100g)	Entre grupos	4,028	1	4,028	5,223	,031
	Dentro de grupos	19,280	25	,771		

Continuación tabla 27. Prueba de ANOVA de Comparación entre Suelos de Timbío con El Tambo					
Sodio (meq/100g)	Total	23,307	26		
	Entre grupos	1,249	1	1,249	42,074 ,000
	Dentro de grupos	,742	25	,030	
CIC efectiva	Total	1,992	26		
	Entre grupos	72,644	1	72,644	13,259 ,001
	Dentro de grupos	136,976	25	5,479	
Saturación de Al	Total	209,620	26		
	Entre grupos	37,906	1	37,906	44,129 ,000
	Dentro de grupos	21,474	25	,859	
Saturación de Bases	Total	59,380	26		
	Entre grupos	298,850	1	298,850	14,651 ,001
	Dentro de grupos	509,960	25	20,398	
	Total	808,810	26		

La Prueba de ANOVA y la Comparación Estadística de Medias representada en el diagrama de cajas para suelos de Timbío y El Tambo no muestran diferencia significativa en la Humedad higroscópica (figura 24), El porcentaje de humedad higroscópica para los suelos de los dos municipios, se encuentra en un rango óptimo se consideran suelos húmedos, pero es un porcentaje adecuado de acuerdo a la textura de los suelos franco-arenoso.

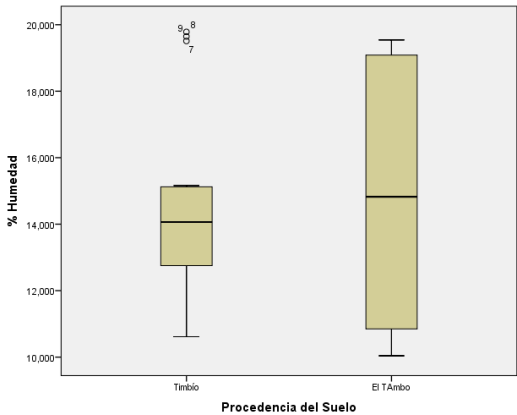


Figura 24. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de %Humedad de Timbío y El Tambo.

La densidad aparente tampoco presenta diferencia significativa entre los dos municipios (figura 25) es baja en todos los suelos, inferior a 1.

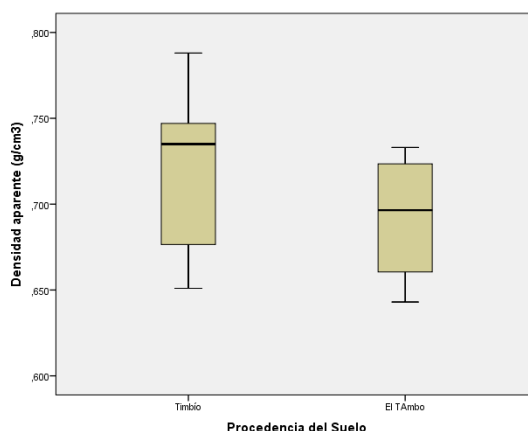


Figura 25. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de D aparente de Suelos de Timbío y El Tambo.

La baja densidad aparente indica alta porosidad, menor compactación, y más estabilidad, está asociada a la MO negativa y significativamente como lo demuestra la correlación de Pearson (-0,706\*\*), indicando la fuerte influencia de la MO en la formación de agregados con alto volumen, que permiten como se mencionó anteriormente una adecuada bioestructura. La correlación negativa y altamente significativa de la densidad aparente con el nivel de Al (-0,586\*\*) también explica el papel de los aluminosilicatos en la porosidad del suelo con la respectiva disminución de la densidad aparente. Estas correlaciones negativas que posibilitan la disminución de la densidad aparente hacen posible un mejor movimiento del agua y nutrientes en el suelo, es por esta razón que se encuentra una relación negativa y altamente significativa de la Densidad aparente con la disponibilidad de P, Ca, K y Mg (tabla16, Anexo A)

Todos los suelos presentan una textura franco Arenosa, indicando que son suelos considerados adecuados para las prácticas agrícolas, con un nivel óptimo de arcillas que proporciona al suelo una adecuada retención de agua. Sin embargo, los porcentajes de arena son altos en todos los suelos, superando al valor óptimo (50-65%), aportando alta porosidad, pero indicando peligro de erosión, existiendo diferencia significativa entre todos los suelos, (tabla 27) y (figura 26).

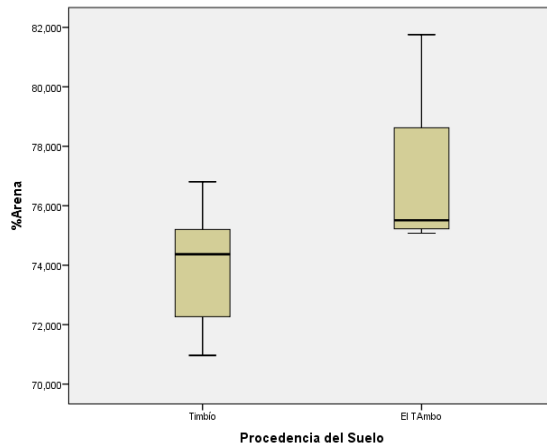


Figura 26. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de % Arena de Suelos de Timbío y El Tambo.

Los porcentajes de limos son bajos en todos los suelos, inferior al rango óptimo (25-50%), siendo significativamente inferior en todos los suelos de Timbío (figura 27).

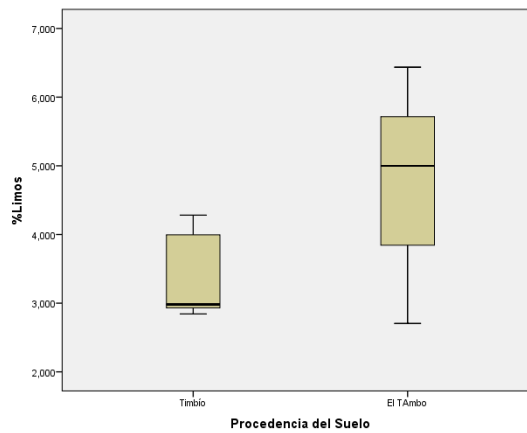


Figura 27. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias % Limos de Suelos de Timbío y El Tambo.

El porcentaje de arcillas, se encuentra en niveles óptimos en la mayoría de los suelos analizados, siendo significativamente superior en los suelos de Timbío (figura 28).

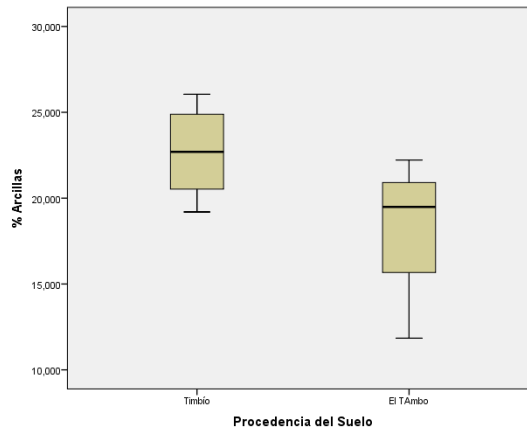


Figura 28. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de % arcillas de Suelos de Timbio y El Tambo.

La correlación de Pearson (tabla 20 Anexo A) indica que el % de arcillas está asociado positiva y significativamente con la MO (0,565\*\*), demostrando la formación de compuestos órganominerales entre las arcillas y la MO para obtener una adecuada bioestructura en estos suelos que permiten una estabilidad estructural y favorece los procesos de fertilidad tal como se demuestra en la figura 29. La formación de la bioestructura se hace mediante dos procesos: la floculación que es la unión de dos partículas de arcilla formando los agregados primarios y posterior cementación que es la unión de la MO con las láminas de arcilla a través los grupos carboxílicos, fenólicos u alcohólicos con los cationes de cambio adsorbidos en las láminas de arcilla, para formar los agregados secundarios. Solamente estos compuestos órganominerales suministran una verdadera estabilidad al suelo, ante fenómenos de fuertes aguaceros, pérdida por escorrentía, etc.

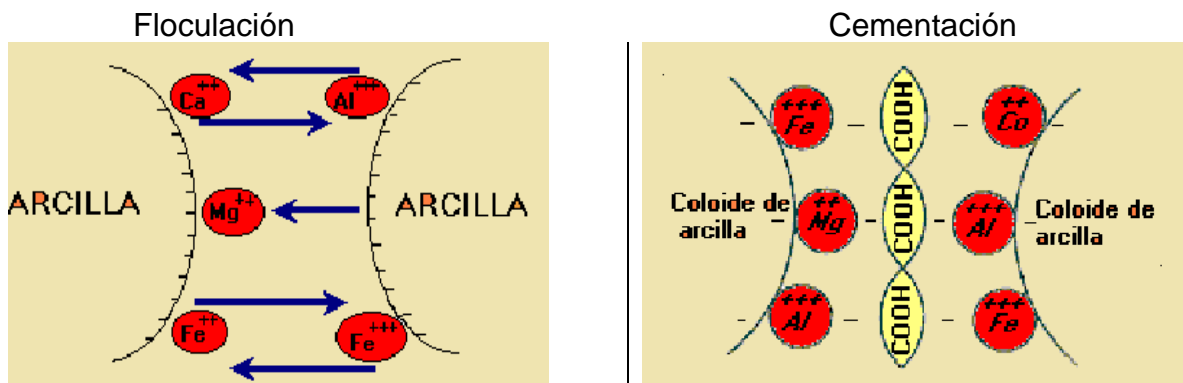
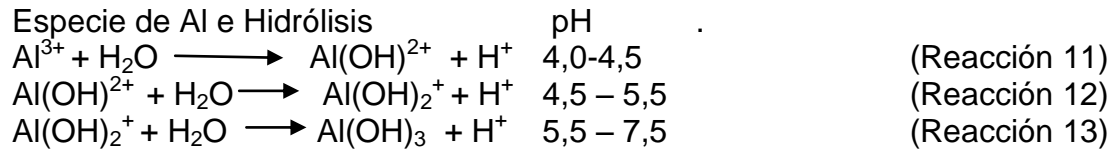


Figura 29. Formación Bioestructura entre las arcillas y la MO.

El pH de los suelos se encuentra en un rango de 4,5-5,3 los suelos son fuertemente ácidos, esta acidez tiene diferentes causas, una de ellas es la presencia de aluminio que produce hidrólisis de las formas monoméricas del aluminio como se muestra en las reacciones 11 a 13::



De acuerdo a lo anterior se podría afirmar que una de las posibles causas de la acidez de los suelos de El Tambo y Timbío se debe a la presencia de la especie  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  en la solución del suelo, además esta característica ácida demuestra que el origen de los suelos es principalmente derivados de cenizas volcánicas, dando lugar un agregación similar de partículas. No existe diferencia significativa en los valores de pH de los suelos provenientes de Timbío y de El Tambo ( $p > 0.05$ ) (tabla 27 y figura 30)

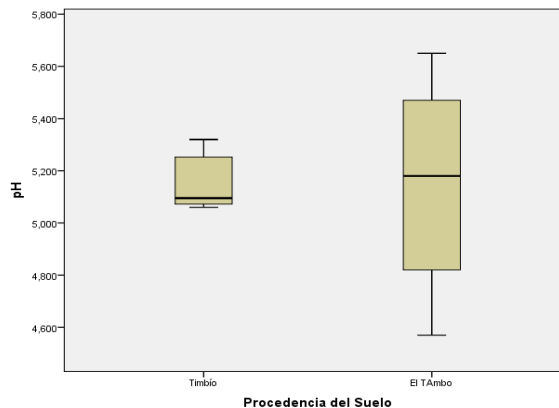


Figura 30. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de pH Suelos de Timbío y El Tambo.

La Acidez y Al intercambiables difieren significativamente siendo superior en suelos de El Tambo. (Figura 31). Aun cuando los suelos son fuertemente ácidos, implicaría alta saturación de Al y bajos niveles de K, no se aprecia esto en ninguno de los dos municipios, pues el alto nivel de MO quelata fuertemente al Al impidiendo su paso a fracción intercambiable.

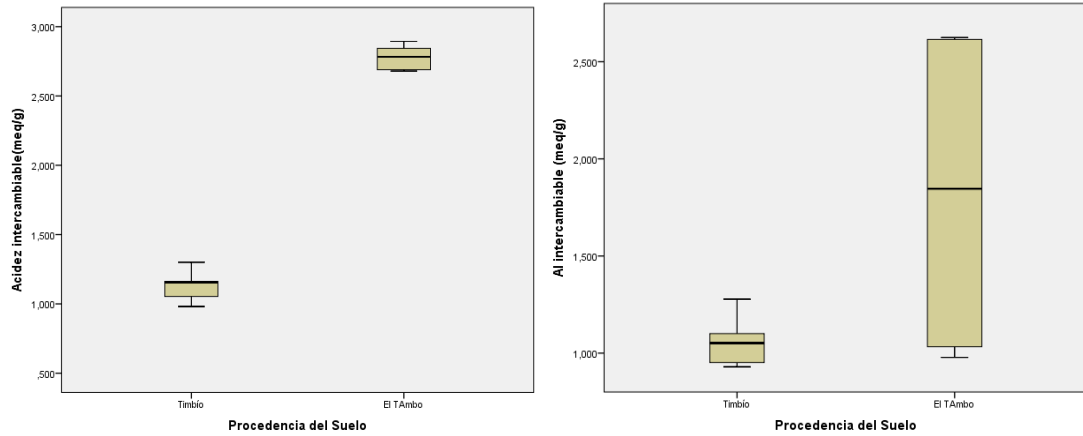


Figura 31. Comparación Estadística de Medias de Acidez y Al intercambiable de Suelos de El Tambo y Timbío.

Los niveles de MO son altos en los suelos de ambos municipios, sin presentar diferencia significativa entre ellos (figura 32) por otro lado, la contribución de la materia orgánica a la fertilidad de los suelos a través del suministro de nutrimentos como el nitrógeno, muestran la influencia positiva en estos suelos.

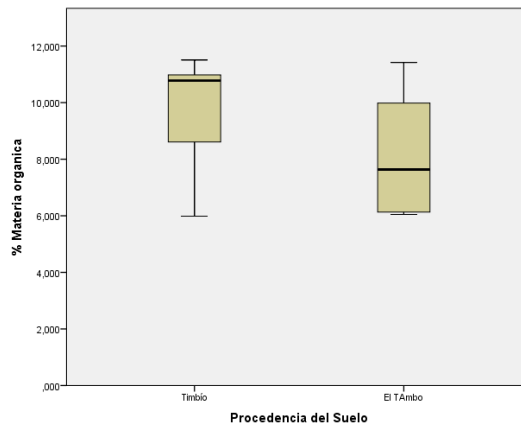


Figura 32. Comparación Estadística de Medias de MO de suelos de Timbío y El Tambo

A la MO se atribuyen la baja cantidad de Al intercambiable en suelos de los dos municipios, por complejación fuerte, impidiendo su paso a fracción intercambiable, como se muestra en la figura 33.

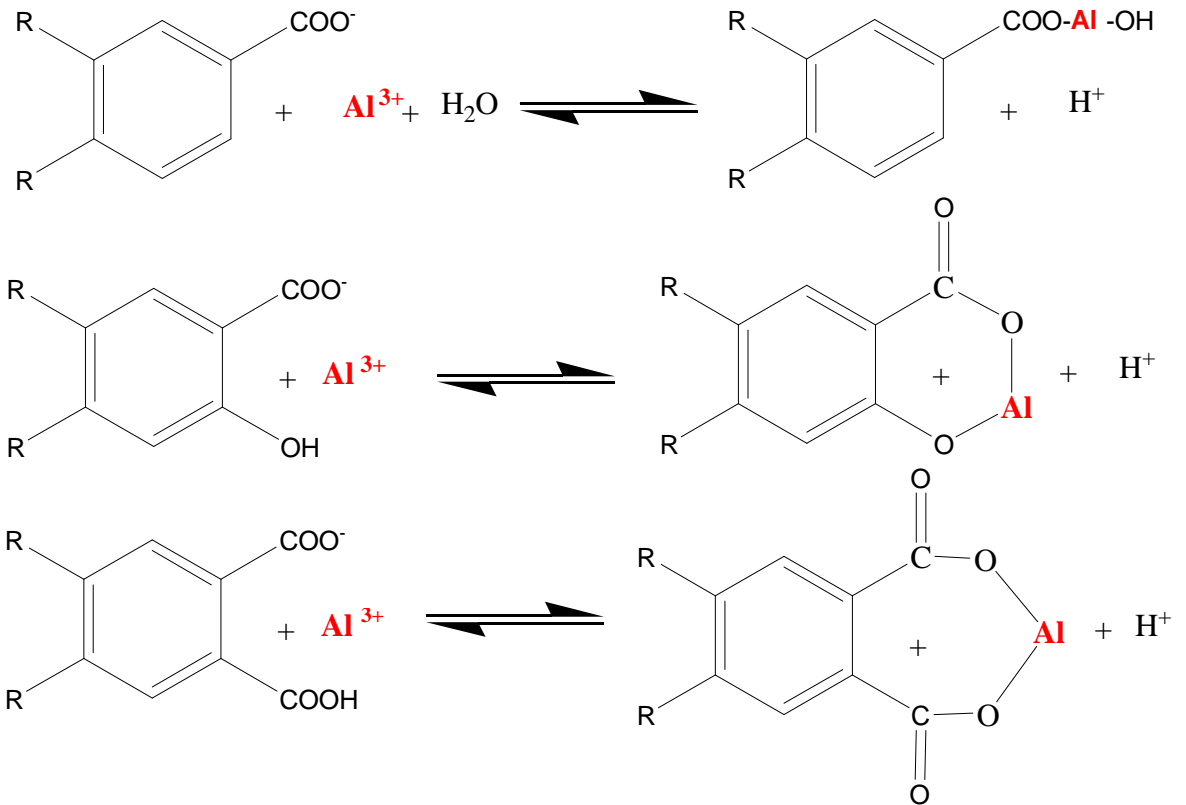


Figura 33. Aluminio quelatado en la materia orgánica del suelo

Además la alta cantidad de MO implica procesos de acumulación sin la debida transformación.

La CIC es alta en ambos tipos de suelos, siendo significativamente superior en suelos de Timbío, (figura 34) demostrando que esta característica fuertemente asociada a la MO, también está siendo influenciada por las arcillas que es significativamente superior en los suelos de Timbío.



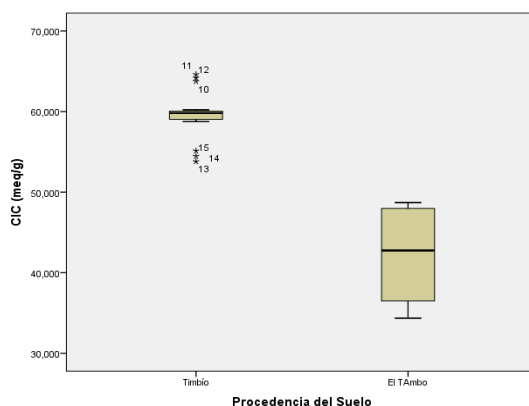


Figura 34. Comparación Estadística de Medias CIC de Suelos de Timbío y El Tambo

En El Tambo es significativamente superior la saturación de Al, pero también la Saturación de Bases, (figura 35) lo que indica aplicación de algún tipo de cal en este suelo con contenidos apreciables de Mg, ya que ésta base también es significativamente superior en este municipio. Se resalta en ambos municipios una fuerte deficiencia de bases de cambio, denotándose algo de clorosis en las hojas de la granadilla.

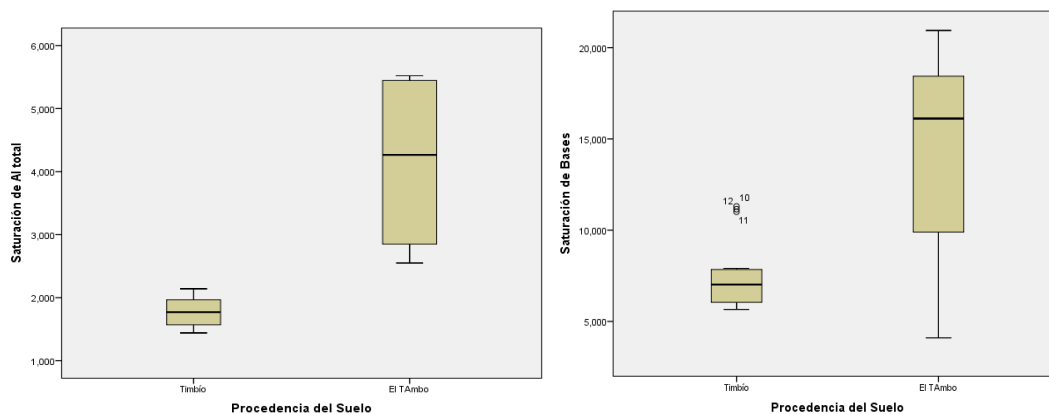


Figura 35 Comparación Estadística de Medias % saturación de Al y Bases de cambio de Suelos de Timbío y El Tambo

No existe diferencia significativa en el %N (figura 36) de los suelos de los dos municipios, siendo alto, superior al 0,25%.

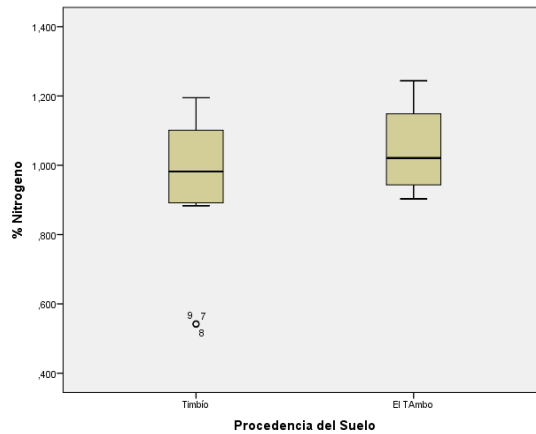


Figura 36. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Nivel de Fertilidad de Suelos de Timbío y El Tambo.

Proviene principalmente de la MOS como lo demuestra la relación positiva y significativa con materia orgánica. Esto indica que el N está principalmente en forma orgánica no disponible para las plantas, o cabe la posibilidad de que haya fijación de N por los microorganismos allí presentes, porque en ambos municipios la relación C/N es muy baja, demostrando posibilidad de erosión. Esta relación es significativamente inferior en Suelos de El Tambo (< 10).

También se aprecia deficiencia fuerte de P como consecuencia de la fuerte acidez, existiendo diferencia significativa entre los suelos de los dos municipios, siendo este nutriente significativamente superior en los suelos de El tambo, (figura 37) aun cuando allí la acidez es más fuerte, lo que indica intervención antrópica con adición de fertilizantes en estos suelos.

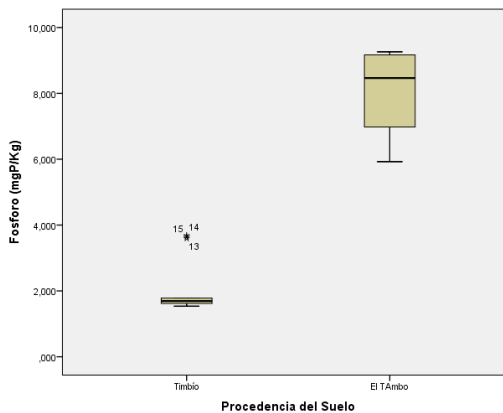


Figura 37. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de P de Suelos de Timbío y El Tambo.

La deficiencia de P se manifiesta en el tamaño reducido de algunas plantas y el desarrollo más lento donde la deficiencia es mayor, se aprecia retardo en el proceso de maduración que los agricultores lo atribuyen al verano fuerte. En algunas plantas se observan tintes purpúreos en algunas hojas y ramas y todo eso se tradujo en una cosecha reducida en este período del 2015.

La deficiencia de Ca Mg y P también se manifiesta en poca resistencia al ataque de algunos insectos a la granadilla, principalmente de larvas de mariposa (*lepidoptera nymphalidae*) y chinches (familia *coreidae*) que afectan tanto el desarrollo de las hojas como los frutos.

La disponibilidad del fósforo también depende del grado de acidez del suelo, debido a que a mayor acidez hay menor contenido de fósforo disponible, el aluminio en estado monomérico es una de las causas más fuertes de acidez en los suelos, mayor contenido de aluminio, provoca la mayor formación de complejos de fósforo insolubles que impiden la disponibilidad en el suelo.

No existe diferencia significativa en los niveles de K (figura 38) de los suelos de los dos municipios, la deficiencia de este nutriente nunca se ha encontrado en este tipo de suelos, probablemente la despesa de este nutriente hace que siempre el equilibrio se desplace hacia la solución del suelo.

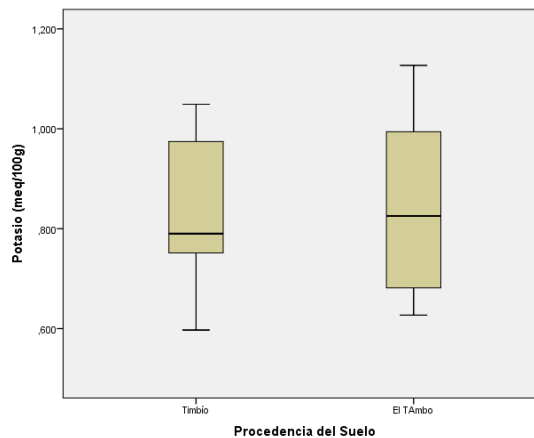


Figura 38. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de K de Suelos de Timbío y El Tambo.

Se resalta en ambos municipios una fuerte deficiencia de bases de cambio, en la mayoría de los suelos analizados. En la figura 39, se observan diferencias significativas en los niveles de Ca y Mg para los dos municipios, siendo estos valores significativamente superiores para El Tambo.

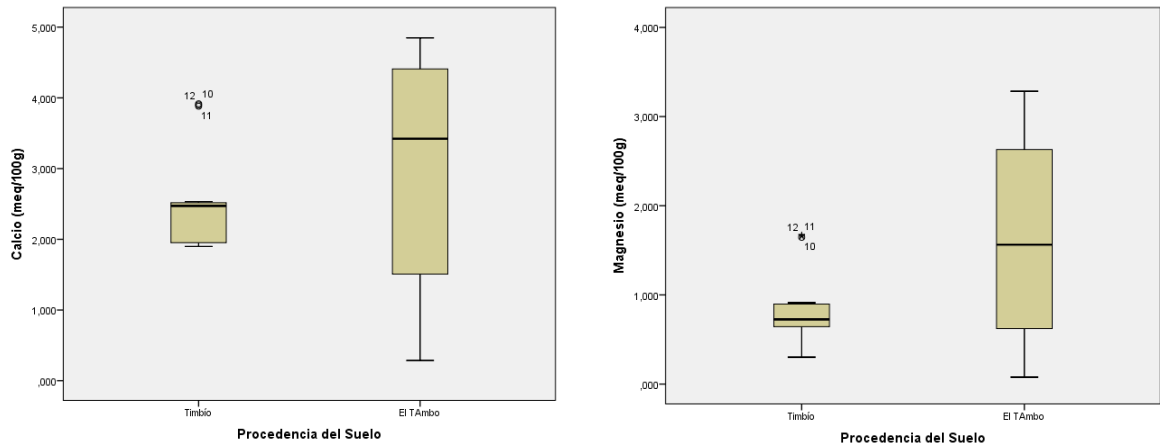


Figura 39 Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Ca y Mg de Suelos de Timbío y El Tambo.

La baja saturación de bases (figura 35) puede ser producto de la fuerte acidez de los suelos, sin embargo la CIC efectiva es superior a 4 en ambos municipios, siendo significativamente superior en suelos de El tambo, (por la posible aplicación de una cal), lo que sugiere que la deficiencia de bases se debe a continuas extracciones sin reposición permanente

El contenido de Na disponible en los suelos de ambos municipios, se observa en la figura 40, diferencia significativa en los dos municipios, siendo significativamente superior en el Municipio de El Tambo, pero adecuado para el tipo de suelos.

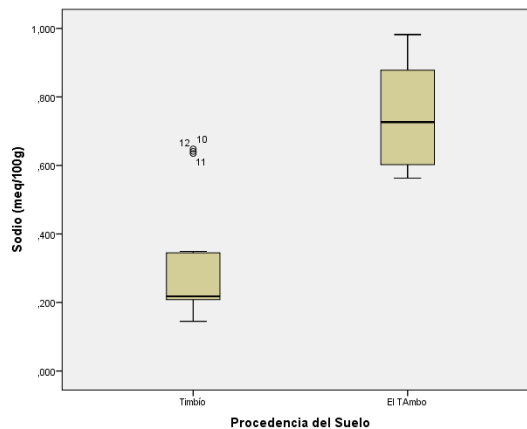


Figura 40. Diagrama de Cajas: Comparación Estadística de Medias de Na de Suelos de Timbío y El Tambo.

## 6.2 ANÁLISIS PROXIMAL

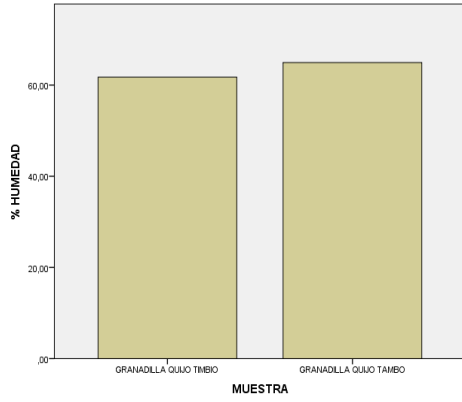
Para evaluar la calidad nutricional de la Granadilla Quijos, se determinó su composición química, mediante la determinación del análisis proximal, mide la cantidad de nutrientes presentes, divididos en seis grupos: Contenido de humedad (agua), proteína bruta, fibra cruda, cenizas, grasas, carbohidratos, azúcares reductores. Se expresa en porcentaje y se aplican metodologías específicas para evaluar cada uno de los componentes (tabla 28) y (figura 41) se presenta la Comparación Estadística de Medias de Componentes Químicos de Granadilla de Timbío y El Tambo. (Tabla 28)

Tabla 28. Resultado análisis proximal granadilla de Quijos

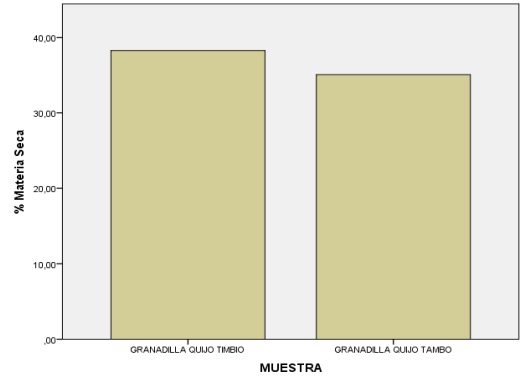
Parámetro	Procedencia Granadilla			
	Timbío		Tambo	
	Promedio	S	Promedio	S
Humedad %	61,74	1,42	64,94	0,58
Materia Seca %	38,26	1,42	35,06	0,58
Cenizas	1,08	0,035	1,92	0,033
Proteína %	0,165	0,0001	0,146	0,005
Fibra Total	27,30	0,29	24,06	0,41
Carbohidrato Total%	7,265	0,43	7,21	0,17
Azúcares Reductores (g/L)	103,447	0,069	62,923	0,259
Grasa Total	2,445	0,006	2,528	0,005
Energía Kcal/100g	51,72		52,18 Kcal	
pH	5,40	0,01	5,20	0,01

Para saber si existe diferencia significativa entre el análisis proximal de las granadillas Quijos de los dos Municipios se aplica un tratamiento estadístico, inicialmente se someten los datos a prueba de normalidad (Tabla 1 Anexo B) en donde se refleja que los datos de humedad, cenizas y materia seca esta se ajusta a la normalidad ( $p > 0.05$ ), por tanto se aplican pruebas paramétricas ANOVA (Tabla 2, Anexo B) y Tukey (Tabla 3 a 5, Anexo B).

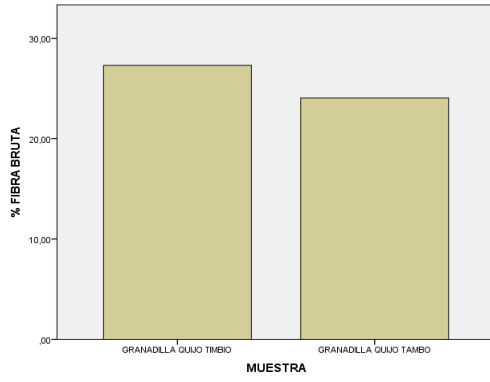
**% Humedad**



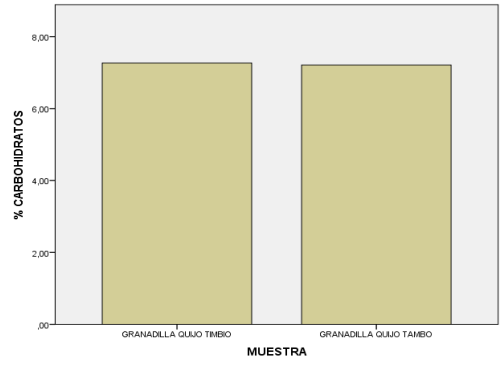
**% Materia seca**



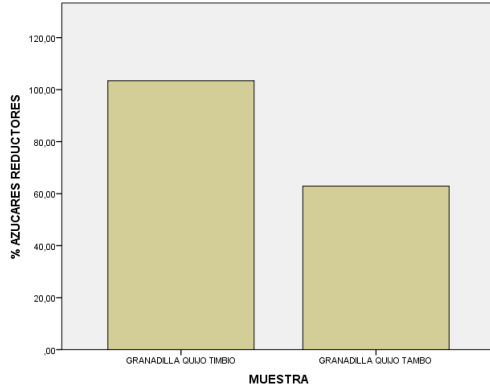
**Fibra Bruta (%)**



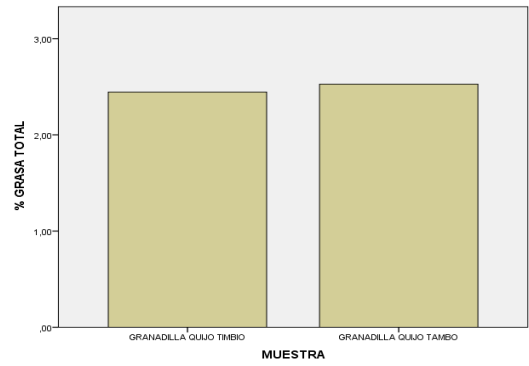
**Carbohidratos (%)**



**Azúcares Reductores (g/L)**



**Grasa Total (%)**



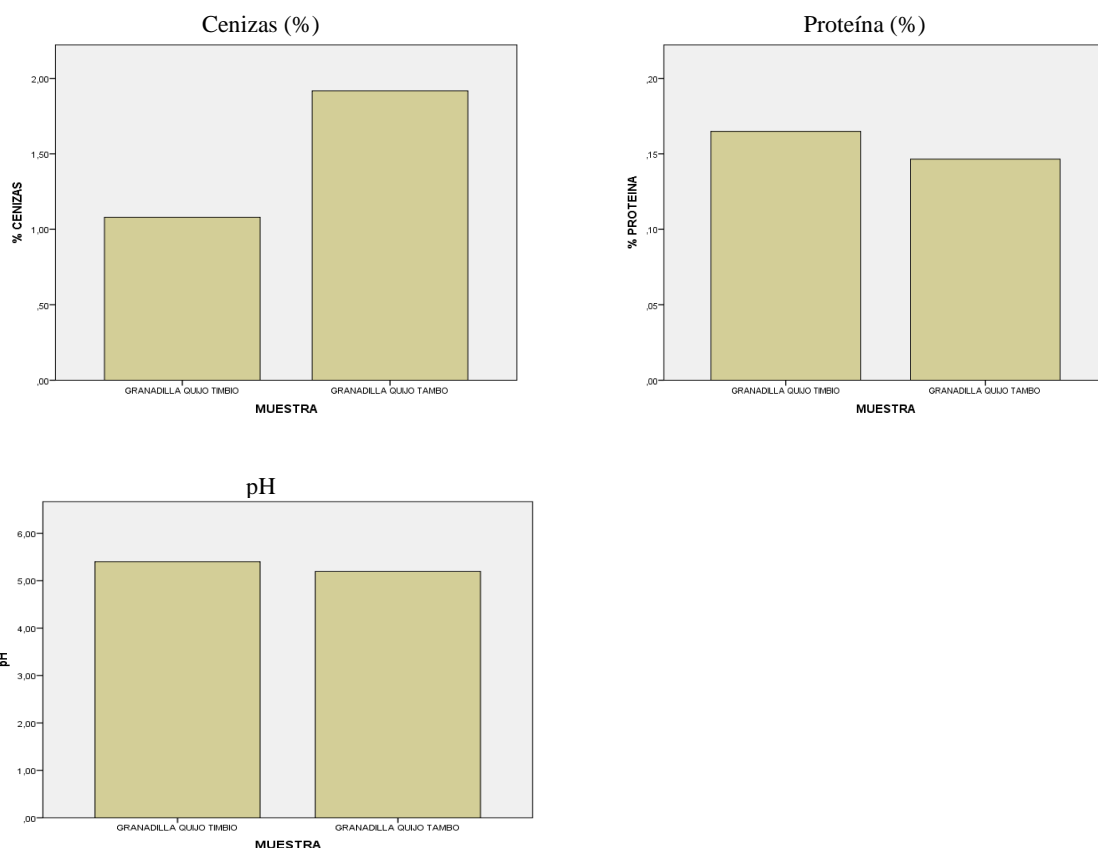


Figura 41. Comparación Estadística de Medias de Componentes Químicos de Granadilla de Timbío y El Tambo.

De los valores reportados en la tabla 28 y figura 41 se puede observar que la diferencia en humedad y materia seca no es tan grande entre las granadillas procedentes de los dos municipios, sin embargo la prueba de ANOVA ( tabla 2, Anexo B) demuestra que la granadilla de Timbío presenta humedad significativamente inferior y el contenido de materia seca significativamente superior que la granadilla de El Tambo, ( $p < 0,05$ ), siendo importante señalar que el grado de madurez de consumo es uno de los factores que determinan el contenido de agua presente en las muestras estudiadas.

Es de aclarar que Los otros parámetros diferentes a la humedad, cenizas y materia seca no se ajustan a la normalidad (Tabla 1 Anexo B), y por ello se aplican pruebas no paramétricas. La prueba de Kruskal-Wallis se aplica al resto de parámetros para saber si existen diferencias significativas entre los datos de las granadillas de los diferentes sitios de muestreo, (Tabla 6 Anexo B ), en donde se aprecia que todas las variables presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Para saber en dónde radica la diferencia se aplican la prueba U de Mann-Whitney (Tabla 8 a 12, Anexo B) y se recoge la tabla de medias de los valores de las variables de cada sitio de muestreo. (Tabla 7, Anexo B).

El porcentaje de carbohidratos se relaciona con el pH de las muestras, debido a que el mayor contenido de glúcidos se encuentra en la muestra con un pH más elevado, es decir la granadilla de Quijos de El Tambo. Esto se refleja en el contenido de azúcares reductores que es significativamente superior en la granadilla de Timbío y estadísticamente se comprueba por la correlación negativa y altamente significativa con el porcentaje de carbohidratos, (-0,775\*\*), y en el pH que es significativamente superior en la granadilla de Timbío con el cual también correlaciona negativa y significativamente (-0.867\*\*), indicando que el grado de madurez disminuye la acidez, aumenta los azúcares reductores y la materia seca. También se refleja en el contenido de proteínas y fibra total que son significativamente superiores en la granadilla más madura (Timbío), así mismo en el menor contenido de grasa. Sin embargo no existe diferencia significativa en el contenido de Carbohidratos totales. El aporte calórico no difiere significativamente en las granadillas de los dos municipios.

La distribución de los principales componentes químicos de la granadilla de Quijos de acuerdo al análisis proximal porcentual (Figura 42) indica que la granadilla es una importante fuente de hidratación, de fibra, de carbohidratos principalmente de azúcares sencillos reductores, con un importante aporte de calorías necesarias para la nutrición especialmente de los niños en edad escolar y adultos, con bajo contenido de grasa y un pH adecuado para el sistema digestivo. Que la diferencia en la composición de la granadilla se atribuye principalmente al grado de madurez y no al origen de su procedencia. Además que el grado de madurez influye considerablemente en el valor nutricional de la granadilla, se debe dejar madurar para su consumo

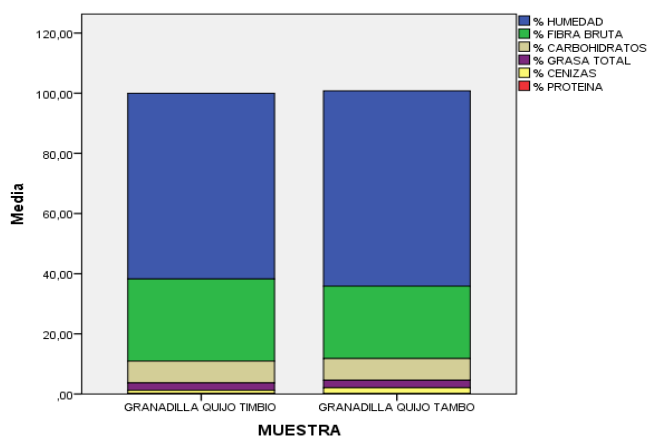


Figura 42. Distribución de los principales componentes químicos de la granadilla de Quijos de acuerdo al análisis proximal.



## 7. CONCLUSIONES

- Los suelos de vereda santa María Timbío y El Tambo presentan textura franco arenosa, niveles óptimos de arcillas. La densidad aparente es menor a 1. Los suelos de El Tambo presentan altos niveles de arena y bajos de limo.
- Las propiedades químicas de los suelos de vereda santa María Timbío y El Tambo difieren significativamente entre ellos, son fuertemente ácidos, con alto contenido de MO, alta CIC, la relación C/N es baja, indica peligro de erosión. En El Asomadero se denota un enclamiento previo
- Las plantas de granadilla no presentan toxicidad por aluminio, debido a que estos niveles son bajos.
- La fertilidad de los suelos de Timbío y El Tambo demuestra alto contenido de N y K pero severa deficiencia de P, Ca y Mg, que afectan el desarrollo y producción de los cultivos.
- Los altos niveles de K conducen a bajas relaciones  $(Ca + Mg)/K$  siendo más bajas en los suelos de Timbío, acentuando las deficiencias de Ca y Mg en todos los suelos analizados.
- La granadilla es una importante fuente de hidratación, de fibra, de carbohidratos principalmente de azúcares reductores, con un importante aporte de calorías, con bajo contenido de grasa y un pH adecuado para el sistema digestivo.
- La diferencia en la composición del fruto proveniente de los dos municipios se atribuye principalmente al grado de madurez y no al origen de su procedencia.
- El grado de madurez del fruto influye considerablemente en el valor nutricional de la granadilla, por tanto se debe dejar madurar para su consumo.
- La granadilla de Quijos difiere en la composición nutricional de las demás Passifloras, todas presentan porcentajes de humedad elevados y en comparación con la granadilla común, el contenido de agua es más bajo, también difieren en el contenido de proteína, carbohidratos, cenizas, fibra, y grasa total, siendo la granadilla común la que posee porcentajes mas elevados.

## 8. RECOMENDACIONES DE ENCALAMIENTO:

Tabla 29. Recomendaciones de encalamiento fincas vereda Santa María (Timbío)

Finca	RECOMENDACIÓN
San Luis parte Alta	Encalar con 1885 kg Dolomita/ha
San Luis Parte Baja	Encalar con 1240 kg Dolomita/ha
San Lorenzo:	Encalar con 1161 kg Dolomita/ha
La Despensa	No necesita encalar
El Carmen	Encalar con 1530 kg Dolomita/ha

Tabla 30. Recomendaciones de encalamiento fincas El Tambo.

Finca	RECOMENDACIÓN
El Asomadero Zona 1	Encalar de forma inmediata con 1.8 ton de cal agrícola /ha
El Asomadero Zona 2	no necesita encalamiento
Las Palmas Zona 1:	Encalar con 570 Kg Dolomita/ha
Las Palmas Zona 2	Encalar con 2.5 Ton Dolomita/ha y con 850 kg Cal Agrícola/ha

### Recomendación de Aplicación de una fuente de P:

Tabla 31. Recomendaciones de aplicación de una fuente de fosforo en suelos de Santa María (Timbío).

Finca	RECOMENDACIÓN
San Luis parte Alta	Aplicar 40 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
San Luis Parte Baja	Aplicar 42 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
San Lorenzo: Aplicar	Aplicar 48 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha.
La Despensa:	Aplicar 45 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
El Carmen:	Aplicar 39 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha

Tabla 32. Recomendaciones de aplicación de una fuente de fosforo en suelos de El Tambo.

<b>Finca</b>	<b>RECOMENDACIÓN</b>
El Asomadero Zona 1	Aplicar 18 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
El Asomadero Zona 2	Aplicar 18 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
Las Palmas Zona 1:	Aplicar 23 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha.
Las Palmas Zona 2:	Aplicar 30 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha

## BIBLIOGRAFIA

- BERNAL, Jorge. Y CABRERA, Carlos Alberto. Manual técnico del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis juss*) en el departamento del Huila. Secretaria técnica cadena productiva frutícola.1ª ed. Neiva Huila.2006.32p.
- BURBANO ORJUELA, Hernán. Y SILVA MOJICA, Francisco. Ciencia del suelo. Principios básicos.2ª ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo: Bogotá D.C.2013.594p
- CARVAJAL DE PABON, Luz Marina; TURBAY, Sandra; ROJANO, benjamín; ALVAREZ, Lizeth marelly; RESTREPO, Sara luz; ALVAREZ, Yuly Maritza; BONILLA, Karla; OCHOA, Clara; SANCHEZ,Nelly. (2011). "Algunas especies de pasiflora y su poder antioxidante". Revista cubana de plantas medicinales. vol 16.
- CASTAÑEDA OVANDO, Aracelli. Fisicoquímica de alimentos. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.Mexico.2011.
- CORDOBA, Sergio Leonardo. Propagación de especies nativas de la región andina. Centro de investigación botánico José Celestino Mutis.Bogota.Noviembre 2010.36p.
- ELJACH MOSQUERA, Sara Marcela. Etnobotánica de la granadilla de quijos (*Passiflora popenovii*) en el municipio de Timbío en el departamento del cauca Colombia. Pontificia universidad Javeriana. Facultad de Ciencias.25 de septiembre.Bogota.2009.88p.
- FASSBENDER, Hans W. y BORNEMISZA, Elemer. Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina.5ª ed.Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica.1987.420p.
- GARCIA,Mario Alfonso. Guia Tecnica del Cultivo de Maracuya. Centro Nacional de Tecnologia Agropecuaria y Forestal Enrique Alvarez Cordoba .El Salvador. Diciembre .2010. 36p
- HERNANDEZ ROMERO Sebastián. y JIMENEZ MATEO Pepa. Modulo para Agrotecnología. Medellín Colombia .2008
- HOYOS, Olga Lucia y VÉLEZ, Patricia Helena. Análisis de Alimentos: Manual de Prácticas de Laboratorio. Popayán. Universidad del Cauca. 2001. 15-33 p.
- IGAC.Métodos analíticos del laboratorio de suelos.5ed.Bogotá: Imprenta nacional de Colombia,2006 p.

- JARAMILLO JARAMILLO, Daniel Francisco. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias. 2009. 595p.
- LOPEZ GOMEZ, Adriana. Aprovechamiento de oxalis tuberosa “oca” para la obtención de bioetanol, como alternativa de sustitución de cultivos ilícitos en clima frío. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias naturales exactas y de la educación. Popayán. 2014.91p.
- MILLER, James N. y MILLER Jane C. Estadística Y Quimiometría Para Química Analítica. 4 ed. Editorial Prentice Hall. España. 2000. 278 p.
- MORENO, Ramón. La estructura de un suelo.Universidad politécnica de valencia. España.9p.
- OLIVA ESCOBAR, Dania Pamela. Determinación De La Acidez Intercambiable (Al, H) a partir del pH para la estimación de la CIC en suelos de la cuenca del pacifico en El Salvador, Honduras y Nicaragua. Carrera de Ciencia Y Producción Agropecuaria. Zamorano Honduras. Diciembre 2009.16p.
- REINA, Carlos Emilio. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para a curuba (*Passiflora mullissima*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad sur colombiana.Neiva.1995.145p
- RIVERA, Bernardo; MIRANDA, Diego; AVILA, Luis Alfredo; Y NIETO, Ana Milena. Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora liguaris juss*).1ª ed. Manizales Colombia.2002.130p
- SILVA MOJICA, Francisco. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riegos.3ª ed. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo: Bogotá D.C.Colombia.2000.323p.
- ZAPATA, Raúl. Química de la acidez del suelo. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.Medellin.Colombia.2004.
- ZAPATA, Raúl. Química de los procesos pedogenéticos.1ª ed. Universidad Nacional de Colombia.Medellin, Colombia.ISBN:958-33-9866-7.2006.

## ANEXO

### ANEXO A PRUEBAS ESTADISTICAS PARA PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS DE TIMBÍO Y EL TAMBO

Tabla 1. Prueba Normalidad suelos de Timbío y El Tambo.

	Procedencia del Suelo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% Humedad	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	,750	3	,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	1,000
	La Despenza Timbío	1,000	3	,962
	El Carmen Timbío	1,000	3	,992
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	,973
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	,977
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
%Arena	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	,993	3	,843
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	,986
	La Despenza Timbío	1,000	3	,968
	El Carmen Timbío	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	,979
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	,959
% Arcillas	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	,983
	La Despenza Timbío	1,000	3	,964
	El Carmen Timbío	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	,974
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	,989
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	,984
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
%Limos	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	,750	3	,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	1,000
	La Despenza Timbío	1,000	3	1,000
	El Carmen Timbío	,750	3	,000
	El Asomadero zona 1 Tambo	,997	3	,900
	El Asomadero zona 2 Tambo	,999	3	,956
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	,970
	Las Palmas zona 2 Tambo	,964	3	,637
Densidad aparente (g/cm3)	San Luis Timbío	,997	3	,900
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	1,000
	La Despenza Timbío	,987	3	,780
	El Carmen Timbío	,987	3	,780
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 2 Tambo	,987	3	,780
	Las Palmas zona 1 Tambo	,964	3	,637
	Las Palmas zona 2 Tambo	,964	3	,637

PH	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	1,000
	La Despenza Timbío	1,000	3	1,000
	El Carmen Timbío	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	Acidez intercambiable(meq/g)	San Luis Timbío	1,000	3
San Luis Abajo Timbío		1,000	3	1,000
San Lorenzo Timbío		1,000	3	1,000
La Despenza Timbío		,750	3	,000
El Carmen Timbío		,750	3	,000
El Asomadero zona 1 Tambo		1,000	3	1,000
El Asomadero zona 2 Tambo		1,000	3	1,000
Las Palmas zona 1 Tambo		,998	3	,915
Las Palmas zona 2 Tambo		1,000	3	1,000
Al intercambiable (meq/g)		San Luis Timbío	,964	3
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	,964	3	,637
	La Despenza Timbío	1,000	3	,982
	El Carmen Timbío	1,000	3	,982
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 2 Tambo	,996	3	,878
	Las Palmas zona 1 Tambo	,987	3	,780
	Las Palmas zona 2 Tambo	,750	3	,000
	CIC (meq/g)	San Luis Timbío	1,000	3
San Luis Abajo Timbío		1,000	3	1,000
San Lorenzo Timbío		1,000	3	,999
La Despenza Timbío		1,000	3	1,000
El Carmen Timbío		1,000	3	,999
El Asomadero zona 1 Tambo		1,000	3	,999
El Asomadero zona 2 Tambo		1,000	3	1,000
Las Palmas zona 1 Tambo		1,000	3	,998
Las Palmas zona 2 Tambo		1,000	3	1,000
% Carbono orgánico		San Luis Timbío	1,000	3
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	,959
	La Despenza Timbío	1,000	3	1,000
	El Carmen Timbío	1,000	3	,962
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 2 Tambo	,999	3	,948
	Las Palmas zona 1 Tambo	,999	3	,948
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	,973
	% Materia orgánica	San Luis Timbío	1,000	3
San Luis Abajo Timbío		1,000	3	1,000
San Lorenzo Timbío		1,000	3	1,000
La Despenza Timbío		1,000	3	1,000
El Carmen Timbío		1,000	3	1,000
El Asomadero zona 1 Tambo		1,000	3	1,000
El Asomadero zona 2 Tambo		1,000	3	,968
Las Palmas zona 1 Tambo		1,000	3	1,000
Las Palmas zona 2 Tambo		1,000	3	,984
% Nitrógeno		San Luis Timbío	,999	3
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	1,000
	La Despenza Timbío	1,000	3	,967
	El Carmen Timbío	1,000	3	,968

Fosforo (mgP/Kg)	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	,959
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	,994
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	,968
	La Despenza Timbío	,750	3	,000
	El Carmen Timbío	1,000	3	,988
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	,994
Potasio (meq/100g)	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	,993
	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	,978
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	,981
	La Despenza Timbío	1,000	3	1,000
	El Carmen Timbío	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	,984
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
Calcio (meq/100g)	Las Palmas zona 1 Tambo	,987	3	,780
	Las Palmas zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	San Luis Timbío	1,000	3	,986
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	1,000
	La Despenza Timbío	1,000	3	,968
	El Carmen Timbío	,999	3	,948
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	,992
	El Asomadero zona 2 Tambo	,999	3	,935
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	,967
Magnesio (meq/100g)	Las Palmas zona 2 Tambo	,997	3	,900
	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	,876	3	,312
	San Lorenzo Timbío	1,000	3	1,000
	La Despenza Timbío	1,000	3	1,000
	El Carmen Timbío	,996	3	,878
	El Asomadero zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 1 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 2 Tambo	,987	3	,780
Sodio (meq/100g)	San Luis Timbío	1,000	3	1,000
	San Luis Abajo Timbío	1,000	3	1,000
	San Lorenzo Timbío	,993	3	,843
	La Despenza Timbío	,998	3	,915
	El Carmen Timbío	,996	3	,878
	El Asomadero zona 1 Tambo	,999	3	,935
	El Asomadero zona 2 Tambo	1,000	3	1,000
	Las Palmas zona 1 Tambo	,999	3	,948
	Las Palmas zona 2 Tambo	,999	3	,948



Tabla 2. Prueba de ANOVA para propiedades físicas y químicas de suelos de Timbío y El Tambo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
% Humedad	Entre grupos	343,424	8	42,928	2778,176	,000
	Dentro de grupos	,278	18	,015		
	Total	343,702	26			
% Arena	Entre grupos	216,307	8	27,038	24563,802	,000
	Dentro de grupos	,020	18	,001		
	Total	216,327	26			
% Arcillas	Entre grupos	405,580	8	50,697	76741,102	,000
	Dentro de grupos	,012	18	,001		
	Total	405,591	26			
% Limos	Entre grupos	39,333	8	4,917	73666,805	,000
	Dentro de grupos	,001	18	,000		
	Total	39,334	26			
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Entre grupos	,052	8	,006	763,774	,000
	Dentro de grupos	,000	18	,000		
	Total	,052	26			
PH	Entre grupos	1,950	8	,244	3815,837	,000
	Dentro de grupos	,001	18	,000		
	Total	1,951	26			
Acidez intercambiable( meq/g)	Entre grupos	18,367	8	2,296	5264,452	,000
	Dentro de grupos	,008	18	,000		
	Total	18,375	26			
Al intercambiable (meq/g)	Entre grupos	11,643	8	1,455	1226,557	,000
	Dentro de grupos	,021	18	,001		
	Total	11,665	26			
CIC (meq/g)	Entre grupos	2560,825	8	320,103	1417,347	,000
	Dentro de grupos	4,065	18	,226		
	Total	2564,890	26			
% Carbono orgánico	Entre grupos	43,683	8	5,460	1403,493	,000
	Dentro de grupos	,070	18	,004		
	Total	43,753	26			
% Materia orgánica	Entre grupos	129,833	8	16,229	1407,190	,000
	Dentro de grupos	,208	18	,012		
	Total	130,041	26			
% Nitrógeno	Entre grupos	,992	8	,124	718,763	,000
	Dentro de grupos	,003	18	,000		
	Total	,995	26			
Fosforo (mg P/Kg)	Entre grupos	268,240	8	33,530	9707,596	,000
	Dentro de grupos	,062	18	,003		
	Total	268,302	26			
Potasio (meq/100g)	Entre grupos	,705	8	,088	199,270	,000
	Dentro de grupos	,008	18	,000		
	Total	,713	26			
Calcio (meq/100g)	Entre grupos	44,263	8	5,533	5976,952	,000
	Dentro de grupos	,017	18	,001		
	Total	44,280	26			
Magnesio (meq/100g)	Entre grupos	23,302	8	2,913	9860,183	,000
	Dentro de grupos	,005	18	,000		
	Total	23,307	26			
Sodio (meq/100g)	Entre grupos	1,989	8	,249	1849,675	,000
	Dentro de grupos	,002	18	,000		
	Total	1,992	26			

Tabla 3. Prueba de Tukey para % HUMEDAD de suelos de Timbío y de El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Las Palmas zona 1 Tambo	3	10,28333								
San Luis Timbío	3		10,67200							
Las Palmas zona 2 Tambo	3			11,21000						
La Despensa Timbío	3				12,75967					
San Luis Abajo Timbío	3					14,06267				
El Carmen Timbío	3						15,08833			
El Asomadero zona 2 Tambo	3							18,60333		
El Asomadero zona 1 Tambo	3								19,45000	
San Lorenzo Timbío	3									19,64700
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	,597

Tabla 4. Prueba de Tukey para el %Arena

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
San Luis Abajo Timbío	3	70,96933								
San Luis Timbío	3		72,27900							
La Despensa Timbío	3			74,36733						
Las Palmas zona 2 Tambo	3				75,08733					
San Lorenzo Timbío	3					75,18233				
El Asomadero zona 2 Tambo	3						75,41100			
El Asomadero zona 1 Tambo	3							75,57033		
El Carmen Timbío	3								76,8030	
Las Palmas zona 1 Tambo	3									81,70000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 5. Prueba de Tukey para %Limos de suelos de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Las Palmas zona 2 Tambo	3	2,70667								
San Luis Timbío	3		2,84600							
La Despensa Timbío	3			2,93300						
San Luis Abajo Timbío	3				2,98067					
El Carmen Timbío	3					3,99400				
San Lorenzo Timbío	3						4,27500			
El Asomadero zona 1 Tambo	3							4,98667		
El Asomadero zona 2 Tambo	3								5,01933	
Las Palmas zona 1 Tambo	3									6,41733
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 6. Prueba de Tukey para % Arcillas en suelos de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Las Palmas zona 1 Tambo	3	11,88267								
El Carmen Timbío	3		19,20100							
El Asomadero zona 1 Tambo	3			19,44267						
El Asomadero zona 2 Tambo	3				19,56933					
San Lorenzo Timbío	3					20,54233				
Las Palmas zona 2 Tambo	3						22,20600			
La Despensa Timbío	3							22,69967		
San Luis Timbío	3								24,87500	
San Luis Abajo Timbío	3									26,05000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 7. Prueba de Tukey para Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) en suelos de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
El Asomadero zona 1 Tambo	3	,64500						
San Luis Timbío	3		,65667					
El Asomadero zona 2 Tambo	3			,67667				
San Luis Abajo Timbío	3			,67800				
Las Palmas zona 1 Tambo	3				,71567			
Las Palmas zona 2 Tambo	3					,73167		
La Despensa Timbío	3					,73533		
El Carmen Timbío	3						,74567	
San Lorenzo Timbío	3							,78500
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,820	1,000	1,000

Tabla 8 .Prueba Tukey para pH de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Las Palmas zona 2 Tambo	3	4,58000					
El Asomadero zona 1 Tambo	3		5,05500				
San Luis Abajo Timbío	3		5,06500				
San Luis Timbío	3		5,07500	5,07500			
El Carmen Timbío	3			5,09500			
San Lorenzo Timbío	3				5,24500		
Las Palmas zona 1 Tambo	3					5,30500	
La Despensa Timbío	3					5,31500	
El Asomadero zona 2 Tambo	3						5,4100
Sig.		1,000	,115	,115	1,000	,827	1,000

Tabla 9, prueba Tukey acidez intercambiable de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
San Luis Abajo Timbío	3	,98200						
La Despenza Timbío	3		1,05367					
San Lorenzo Timbío	3			1,15400				
El Carmen Timbío	3			1,16267				
San Luis Timbío	3				1,27800			
Las Palmas zona 1 Tambo	3					2,68633		
El Asomadero zona 1 Tambo	3					2,74000	2,74000	
El Asomadero zona 2 Tambo	3						2,78500	
Las Palmas zona 2 Tambo	3							2,89200
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,099	,237	1,000

Tabla 10 prueba de Tukey para AI intercambiable (meq/g) de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

	N	Subgrupo para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
San Luis Abajo Timbío	3	,94100				
La Despenza Timbío	3	,96067				
Las Palmas zona 2 Tambo	3	,97833	,97833			
San Lorenzo Timbío	3		1,05167	1,05167		
Las Palmas zona 1 Tambo	3			1,08967		
El Carmen Timbío	3			1,10667	1,10667	
San Luis Timbío	3				1,17567	
El Asomadero zona 2 Tambo	3					2,60433
El Asomadero zona 1 Tambo	3					2,62300

Tabla 11 .Prueba Tukey para CIC (meq/g) de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Las Palmas zona 1 Tambo	3	34,58933					
Las Palmas zona 2 Tambo	3		38,27100				
El Asomadero zona 2 Tambo	3			47,92000			
El Asomadero zona 1 Tambo	3			48,02567			
El Carmen Timbío	3				54,46367		
San Lorenzo Timbío	3					59,32033	
San Luis Abajo Timbío	3					59,77800	
San Luis Timbío	3					59,83167	
La Despensa Timbío	3						64,18000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,913	1,000

Tabla 12 .Prueba Tukey para % Carbono orgánico de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
San Lorenzo Timbío	3	3,48467					
Las Palmas zona 2 Tambo	3	3,52867					
Las Palmas zona 1 Tambo	3	3,57367					
El Carmen Timbío	3		5,00067				
El Asomadero zona 2 Tambo	3			5,28567			
La Despensa Timbío	3				6,25200		
San Luis Abajo Timbío	3				6,36200	6,36200	
El Asomadero zona 1 Tambo	3					6,45600	
San Luis Timbío	3						6,65033
Sig.		,712	1,000	1,000	,468	,655	1,000

Tabla 13 .Prueba Tukey para % Materia orgánica de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
San Lorenzo Timbío	3	6,00800					
Las Palmas zona 2 Tambo	3	6,08333					
Las Palmas zona 1 Tambo	3	6,16100					
El Carmen Timbío	3		8,62100				
El Asomadero zona 2 Tambo	3			9,11233			
La Despensa Timbío	3				10,77900		
San Luis Abajo Timbío	3				10,96800	10,96800	
El Asomadero zona 1 Tambo	3					11,13000	
San Luis Timbío	3						11,46533
Sig.		,714	1,000	1,000	,470	,654	1,000

Tabla 14 .Prueba Tukey para % Nitrógeno de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
San Lorenzo Timbío	3	,54200						
La Despensa Timbío	3		,89967					
Las Palmas zona 2 Tambo	3		,90500					
San Luis Abajo Timbío	3			,98200				
Las Palmas zona 1 Tambo	3			,99367				
El Asomadero zona 1 Tambo	3				1,04500			
El Carmen Timbío	3					1,09233		
San Luis Timbío	3						1,18233	
El Asomadero zona 2 Tambo								1,24300
Sig.		1,000	1,000	,969	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 15.Prueba Tukey para Fósforo (mgP/Kg) de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
San Lorenzo Timbío	3	1,55567						
La Despensa Timbío	3	1,63533	1,63533					
San Luis Abajo Timbío	3	1,69333	1,69333					
San Luis Timbío	3		1,78100					
El Carmen Timbío	3			3,63933				
Las Palmas zona 2 Tambo	3				6,01067			
Las Palmas zona 1 Tambo	3					7,92900		
El Asomadero zona 1 Tambo	3						9,02933	
El Asomadero zona 2 Tambo	3							9,23500
Sig.		,162	,121	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 16 .Prueba Tukey para **Potasio (meq/100g)**de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
El Carmen Timbío	3	,60700				
Las Palmas zona 2 Tambo	3	,62900				
Las Palmas zona 1 Tambo	3		,73433			
San Luis Abajo Timbío	3		,76433			
San Luis Timbío	3		,79000			
El Asomadero zona 2 Tambo	3			,92200		
La Despensa Timbío	3			,95800		
San Lorenzo Timbío	3				1,02033	
El Asomadero zona 1 Tambo	3					1,09267
Sig.		,924	,083	,504	1,000	1,000

Tabla 17.prueba Tukey Calcio (meq/100g) de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Las Palmas zona 2 Tambo	3	,29133						
El Carmen Timbío	3		1,91033					
San Luis Timbío	3		1,97267					
San Luis Abajo Timbío	3			2,47300				
San Lorenzo Timbío	3			2,50300				
Las Palmas zona 1 Tambo	3				2,73533			
La Despensa Timbío	3					3,89967		
El Asomadero zona 2 Tambo	3						4,10267	
El Asomadero zona 1 Tambo	3							4,77767
Sig.		1,000	,290	,944	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 18.prueba Tukey Magnesio Magnesio (meq/100g) de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Las Palmas zona 2 Tambo	3	,07967								
San Luis Timbío	3		,31200							
El Carmen Timbío	3			,64633						
San Luis Abajo Timbío	3				,73600					
San Lorenzo Timbío	3					,88200				
Las Palmas zona 1 Tambo	3						1,17200			
La Despensa Timbío	3							1,65800		
El Asomadero zona 2 Tambo	3								1,97300	
El Asomadero zona 1 Tambo	3									3,27200
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 19.prueba Tukey Sodio (meq/100g) de suelos de los Municipios de Timbío y El Tambo

Procedencia del Suelo	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
El Carmen Timbío	3	,14933						
San Lorenzo Timbío	3		,21033					
San Luis Abajo Timbío	3		,21800					
San Luis Timbío	3			,34100				
Las Palmas zona 2 Tambo	3				,57367			
La Despensa Timbío	3					,64133		
El Asomadero zona 2 Tambo	3					,64800		
El Asomadero zona 1 Tambo	3						,78667	
Las Palmas zona 1 Tambo	3							,97133
Sig.		1,000	,995	1,000	1,000	,998	1,000	1,000



Tabla 20. Correlación de Pearson para suelos de El Tambo Y Timbío.

		Procedencia del Suelo	% Humedad	% Arena	% Arcilla	% Limo	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	pH	Acidez intercambiable (meq/g)	Al intercambiable (meq/g)	CIC (meq/g)	% C org	% MO	% N	P (mgP/Kg)	K (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Sodio (meq/100g)
Procedencia del Suelo	Correlación de Pearson	1	-,055	,685**	-,648**	,474*	,104	-,117	,862**	,290	-,886**	-,576**	-,576**	,106	,797**	-,211	-,063	,193	,667**
	Sig. (bilateral)		,784	,000	,000	,012	,605	,562	,000	,143	,000	,002	,002	,599	,000	,291	,757	,334	,000
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Correlación de Pearson	,104	,021	,296	-,200	-,052	1	-,052	-,309	-,586**	,071	-,706**	-,706**	-,741**	-,390*	-,175	-,396*	-,422*	-,303
	Sig. (bilateral)	,605	,917	,133	,316	,798		,796	,117	,001	,723	,000	,000	,000	,044	,382	,041	,028	,124
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
pH	Correlación de Pearson	-,117	,377	,218	-,323	,526**	-,052	1	-,067	,398*	,205	,142	,142	,196	,169	,477*	,700**	,427**	,193
	Sig. (bilateral)	,562	,053	,276	,100	,005	,796		,739	,040	,306	,480	,480	,327	,398	,016	,000	,020	,334
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Acidez intercambiable (meq/g)	Correlación de Pearson	,862**	,047	,512**	-,537**	,526**	-,309	-,067	1	,581**	-,884**	-,343	-,343	,288	,931**	,022	,107	,366	,759**
	Sig. (bilateral)	,000	,815	,006	,004	,005	,117	,739		,001	,000	,080	,080	,146	,000	,911	,595	,061	,000
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Al intercambiable (meq/g)	Correlación de Pearson	,290	,643**	,074	-,199	,467*	-,586**	,398*	,581**	1	-,217	,290	,290	,469*	,750**	,550**	,697**	,806**	,410*
	Sig. (bilateral)	,143	,000	,713	,319	,014	,001	,040	,001		,276	,142	,143	,014	,000	,003	,000	,000	,034
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
CIC (meq/g)	Correlación de Pearson	-,886**	,214	-,709**	,695**	-,570**	,071	,205	-,884**	-,217	1	,591**	,591**	-,167	-,792**	,321	,198	-,052	-,657**

	Sig. (bilateral)	,000	,283	,000	,000	,002	,723	,306	,000	,276	,001	,001	,404	,000	,102	,322	,798	,000	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
% Materia organica	Correlación de Pearson	-,576**	,052	-,623**	,565**	-,354	-,706**	,142	-,343	,290	,591**	1,000**	1	,522**	-,193	,294	,488**	,366	-,115
	Sig. (bilateral)	,002	,797	,001	,002	,070	,000	,480	,080	,143	,001	,000	,005	,335	,137	,010	,061	,568	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
% Nitrogeno	Correlación de Pearson	,106	-,202	-,035	-,003	,091	-,741**	,196	,288	,469*	-,167	,522**	,522**	1	,427*	-,256	,197	,176	,217
	Sig. (bilateral)	,599	,311	,862	,989	,651	,000	,327	,146	,014	,404	,005	,005	,026	,197	,325	,380	,278	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Fosforo (mgP/Kg)	Correlación de Pearson	,797**	,228	,567**	-,631**	,696**	-,390*	,169	,931**	,750**	-,792**	-,193	-,193	,427*	1	,117	,355	,572**	,739**
	Sig. (bilateral)	,000	,253	,002	,000	,000	,044	,398	,000	,000	,000	,335	,335	,026	,560	,069	,002	,000	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Potasio (meq/100g)	Correlación de Pearson	-,211	,678**	-,134	,026	,233	-,175	,458*	,022	,550**	,321	,294	,294	-,256	,117	1	,795**	,759**	,239
	Sig. (bilateral)	,291	,000	,504	,899	,243	,382	,016	,911	,003	,102	,137	,137	,197	,560	,000	,000	,231	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Calcio (meq/100g)	Correlación de Pearson	-,063	,561**	,073	-,197	,461*	-,396*	,698**	,107	,697**	,198	,488**	,488**	,197	,355	,795**	1	,923**	,423*
	Sig. (bilateral)	,757	,002	,719	,326	,015	,041	,000	,595	,000	,322	,010	,010	,325	,069	,000	,000	,028	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Magnesio (meq/100g)	Correlación de Pearson	,193	,606**	,176	-,287	,509**	-,422*	,444*	,366	,806**	-,052	,366	,366	,176	,572**	,759**	,923**	1	,544**
	Sig. (bilateral)	,334	,001	,379	,146	,007	,028	,020	,061	,000	,798	,061	,061	,380	,002	,000	,000	,003	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

Sodio (meq/100g)	Correlación de	,667**	-,163	,603**	-,622**	,583**	-,303	,193	,759**	,410*	-,657**	-,115	-,115	,217	,739**	,239	,423*	,544**	1	
	Pearson																			
	Sig. (bilateral)	,000	,418	,001	,001	,001	,124	,334	,000	,034	,000	,568	,568	,278	,000	,231	,028	,003		
N		27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

## ANEXO B

Tabla 1. Normalidad análisis proximal. 4 grados de libertad.

MUESTRA		Estadístico	Sig.
% Humedad	Granadilla Quijo Timbío	,928	,581
	Granadilla Injerta Tambo	,972	,855
	Granadilla Quijo Tambo	,955	,747
% Cenizas	Granadilla Quijo Timbío	,840	,195
	Granadilla Injerta Tambo	,937	,635
	Granadilla Quijo Tambo	,980	,900
% Grasa Total	Granadilla Quijo Timbío	,729	,024
	Granadilla Injerta Tambo	,729	,024
	Granadilla Quijo Tambo	,729	,024
% Fibra Bruta	Granadilla Quijo Timbío	,729	,024
	Granadilla Injerta Tambo	,729	,024
	Granadilla Quijo Tambo	,729	,024
% Proteína	Granadilla Quijo Timbío	,729	,024
	Granadilla Injerta Tambo	,729	,024
	Granadilla Quijo Tambo	,729	,024
% Carbohidratos	Granadilla Quijo Timbío	,729	,024
	Granadilla Injerta Tambo	,729	,024
	Granadilla Quijo Tambo	,729	,024
% Azúcares Reductores	Granadilla Quijo Timbío	,729	,024
	Granadilla Injerta Tambo	,729	,024
	Granadilla Quijo Tambo	,729	,024
PH	Granadilla Injerta Tambo	,729	,024
	Granadilla Quijo Tambo	,729	,024
% Materia Seca	Granadilla Quijo Timbío	,928	,581
	Granadilla Injerta Tambo	,972	,855
	Granadilla Quijo Tambo	,955	,747

Tabla 2. ANOVA humedad, cenizas, materia seca granadilla quijos

		Suma de Cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
% Humedad	Entre Grupos	39,235	2	19,617	17,119	,001
	Dentro de grupos	10,313	9	1,146		
	Total	49,548	11			
% Cenizas	Entre Grupos	1,727	2	,864	232,178	,000
	Dentro de grupos	,033	9	,004		
	Total	1,761	11			
% Materia Seca	entre Grupos	39,235	2	19,617	17,119	,001
	Dentro de Grupos	10,313	9	1,146		

Tabla 3. Prueba Tukey % Humedad Granadilla

MUESTRA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Granadilla Quijos Timbío	4	61,7450	
Granadilla Injerta Tambo	4		64,9375
Granadilla Quijos Tambo	4		66,0000

Tabla 4. Prueba Tukey % cenizas

MUESTRA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Granadilla Quijos Timbío	4	1,0800	
Granadilla Injerta Tambo	4	1,1500	
Granadilla Quijos Tambo	4		1,9175

Tabla 5. Prueba Tukey % materia seca

MUESTRA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Granadilla Injerta Tambo	4	34,0000	
Granadilla Quijos Tambo	4	35,0625	
Granadilla Quijos Timbío	4		38,2550

Tabla 6. Prueba de Kruskal-Wallis Para granadilla de El Tambo y Timbío

	% GRASA TOTAL	% FIBRA BRUTA	% PROTEINA	% CARBOHIDRATOS	% AZUCARES REDUCTORES	pH	% materia seca
Chi-cuadrado	10,057	10,057	10,057	8,171	10,057	10,353	8,346
Gl	2	2	2	2	2	2	2
Sig.asintot	,007	,007	,007	,017	,007	,006	,015

Tabla 7. Media de las variables análisis proximal

MUESTRA		% HUMEDAD	% CENIZAS	% GRASA TOTAL	% FIBRA BRUTA	% PROTEINA	% CARBOHIDRATOS	% AZUCARES REDUCTORES	pH	% materia seca
GRANADILLA QUIJOS TIMBIO	Media	61,7450	1,0800	2,4450	27,3000	,1649	7,2650	103,4467	5,4000	38,2550
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Std.	1,41762	,03464	,00577	,28868	,00012	,43301	,06905	,00000	1,41762
GRANADILLA INJERTA TAMBO	Desviacion Mean	66,0000	1,1500	2,6450	28,0350	,2085	1,9600	134,0262	2,8800	34,0000
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Std.	1,04227	,09416	,00577	,28290	,00410	,53116	,17269	,01155	1,04227
GRANADILLA QUIJOS TAMBO	Desviacion Media	64,9375	1,9175	2,5250	24,2600	,1465	7,0400	62,9234	5,1950	35,0625
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Std.	,58466	,03304	,00577	,47343	,00462	,36950	,25900	,00577	,58466
Total	Desviación Media	64,2275	1,3825	2,5383	26,5317	,1733	5,4217	100,1321	4,4917	35,7725
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Std.	2,12235	,40007	,08601	1,73744	,02732	2,59052	30,41744	1,19352	2,12235
	Desviación									

**PRUEBAS NO PARAMETRICAS ANALISIS PROXIMAL**

Tabla 8. Prueba de U de Mann-Whitney de pH

Procedencia	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)	W de Wilcoxon	Z	Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]
Granadilla quijos Timbío	4	6,50	26,00	,000	,013	10,000	-2,494	,029
Granadilla injerta tambo	4	2,50	10,00					
Granadilla quijos Timbío	4	6,50	26,00	,000	,013	10,000	-2,494	,029
Granadilla injerta tambo	4	2,50	10,00					
Granadilla injerta tambo	4	2,50	10,00	,000	,018	10,000	-	,029
Granadilla quijo tambo	4	6,50	26,00				2,366	

Tabla 9. Prueba de U de Mann-Whitney de % Grasa total

Procedencia	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)	W de Wilcoxon	Z	Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]
Granadilla Quijos Timbío	4	2,50	10,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00					
Granadilla Quijos Timbío	4	2,50	10,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Quijos Tambo	4	6,50	26,00					
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Quijos Tambo	4	2,50	10,00					

Tabla 10. Prueba de U de Mann-Whitney de % fibra bruta

Procedencia	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)	W de Wilcoxon	Z	Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]
Granadilla Quijos Timbío	4	2,50	10,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00					
Granadilla Quijos Timbío	4	2,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,598	,010
Granadilla Quijos Tambo	4	2,50	10,00					
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Quijos Tambo	4	2,50	10,00					

Tabla 11. Prueba de U de Mann-Whitney de % proteína

Procedencia	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)	W de Wilcoxon	Z	Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]
Granadilla Quijos Timbío	4	2,50	10,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00					
Granadilla Quijos Timbío	4	2,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Quijos Tambo	4	6,50	10,00					
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Quijo Tambo	4	2,50	10,00					

Tabla 12. Prueba de U de Mann-Whitney de % carbohidratos

Procedencia	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)	W de Wilcoxon	Z	Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]
Granadilla Quijos Timbío	4	6,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Injerta Tambo	4	2,50	10,00					
Granadilla Quijos Timbío	4	5,50	22,00					
Granadilla Quijos Tambo	4	3,50	14,00	4,000	,237	14,000	-1,183	,343
Granadilla Injerta Tambo	4	2,50	10,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Quijo Tambo	4	6,50	26,00					

Tabla 65. Prueba de U de Mann-Whitney de azúcares reductores

Procedencia	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)	W de Wilcoxon	Z	Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]
Granadilla Quijos Timbío	4	2,50	10,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00					
Granadilla Quijos Timbo	4	6,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Injerta Tambo	4	2,50	10,00					
Granadilla Injerta Tambo	4	6,50	26,00	,000	,018	10,000	-2,366	,029
Granadilla Quijo Tambo	4	2,50	10,00					







