



Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

**RECUPERACIÓN DE SUELOS DETERIORADOS POR ACTIVIDADES  
AGRÍCOLAS EN LA PALMICULTORA “PALMERA ESPAÑA”, EN LA  
CIUDAD DE LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA,  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HUMATOS Y TAMICES MOLECULARES.**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Profesor Guía

Dr. Miguel A. Gualoto O.

Autor

**Soraya Gianina Ruiz Baquero**

Año

**2010**

**Quito**

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un apropiado desarrollo del tema, en base al reglamento vigente correspondiente a Trabajos de Titulación”.

Miguel A. Gualoto O.

Doctor en Bioquímica

CI: 170742935-1

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Soraya Gianina Ruiz Baquero

CI: 1500498777

## AGRADECIMIENTO

Al Señor porque con su bendición ha permitido que alcance una meta más propuesta en mi vida, lo cual me llena de satisfacción.

A mis Padres y a mi Tía Abuelita, de quienes he recibido apoyo incondicional y desmedido a lo largo de toda mi carrera, pues con su amor todo ha sido posible.

A mí estimado Director de tesis Dr. Miguel Gualoto, que supo impartir, formar y guiar con sus conocimientos desde el aula de clase para que esta investigación se haya realizado cabalmente, además por todo el interés y pasión que ha demostrado en su vida profesional, implícitamente en el área ambiental.

Al Señor Alberto España propietario de la palmicultora quien me dio apertura para realizar la investigación en su propiedad, y a todas aquellas personas bondadosas que supieron colaborarme en la ejecución de mi tesis, con sus consejos y recomendaciones, con su tiempo, experiencia, esfuerzo, paciencia, dedicación y constancia.

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante cruzando las barreras que se me han presentado.

A los amores de mi vida, mi familia, ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, pues son mi pilar, y les debo todo. Y a mi novio por el amor, apoyo y comprensión que me ha dado.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo lugar en la Parroquia Enokanqui, ubicada en el cantón la Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, cuya finalidad fue recuperar el suelo degradado por actividades agrícolas dedicadas a la producción de palma.

En el trabajo se utilizó el método de adición de enmiendas calcáreas y aplicación de tamices moleculares como (zeolita, puzolana), y humatos.

La efectividad de la experimentación fue comprobada mediante el muestreo de suelos con el control de pH, conductividad eléctrica, temperatura del suelo, medición de la altura de la planta, y de la altura de la lanza. Además del análisis de materia orgánica, salinidad, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, boro, y metales pesados como hierro, cobre, manganeso, y zinc.

Las pruebas experimentales se realizaron mediante la elección de dos lotes 1 y 2, que conforman el bloque experimental con 54 plantas y otros que interviene como testigos, lote 3 y 4, con 55 plantas.

A las 54 plantas del bloque experimental se les aplicó por cuatro meses los materiales escogidos para el tratamiento.

Finalmente se determinó que el empleo de tamices moleculares con enmiendas húmicas, es una estrategia idónea para recuperar suelos deteriorados por actividades agrícolas, conclusión que se asevera en base a los resultados de la investigación, obteniendo que la cantidad de materia orgánica en los suelos experimentales en comparación con los suelos del bloque testigo, han experimentado un enriquecimiento sustancial, por el contrario, los suelos que no recibieron humatos y tamices, presentan un incremento moderado.

## ABSTRACT

This research took place of the Parish Enokanqui, located at Canton La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, whose purpose was to recover the degraded land for agricultural activities dedicated to the production of palm.

The experiment used the method of addition of calcareous amendments and the implementation of molecular sieves as (zeolite, pozzolana) and humates.

The effectiveness of the experiment was verified by soil sampling with the control of pH, electrical conductivity, soil temperature, measurement the height of the plant, and the height of the lance. It was also analized the organic matter, salinity, nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur, calcium, magnesium, boron, and heavy metals such as iron, copper, manganese, and zinc.

The experimental tests were made by the election of lots 1 and 2, which are part of the experimental block with 54 plants and other who act as controlers on lot 3 and 4, with 55 plants.

To a block of 54 experimental plants were applied for four months the materials chosen for the treatment.

Finally it was determined that the use of molecular sieves with humic amendments, is a strategy to restore degraded soils suitable for agricultural activities. This conclusion is asserted passed on research results, obtaining the amount of organic matter present in the experimental soils compared to control soil block indicate that the soil has experienced a substantial enrichment, however, the soils that received no humates and molecular sieves, present a moderate increase.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
HIPÓTESIS	3
DESARROLLO	4
CAPÍTULO I: EL SUELO .....	4
1.1 DEFINICIÓN Y GÉNESIS.....	4
1.3 PROPIEDADES.....	6
1.3.1 <i>Propiedades Físicas</i> .....	6
1.3.3 <i>Propiedades Biológicas</i> .....	13
1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS .....	16
1.4.1 <i>Horizontes superficiales</i> .....	19
1.4.2 <i>Horizontes subsuperficiales</i> .....	20
1.4.3 <i>Horizontes diagnósticos antropedogenéticos</i> .....	23
1.5 DETERIORO DE LOS SUELOS.....	24
1.5.1 <i>Causas del deterioro</i> .....	24
1.5.2 <i>Rol de las actividades agrícolas del recurso suelo</i> .....	27
1.5.2.1 <i>Mecanismos del proceso de degradación de suelos</i> .....	28
1.5.3 <i>Rol de los factores ambientales en el proceso</i> .....	33
1.5.4 <i>Rol del tipo de cultivo en el deterioro de los suelos</i> .....	36
CAPÍTULO II: NORMATIVA VIGENTE DE SUELOS .....	39
CAPÍTULO III: REHABILITACIÓN DE SUELOS .....	45
3.1 SISTEMAS BÁSICOS .....	45
3.2 TRATAMIENTO QUÍMICO.....	45
3.3 TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO .....	45
3.4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....	46



CAPITULO IV: TAMICES MOLECULARES .....	51
4.1 DEFINICIÓN .....	51
4.2 TIPOS DE TAMICES MOLECULARES .....	52
4.2.1 Zeolita.....	52
4.2.1.1 Características Importantes de la Zeolita.....	54
4.2.2 Humatos .....	55
4.2.2.1 Origen y propiedades de los humatos .....	55
4.2.2.2 Interacción con los componentes minerales del suelo.....	56
4.2.2.3 Estructura molecular.....	58
4.2.2.4 Clasificación de los humatos y sustancias húmicas .....	58
4.2.2.5 Importancia.....	59
4.2.3 Puzolanas.....	60
4.2.3.1 Tipos de Puzolanas .....	60
CAPITULO V: LÍNEA BASE.....	63
5.1 ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	63
5.1.1 Aspectos Generales .....	63
5.2 HISTORIA EVOLUTIVA DE LA PLANTACIÓN .....	63
5.3 DESCRIPCIÓN DE FLORA Y FAUNA .....	64
5.3.1 Flora .....	65
5.3.2 Fauna .....	67
5.4 SITUACIÓN SOCIO AMBIENTAL DE LA ZONA .....	68
CAPITULO VI: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	71
6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	71
6.1.1 Ubicación.....	71
6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PALMICULTORA ESPAÑA....	71
6.2.1 Tipo de suelo .....	71
6.2.2 Temperatura .....	71
6.2.3 Humedad Relativa .....	72
6.2.4 Pluviosidad .....	72

6.2.5 Accesos y servicios.....	72
6.2.6 Edad del cultivo.....	73
6.3 MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO .....	73
6.3.1 Equipos .....	73
6.3.2 Materiales .....	73
6.3.3 Reactivos .....	74
6.3.4 Otros .....	74
6.4 METODOLOGÍA.....	74
6.5 PROCEDIMIENTO .....	74
6.5.1 Aplicaciones.....	74
6.5.2 Muestreo.....	75
6.6 CONTROL DE PARÁMETROS.....	76
6.6.1 Mediciones.....	77
6.7 ANÁLISIS DE SUELOS .....	77
6.7.1 ESTRUCTURA DE SUELOS.....	78
<b>CAPÍTULO VII: RESULTADOS .....</b>	<b>79</b>
7.2 ANÁLISIS DE SUELOS.....	79
7.3 ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO .....	80
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>98</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>110</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.1 Clasificación de las partículas del suelo</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 1.2 Efectos de los cultivos intensivos y extensivos del suelo</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 1.3 Influencia de las actividades antrópicas sobre el suelo</b>	<b>31</b>
<b>TABLA 5.4 Especies vegetales identificadas en el área de estudio</b>	<b>66</b>
<b>TABLA 6.5 Coordenadas UTM de la propiedad</b>	<b>72</b>
<b>TABLA 7.6 Medición de la velocidad de filtración de agua</b>	<b>80</b>
<b>TABLA 7.7 Medición Inicial y Final de la cantidad de Raíces</b>	<b>80</b>
<b>TABLA 7.8 Resultados de Análisis de Laboratorio</b>	<b>81</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1.1</b>	<b>Horizontes del suelo</b>	<b>18</b>
<b>GRÁFICO 3.2</b>	<b>Proceso de compostaje</b>	<b>48</b>
<b>GRÁFICO 4.3</b>	<b>Estructura de la Zeolita</b>	<b>54</b>
<b>GRÁFICO 6.4</b>	<b>Horizontes de suelo de la región</b>	<b>80</b>
<b>GRÁFICO 7.5</b>	<b>Esquema de toma de raíces</b>	<b>81</b>
<b>GRÁFICO 7.6</b>	<b>Variación de la Conductividad</b>	<b>82</b>
<b>GRÁFICO 7.7</b>	<b>Variación de pH</b>	<b>83</b>
<b>GRÁFICO 7.8</b>	<b>Variación de Materia Orgánica</b>	<b>84</b>
<b>GRÁFICO 7.9</b>	<b>Variación de Nitrógeno</b>	<b>84</b>
<b>GRÁFICO 7.10</b>	<b>Variación de Fósforo</b>	<b>85</b>
<b>GRÁFICO 7.11</b>	<b>Variación de Potasio</b>	<b>86</b>
<b>GRÁFICO 7.12</b>	<b>Variación de Azufre</b>	<b>87</b>
<b>GRÁFICO 7.13</b>	<b>Variación de Calcio</b>	<b>88</b>
<b>GRÁFICO 7.14</b>	<b>Variación de Magnesio</b>	<b>89</b>
<b>GRÁFICO 7.15</b>	<b>Variación de Boro</b>	<b>90</b>
<b>GRÁFICO 7.16</b>	<b>Variación de Zinc</b>	<b>91</b>
<b>GRÁFICO 7.17</b>	<b>Variación de Cobre</b>	<b>92</b>
<b>GRÁFICO 7.18</b>	<b>Variación de Hierro</b>	<b>92</b>
<b>GRÁFICO 7.19</b>	<b>Variación de Manganeseo</b>	<b>93</b>
<b>GRÁFICO 7.20</b>	<b>Incremento altura planta (E/T)</b>	<b>94</b>
<b>GRÁFICO 7.21</b>	<b>Incremento altura planta y lanza (E/T)</b>	<b>95</b>
<b>GRÁFICO 7.22</b>	<b>Incremento altura planta y lanza (E/T)</b>	<b>96</b>
<b>GRÁFICO 7.23</b>	<b>Incremento altura planta y lanza (E/T)</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1 Mapa Político Cantón Joya de los Sachas</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO 2 Productos cultivables Cantón Joya de los Sachas</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO 3 Uso de Suelo Cantón Joya de los Sachas</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO 4 Vía Joya de los Sachas-Coca</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO 5 Hormiga en hoja seca</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO 6 Vista general de la plantación</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO 7 Pueraria cultivada en la plantación</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO 8 Desbroce de la pueraria alrededor de la corona</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO 9 Aplicación de Zeolita y Puzolana</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO 10 Homogeneización de mezcla (Zeolita y Puzolana)</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 11 Aplicación de la mezcla en la corona de la planta</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 12 Humato 7 Plus</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 13 Muestreo de suelo</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO 14 Procedimiento para método de cuarteo</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO 15 Pesado de la muestra de suelo</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO 16 Empacado de la muestra de suelo</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO 17 Un kilogramo de suelo para enviar a laboratorio</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO 18 Medición de altura de la planta</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO 19 Medición de altura de la lanza</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO 20 Pigmentación verde claro de la lanza y hoja</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 21 Cadena de custodia de Laboratorio INIAP</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 22 Tabla de mediciones</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO 23 Viabilidad económica de la investigación</b>	<b>137</b>

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado un país mega diverso, por cuanto dispone de una vasta riqueza natural, cuenta con una gran variedad de zonas climáticas, con la mayor biodiversidad por metro cuadrado del continente, en cuanto a flora y fauna, y una gran variedad de suelos a lo largo de todo el territorio nacional.

Debido a esta riqueza el Ecuador es un país con una amplia tradición agrícola y elevada diversidad de productos que contribuyen al desarrollo económico del país. En medio de una economía globalizada y bajo la presión creciente de mercados internacionales, las actividades agrícolas se han transformado en extensivas, que privilegian el monocultivo de especies de interés en los mercados internacionales, tales como la palma africana, banano, cacao, soja, café, flores, etc.<sup>1</sup>

En la actualidad no solo la actividad hidrocarburífera es causante del deterioro ambiental de los ecosistemas nacionales, sino también las actividades agrícolas extensivas, que deterioran grandes extensiones de bosques primarios, páramos, y ecosistemas sensibles provocando la pérdida de biodiversidad en las zonas de expansión de cultivos, en especial en la región Amazónica, en los bosques noroccidentales del Ecuador y en las zonas del callejón interandino generadoras de agua.<sup>2</sup>

<sup>3</sup>Uno de los cultivos que mayor incidencia ha tenido en el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de la diversidad biológica, es la Palma africana. Los procesos agresivos de deforestación y eliminación de la flora y fauna naturales han incidido sensiblemente en las alteraciones de las condiciones climáticas de amplias zonas del Ecuador.

---

<sup>1</sup> Ing. HERNÁNDEZ, Luis. Apuntes de la materia de Recursos Forestales. Sexto Semestre. UDLA. 2008.

<sup>2</sup> TAPUY, Cristóbal. Extensión de alternativas económicas autogestionarias en la Región Amazónica. Folleto N°33. Reserva de Biosfera Sumaco. 1997. P. 12

<sup>3</sup> Tomado por el autor y adaptado de la referencia de internet. [www.ingenieroambiental.com](http://www.ingenieroambiental.com)

Los suelos amazónicos son suelos pobres en materia orgánica, de poco espesor, no aptos para la agricultura, estos han sido gravemente afectados por la proliferación de cultivos de palma africana y otros cultivos no tradicionales de exportación.

La presencia de cultivos industriales produce erosión agresiva en los suelos, la acumulación de residuos de herbicidas y pesticidas empleados en el control de plagas, a más de la acidificación y salinidad de los mismos.

Otro problema ligado a estos cultivos es la erosión genética causada por la pérdida de especies. La uniformidad genética genera una vulnerabilidad impresionante, para los mismos cultivos, amenazando la sustentabilidad de la agricultura.

Ante la problemática ambiental generada, es necesario promover prácticas agrícolas que estén direccionadas a la conservación de la biodiversidad, que utilice técnicas de protección y mejoramiento de suelos, que eliminen el uso de agroquímicos y que incorporen agentes biológicos de control de plagas, que estimulen la rotación de cultivos y otras prácticas agroecológicas, que eviten el deterioro de los suelos.

La adopción de medidas correctivas alternativas a las prácticas agrícolas comunes, es la clave para realizar una agricultura sustentable en sentido económico y ambiental, que garantice el equilibrio de los ecosistemas y el uso racional de los recursos naturales del Ecuador.

Entre estas medidas está la transformación de la agricultura en una actividad completamente orgánica, la introducción de materiales inertes con elevada capacidad de intercambio iónico y de retención de humedad, el empleo de microflora autóctona (micorrizas, bacterias) para incrementar la fertilidad de los suelos.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>Tomado de Seminario de Biorremediación. Dr. GUALOTO, Miguel. Febrero 2010.

Indudablemente hay mucho que hacer, tan solo es necesario estimular la investigación y apoyar las iniciativas, a través de amplios programas estatales y privados de capacitación, concientización y financiamiento.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Recuperar suelos deteriorados por actividades agrícolas en la Región Amazónica, mediante la aplicación de humatos y tamices moleculares.

### **Objetivos Específicos**

- Verificar la capacidad de las zeolitas y puzolanas de rehabilitar suelos agrícolas, en calidad de tamices moleculares.
- Determinar la versatilidad de los humatos y tamices moleculares necesarios para la recuperación de los suelos agrícolas.
- Probar por método experimental la recuperación de suelos.

## **HIPÓTESIS**

La adición de humatos y tamices moleculares en suelos afectados por actividades agrícolas, permitirá su recuperación a más de rescatar el agrocesonis.



## DESARROLLO

### Capítulo I: EL SUELO

#### 1.1 DEFINICIÓN Y GÉNESIS

Marbut (1863-1935) define al suelo como “la capa externa de la corteza de la tierra, usualmente no consolidada que varía en espesor desde una fina película a varios metros, que difiere del material subyacente en color, estructura, textura, constitución física, composición química, características biológicas y, probablemente también, en procesos químicos, reacción y morfología (...)”.<sup>5</sup>

El suelo es un cuerpo natural formado por gases, líquidos y sólidos (minerales y materia orgánica) que se produce en la superficie de la tierra, ocupa espacio y se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes, o capas, que son distinguibles del material inicial a resultas de adiciones, pérdidas, las transferencias y las transformaciones de la energía y la materia o la capacidad de soportar plantas enraizadas en un entorno natural.<sup>6</sup>

Al aumentar el conocimiento de los suelos a lo largo del tiempo, se han producido cambios en el concepto de suelo y en consecuencia, en las teorías sobre su génesis.

Hasta hace un siglo, era común considerar al suelo como roca desintegrada, mezclada con materia orgánica descompuesta. Esta idea fue reemplazada, por el concepto de que los suelos eran más que roca meteorizada y que tenían perfiles, constituidos por horizontes relacionados genéticamente.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL1Suelo.htm>

<sup>6</sup> Adaptación realizada por el autor basado en: DURÁN, F. Procesos de Formación del Suelo. 1997. Facultad de Agronomía de México. P. 321-324

<sup>7</sup> Adaptación del autor basado en BREWER, A. 1964. Procesos de formación del suelo. Génesis. P. 69-75

De acuerdo a lo expuesto por Crompton, Wright y Bennema, Robinson y Gaucher, los factores que intervienen en este proceso de formación y desarrollo de los suelos son:

**La materia orgánica.-** proporcionada por los animales y vegetales colonizadores del sustrato inorgánico.

**El clima.-** es el más importante de ellos, ya que determina el volumen de precipitaciones y la temperatura.

**El relieve.-** facilita o dificulta, según el grado de inclinación de la superficie, la infiltración del agua en el terreno; cuanto mayor sea ésta, más activo será el proceso edafogénico; el relieve también determina el grado de erosión y la orientación con respecto al sol; las zonas dirigidas al sur sufren una mayor evaporación y sus suelos son menos potentes.

**La actividad biológica.-** favorece la disgregación física de la roca madre (consistente en rocas sedimentarias y/o morrenas glaciales), fundamentalmente mediante la acción de las raíces de los vegetales, pero también interviene de forma notable en la meteorización química por medio de los ácidos húmicos, procedentes de la descomposición de restos orgánicos.

**La composición litológica de la roca madre.-** determina cuáles serán los productos de alteración originados por la meteorización; por tanto, influye en el grado de acidez del suelo resultante. La roca madre constituye el aporte de elementos minerales cuando se produce su disgregación y descomposición.

**El tiempo.-** con el transcurso del tiempo y la acción conjunta del clima y vegetación, se produce la mezcla de los elementos entre sí, con el aire y agua.

Básicamente, de todo lo dicho anteriormente, se pueden distinguir una serie de fases en el proceso de formación de los suelos:

- Meteorización de la roca madre (acción mecánica por hielo, temperatura, etc.).
- Acción química inorgánica (agua, sales minerales).
- Acción biológica (descomposición de materias por los seres vivos que colonizan el suelo, tales como bacterias, hongos o protozoos).
- Acción conjunta de toda la materia orgánica e inorgánica.<sup>8</sup>

### 1.3 PROPIEDADES

Una de las propiedades del suelo es la presencia de organismos vivos (macro y micro invertebrados), a más de bacterias y hongos, los mismos que son responsables de la capacidad para descomponer y/o transformar los residuos vegetales, liberando los elementos químicos o produciendo sustancias húmicas de enorme importancia en la física química del suelo y en la nutrición mineral de las plantas.

La materia mineral forma la estructura física de los suelos, importante para la circulación, la retención del agua y la aireación del suelo, en permanente interacción con los procesos biogeoquímicos. Aporta nutrientes y bases para la regulación del pH.<sup>9</sup>

La transformación por la acción de agentes químicos y biológicos da origen a las arcillas que regulan la textura del suelo y tienen una gran actividad físico química.

Entre las propiedades más destacadas podemos mencionar:

#### 1.3.1 Propiedades Físicas

“Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la variedad de usos que el hombre da a los suelos. La

---

<sup>8</sup>Adaptación del autor basado en [http://www.natureduca.com/cienc\\_gen\\_sueloformac.php](http://www.natureduca.com/cienc_gen_sueloformac.php) - <http://soils.usda.gov/education/facts/soil.html>

<sup>9</sup> Adaptación realizada por el autor basado en: GAUCHER, G. (1968). Procesos de formación del suelo. SIMONSON (1959), en su Esbozo de una Teoría Generalizada de Génesis del Suelo. P. 109

condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes”.<sup>10</sup>

Los parámetros físicos sujetos a análisis son:

- **Porosidad.-** La porosidad depende de la textura, de la estructura y de la actividad biológica del suelo. Cuanto más gruesos son los elementos de la textura, mayores son los huecos entre ellos, salvo si las partículas más finas se colocan dentro de esos huecos o si los cementos coloidales los obturan.

No obstante lo más corriente es que los suelos con elementos gruesos presenten poros también gruesos y los suelos limosos y arcillosos, huecos muy numerosos pero de pequeño tamaño. La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad.

Son por tanto los suelos coloidales los que tienen la mayor porosidad.<sup>11</sup>

- **Estructura.-** “Es la agrupación de los granos individuales del suelo de manera que puede resistir cierto grado de disgregación debido a fuerzas externas”.<sup>12</sup> La materia orgánica contribuye al mejoramiento de las características físicas del suelo, porque entre otras cosas, ayuda a unir las partículas finas y a romper grandes masas de la misma, proporcionando una estructura grumosa. Este es el caso de los ácidos húmicos que son formadores de suelos por excelencia.<sup>13</sup>

<sup>10</sup> DURAN, A. y KAPLAN y ZAMALVIDE, S.P. Datos de perfiles representativos de los grandes grupos de suelos del Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía, 1970. P. 48, 51-55.

<sup>11</sup> Adaptación del autor basado en DOMINGUEZ, J.E. y LAZBAL, E. Evaluación del efecto del manejo interior del suelo sobre macroporosidad, densidad aparente y rendimiento del cultivo de papa. Tesis Ing. Ag. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1965. P. 67

<sup>12</sup> [http://www.quiminet.com/ar3/ar\\_hgsAAAssRsDF-principales-propiedades-fisicas-de-los-suelos.htm](http://www.quiminet.com/ar3/ar_hgsAAAssRsDF-principales-propiedades-fisicas-de-los-suelos.htm)

<sup>13</sup> Basado en conversación con el Dr. GUALOTO, Miguel.

- **Color.-** <sup>14</sup>Es un caracter del suelo, fácil de observar y de uso cómodo para identificar un tipo de suelo dentro del cuadro regional o local. Las principales sustancias que confieren al suelo su color son: el humus, compuestos minerales, como los óxidos, sulfuros, sulfatos, carbonatos.

Los colores claros, es decir, el blanco el blancuzco, son debidos a la abundancia de minerales blancos o incoloros.

Los minerales que tienden a provocar coloraciones claras son; sílice, el calcáreo en un grado elevado de pureza, el yeso, los cloruros o la arcilla, también desprovista de impurezas.

Los colores negros o pardo muy oscuro son provocados por el humus o el manganeso, estando a menudo este último al estado de bióxido ( $MnO_2$ ), o también por los sulfuros de hierro.

Toda la gama de coloraciones que van por una parte; desde el rojo y a veces del granate, al beige, pasando por el amarillo, el anaranjado y el pardo, y, por otra parte del gris al verde pasando por los diferentes matices del gris, son casi siempre debidas a los compuestos del hierro, sea que intervengan prácticamente solos, o que se asocien a otros elementos coloreados del suelo para dar el tinte resultante.

El color determina el régimen térmico de los suelos. Suelos oscuros son más cálidos y viceversa.

- **Textura.-** Es la proporción de cada elemento del suelo, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se

---

<sup>14</sup> Adaptación del autor basado en GAVANDE, S.A. 1972. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Ed. Limusa-Wiley. México. 2002. P. 80

encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla.<sup>15</sup>

La composición por tamaño de las partículas (granulométrica) de un suelo, es el porcentaje de materia mineral en peso de cada fracción, comúnmente en los suelos se separan por lo menos tres clases por tamaño usualmente denominados arena, limo y arcilla.<sup>16</sup>

**Tabla N°1.1 Clasificación de las partículas del suelo**

Fracción del Suelo	Sistema del Depto. de Agricultura de EE.UU.	Sistema Internacional
	Diámetros límites en mm.	Diámetros límites en mm.
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00	
Arena gruesa	1.00 - 0.50	2.00 - 0.20
Arena Media	0.50 - 0.25	
Arena fina	0.25 - 0.10	0.20 - 0.002
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	Menos de 0.002	Menos de 0.002

**Fuente:** I. Rucks, f. García, a. Kaplán, *et.al.* (2004)

### 1.3.2 Propiedades Químicas

- **Conductividad eléctrica.**-Determina la capacidad de un suelo a efectuar reacciones de intercambio iónico, esto es la posibilidad de que las plantas asimilen ciertos iones.

Mientras más sales disueltas tenga el agua, más electricidad conduce, esta conductividad se mide en milimhos/cm o micromhos/cm.

<sup>15</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICAS/fisicas.pdf>

<sup>16</sup> RUCKS L., F. García, a. KAPLÁN, *et.al.* (2004). P. 33-36

Cuando un suelo supera los 2 micromhos/cm hay problemas en cuanto a lo biológico.

Suelos Salinos: CE > 4 milimhos/cm; PSI < 15%

Suelo Salino - Sódico: CE > 4 milimhos/cm; PSI > 15%

Suelo Normal: CE < 4 milimhos/cm; PSI < 15%

Suelo Sódico: CE < 4 milimhos/cm; PSI >15% <sup>17</sup>

Existen otras unidades de medida de la conductividad eléctrica como  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y  $\text{mS}/\text{cm}$ .

Como ya se ha indicado la solubilidad de las sales es un parámetro evaluador de su toxicidad para los cultivos. De tal forma que influye en la germinación, crecimiento, y desarrollo de las plantas.<sup>18</sup>

Todos los suelos fértiles contienen por lo menos pequeñas cantidades de sales solubles. La acumulación de sales solubles en el suelo se atribuye principalmente a problemas de riego<sup>19</sup>, porque inciden en los contenidos de humedad del suelo y como consecuencia en la variación de la concentración de sales.

- **Capacidad de Intercambio Catiónico.-** <sup>20</sup>Los nutrientes se encuentran en el suelo en forma de iones, los cuales tienen carga positiva o negativa (los de carga positiva se llaman cationes; los de carga negativa, aniones).

Las partículas de arcilla y los coloides orgánicos tienen carga negativa en su superficie y atraen y retienen (débilmente) los

<sup>17</sup> <http://knol.google.com/k/dise%C3%B1o-de-sistemas-de-drenaje-agr%C3%ADcola-conceptos-previos#>

<sup>18</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=989>

<sup>19</sup> Adaptación del autor basado en NARRO, E. 1994. Física de suelos. Con enfoque agrícola. Ed. Trillas. México. P. 77-85

<sup>20</sup> <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/04/67011>

iones con carga positiva. Algunos cationes son retenidos más fuertemente que otros, lo que hace más difícil su lixiviación por acción del agua.

Los iones hidrógeno (de carga positiva) constituyen un subproducto de las raíces y de los organismos del suelo. Las raíces intercambian iones hidrógeno por otros nutrientes con carga positiva.

La capacidad de intercambio catiónico o intercambio de base está determinada por la capacidad de retención de la arcilla o del humus. Cuanto mayor es dicha capacidad de retención mayor es la capacidad de intercambio catiónico.

- **pH.-** “El pH es una medida utilizada por la ciencia, en particular la Química, para evaluar la acidez o la alcalinidad de una solución”.<sup>21</sup>

Ácido es toda sustancia que en solución acuosa libera protones (ácido, según Arrhenius). Las sustancias alcalinas aportan el ión hidroxilo (OH-) al medio.

Por lo tanto, el pH es una medida de la acidez de una solución que depende de la concentración de H<sup>+</sup>; hay otras definiciones de sustancias ácidas o básicas que son más generales que la de Arrhenius (la de Lowry y la de Lewis).

En la naturaleza, existen especies vegetales adaptadas a ambientes extremadamente ácidos y básicos. Aunque las producciones agropecuarias suelen basarse en cultivos que

---

<sup>21</sup> Dr. BASÁEZ, Luis R. ¿qué es el pH?: Formas de medirlo. Ciencia ahora, N° 23, Año 12, Enero a Junio 2009.



soportan ambientes iónicos de las soluciones del suelo menos extremos.

En la práctica, resulta infrecuente encontrar suelos con pH inferiores a 3,5 o superiores a 10.

El pH del suelo es generalmente considerado adecuado en agricultura si se encuentra entre 6 y 7. En algunos suelos, incluso con un pH natural de 8, pueden obtenerse buenos rendimientos agropecuarios. Sin embargo, a partir de tal umbral las producciones de los cultivos pueden mermarse ostensiblemente.<sup>22</sup>

En la mayoría de los casos, los pH altos son indicadores de la presencia de sales solubles, por lo que se requeriría acudir al uso de cultivos adaptados a los ambientes salinos.

Del mismo modo, un pH muy ácido, resulta ser otro factor limitante para el desarrollo de los cultivares, el cual puede corregirse mediante el uso de enmiendas como la cal. O a veces se aplican de compuestos de azufre con vistas a elevar el pH de los suelos fuertemente ácidos.<sup>23</sup>

- **Disponibilidad de metales pesados.-** “Se denomina metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y que presentan un peso específico superior a 4 (g/cm<sup>3</sup>)”.<sup>24</sup> Cabe destacar que en esta categoría entran prácticamente todos los elementos metálicos de interés económico, por tanto, de interés minero.

---

<sup>22</sup> Adaptación realizado por el autor basado en PORTA, J. 1986. Técnicas y experimentos en edafología. Ed. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cataluña. Barcelona. P. 128

<sup>23</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>

<sup>24</sup> Water Treatment Solutions Lenntech B.V. <http://www.lenntech.es/cgi-bin/search.metales+pesados>.

La presencia de metales pesados en el suelo puede causar problemas de toxicidad a plantas y microorganismos, en dependencia de su concentración y del tipo de metal pesado presente.<sup>25</sup>

- **La alcalinidad de los suelos.**<sup>26</sup>“Es producida por la presencia de elevadas concentraciones de Ca y Mg, cuando las lluvias lavan estos suelos, el agua se carga de estos iones transformándose en agua dura, con efectos negativos sobre los cultivos, por cuanto interfieren en la solubilidad de sales, pesticidas, herbicidas y abonos.

Otro efecto es el bloque de la actividad eléctrica del suelo impidiendo la generación de gradientes favorables para la asimilación radicular.”

### 1.3.3 Propiedades Biológicas

- **Presencia de Macrofauna.**- Este grupo incluye a organismos de 2 o más mm de diámetro, por lo que son visibles sin utilizar lupas o microscopios.

“Entre los taxa de vertebrados más representativos en este tamaño encontramos: serpientes, lagartijas, conejos, topos, zorros, etc. Es decir se trata de organismos excavadores que viven, hibernan y/o se alimentan de otros organismos del suelo.”<sup>27</sup>

Pero la mayoría de ellos no pueden considerarse como especies propiamente edáficas, si bien pueden llegar a afectar a su estructura, porosidad, etc.<sup>28</sup>

<sup>25</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/04/67011>

<sup>26</sup> NARRO, E. 1994. Física de suelos. Con enfoque agrícola. Ed. Trillas. México. P. 93-99, 130.

<sup>27</sup> [www.fao.org/nr/cgrfa](http://www.fao.org/nr/cgrfa)

<sup>28</sup> Adaptación realizada por el autor basado en ALEXANDER, M. (1980): Introducción a la microbiología del suelo. AGT (Eds.), México. D.F. P. 56

Otros taxa, más propiamente edáficos, son los invertebrados que viven en su seno y se alimentan exclusivamente de otras especies o materiales edáficos, o que viven en la interface con la atmósfera bajo la condición previamente aludida.<sup>24</sup>

Entre los destacados por afectar muy positivamente a mejorar las propiedades físicas del suelo cabe mencionar a las lombrices de tierra, termitas, muchas especies de hormigas, pero también los ciempiés, milpiés, larvas de otros artrópodos escorpiones, caracoles, etc.

- **Mesofauna.**<sup>29</sup> “Tal grupo de tamaños incumbe a los organismos cuyo diámetro está comprendido en el rango de 0.1 a 2 mm. Los taxa más abundantes son los microartrópodos tales como: los ácaros, colémbolos, pequeños miriápodos, etc., así como gusanos del tipo de los enquitreidos (anélidos)”.

Poseen una capacidad limitada de excavar túneles o canales, viviendo más comúnmente en los poros del suelo. Se alimentan de restos orgánicos, microflora, microfauna y otros invertebrados de su tamaño.

En los suelos donde existen lumbrícidos, los enquitreidos a criterio de muchos biólogos, ocupan su lugar como ingenieros o generadores de estructuras edáficas. (Doran *et al.*, 1994).

- **Microorganismos.**-Desde el punto de vista de sus relaciones con las plantas, los microorganismos del suelo se dividen en tres grandes grupos:

---

<sup>29</sup> ATLAS, R.; BARTHA, R. 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental. 2ª ed. Trad. Español. Addison Wesley, Madrid. P. 250-261.

- saprofitos, que utilizan compuestos orgánicos procedentes de residuos de animales, vegetales o microbianos.
- simbioses parasíticas o patógenas, causantes de enfermedades a las plantas.
- simbioses, los cuales obtienen un beneficio mutuo de su relación con la planta.<sup>30</sup>

La importancia de los microorganismos en ambientes naturales deriva de su cantidad, diversidad y, sobre todo, de su gran espectro de actividades metabólicas, que en la mayoría de los casos, repercuten en los seres superiores con los cuales comparte un determinado hábitat. (Alef y Nannipieri, 1995; García *et al.*, 2003).

Concretamente en el suelo, los microorganismos desarrollan una amplia gama de acciones que inciden en el desarrollo y nutrición vegetal. “La función de los microorganismos en el suelo, especialmente la de algunos grupos definidos, puede ser manipulada para permitir que determinadas actividades microbianas, bioquímicas y enzimáticas se expresen de forma eficaz, de allí que pueden jugar un papel preponderante como indicadores de calidad y salud de los suelos”.<sup>31</sup>

Entre los beneficios para el sistema suelo-planta, pueden citarse los siguientes:

- Estimulación de la germinación de las semillas y del enraizamiento.
- Incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes.

---

<sup>30</sup> DUCHAFOUR, Ph. 1984. Edafología: I: Edafogénesis y clasificación. Versión española por T. Carballas (CSIC). T-Masson Ed., Barcelona. P. 68

<sup>31</sup> SHIVA, V. 1995. Biodiversity Based Productivity. A framework for an alternative economic assessment for sustainable agriculture. Reserach Foundation for Sciece. Technology and Natural Resources Policy, Dehra Dun. P. 300

- Mejora de la estructura del suelo como consecuencia de la contribución microbiana en la formación de agregados estables.
- Protección de la planta frente a estrés hídrico y abiótico<sup>32</sup>

#### 1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

La clasificación de suelos es una categorización sistemática de la acción conjunta de los factores que condicionan la formación y evolución del suelo que conduce al desarrollo de diferentes perfiles o tipos de suelos.

La clasificación de los mismos puede basarse en criterios diversos. Entre otros, podemos citar.<sup>33</sup>

- Características intrínsecas del suelo, dependientes de los procesos genéticos que los desarrollan.
- Propiedades del suelo como permeabilidad, salinidad, composición, relacionados estrechamente con los factores de formación.
- Según su aptitud para diferentes usos, fundamentalmente agrícola.

Actualmente existe una fuerte tendencia a utilizar dos clasificaciones que pueden ser calificadas como internacionales, estas son la Soil Taxonomy, presentada por el Soil Survey Staff de los Estados Unidos, y la desarrollada por la FAO/UNESCO para la obtención de un mapa de suelos a nivel mundial.<sup>34</sup>

Las clasificaciones de carácter nacional están siendo abandonadas o utilizadas con carácter complementario de estas dos clasificaciones globales. Se trata de clasificaciones que utilizan como caracteres

<sup>32</sup> Importance of Microorganisms for Soils Quality and Health  
Oscar Acuña<sup>1</sup>; Wagner Peña<sup>1</sup>; Edgardo Serrano<sup>2</sup>; Luis Pocasangre<sup>3</sup>; Franklin Rosales<sup>3</sup>; Eduardo Delgado<sup>3</sup>; Javier Trejos<sup>4</sup> & Alvaro Segura<sup>2</sup>- 2006. Folleto electrónico.

<sup>33</sup> Adaptación del autor basado en DÁVILA V, Marvin Javier. Procedimientos de análisis de suelos. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar. Revista electrónica. N°14

<sup>34</sup> IUSS Working Group WRB. 2006. *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. P. 26

diferenciantes a propiedades del suelo medibles cuantitativamente (en el campo o en el laboratorio).

Además estos caracteres diferenciantes son muy numerosos, de manera que las clases establecidas quedan definidas de una manera muy rigurosa y precisa.

Es pertinente hacer mención de los perfiles del suelo, porque se encuentra dispuesto en una serie de zonas llamadas horizontes; y el arreglo de estos horizontes en un suelo se conoce como un perfil edáfico o perfil del suelo.

Cada horizonte se caracteriza por tener diferentes propiedades como color, textura, estructura, espesor y composición (tipo de minerales y elementos químicos presentes), además de su consistencia y reacción.<sup>35</sup>

Todas estas propiedades son utilizadas para definir los tipos de horizontes, de los cuales se han identificado a la fecha seis, simbolizados con las letras mayúsculas O, A, E, B, C y R.

Se entiende que los horizontes del suelo son:<sup>3637</sup>

- **Horizonte O:** posee una capa orgánica, compuesta principalmente por hojas, desechos animales, hongos y otros materiales orgánicos parcialmente descompuestos.
- **Horizonte A:** se indica que es una mezcla porosa de materia orgánica descompuesta (humus), organismos vivos y algunas partículas minerales.

---

<sup>35</sup>[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_agronomicas/l200310221542evaluaciondesuelosclasificacion1.pdf](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/l200310221542evaluaciondesuelosclasificacion1.pdf).

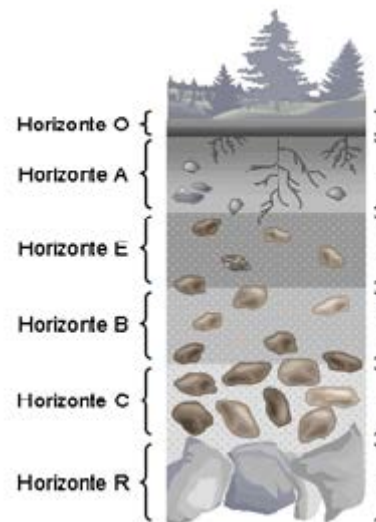
<sup>36</sup> KRASILNIKOV, Pavel. GARCÍA C. Norma E. El uso de la WRB para la cartografía de los suelos.2006. P. 44

<sup>37</sup> CARBALLAS, T. et al. 1981. Clave para la clasificación de los suelos (UNESCO-FAO). Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Madrid. P. 32-40

- **Horizonte E:** la referida institución indica que éste horizonte es una capa mineral de color claro, en la que ocurren pérdidas de arcillas, minerales y cationes por lixiviación, generándose una acumulación de arena y limo.
- **Horizonte B (subsuelo):** se entiende que éste contiene depósitos de arcillas y minerales (aluminio, óxidos de aluminio y carbonato de calcio) que recibe de las capas más superficiales por efecto de escurrimientos.
- **Horizonte C:** éste horizonte, en su mayor parte es roca disgregada en forma de mezclas variables de arena, arcilla y grava, que contiene un mínimo de material orgánico. Por otra parte, se acota que éste normalmente descansa sobre un lecho de roca (material parental) denominado con la letra R, el cual no es considerado como suelo.

La siguiente gráfica, muestra de forma detallada lo arriba descrito:

**Gráfico N° 1.1 Horizonte del suelo**



**Fuente:** Instituto Nacional de Ecología de México

#### 1.4.1 Horizontes superficiales<sup>38</sup>

- **MOLLICO**

Es un horizonte rico en materia orgánica (>1%). De color muy oscuro (croma < de 3,5 en húmedo y value <3,5 en húmedo y <5,5 en seco). De gran espesor (>10 cm sobre roca; >20 cm y >1/3 solum, si solum <75 cm; >25 cm si solum >75 cm): Saturado en bases (>50%). Estructurado.

- **UMBRICO**

Las exigencias del horizonte A úmbrico, son comparables a las del A móllico (en el color, materia orgánica, estructura y espesor), pero el horizonte A úmbrico tiene, sin embargo, un grado de saturación menor del 50%.

- **OCRICO**

Es un horizonte que tiene un color demasiado claro (altos value y croma), o demasiado poco carbono orgánico, o es demasiado delgado, para ser móllico o úmbrico, o es duro y macizo, a la vez, cuando se seca.

- **HISTICO**

Es un horizonte saturado en agua por largos períodos, con altos contenidos en materia orgánica (más del 20 o 30%, según textura) que tiene más de 10 cm de espesor (si tiene menos de 20, mezclar los 20 primeros).

- **FOLICO**

Es el horizonte de intensa acumulación de materia orgánica (>35%) en condiciones de buena aireación (diferencia con el

---

<sup>38</sup> IUSS Working Group WRB. 2006. *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. P. 30



hístico). Con más de 20 cm de espesor (si tiene sólo 10 se han de cumplir las condiciones al mezclar los primeros 20 cm).

- **CHERNICO**

Es un "supermólico": negro, rico en materia orgánica (al menos 2,5 %), profundo (al menos 35 cm.), bien estructurado, saturado en bases (80% o más) y con muy alta actividad biológica.

- **SALICO**

Es con acumulación secundaria de sales solubles, más solubles que el yeso (mínimo del 1%). Muy alta conductividad eléctrica (más de 15 dS m<sup>-1</sup>). Frecuentemente reconocible por la vegetación halofítica que soporta el suelo.

- **CRICO**

Es un horizonte (superficial o subsuperficial) que permanece permanentemente congelado en materiales minerales u orgánicos.

#### 1.4.2 Horizontes subsuperficiales

- **ALBICO**

Es un horizonte E, en el que la arcilla y los óxidos de hierro libres han sido eliminados hasta el punto que el color del horizonte viene determinado por el color de las partículas primarias de arena y limo más que por los revestimientos sobre estas partículas. Como las partículas de arena son de color blanquecino, estos colores claros son los típicos de este horizonte.

- **ARGICO (nueva versión del antiguo horizonte argillico).**

El horizonte árgico es un horizonte subsuperficial que tiene un contenido en arcilla netamente mayor que el horizonte situado encima.

La diferenciación textural generalmente es debida a una acumulación de arcilla iluvial pero también puede ser consecuencia de otros procesos pedogenéticos, como: formación de arcilla en el horizonte subsuperficial, o una destrucción de arcilla en el horizonte superficial, o de una erosión superficial selectiva de arcilla, o por la actividad biológica o una combinación de dos o más de estos procesos.

Cuando un horizonte árgico está formado por iluviación de arcilla, las partículas de arcilla (arcilanes, o cútanos de arcilla, o revestimientos de arcilla) pueden encontrarse sobre la superficie de las unidades estructurales, en fisuras y en poros.

Perfil diferenciado, típicamente A-E-Bt-C, pero frecuentemente carece de E.

- **CAMBICO**

Es un horizonte de alteración que carece de las propiedades diagnósticas de un horizonte árgico, o nátrico, o espódico, o ferrálico; no presenta colores oscuros, ni el contenido en materia orgánica y las estructuras del horizonte hístico, o móllico, o úmbrico, o fólico.

Horizonte de alteración, puesto de manifiesto por (una o más):

1. Más % de arcilla que el horizonte subyacente.
2. Un color (hue) más rojo o un croma más intenso que el horizonte subyacente.
3. Lavado de carbonatos.
4. Si no hay carbonatos en el material de partida, la alteración se manifiesta por un desarrollo de estructura de suelo (sin estructura de roca en >50% volumen horizonte).

- **ESPODICO**

Es un horizonte subsuperficial de color oscuro rico en materiales iluviales, constituidos por materia orgánica, aluminio y hierro. Estos materiales iluviales se caracterizan por una capacidad de cambio altamente dependiente del pH, gran área superficial y alta retención de agua. Generalmente debajo de un albico. Perfil muy evolucionado: A-E-Bh-Bs-C.

- **CALCICO**

Es un horizonte de acumulación secundaria de carbonato cálcico. La acumulación puede ser en el horizonte C, pero puede presentarse también en un horizonte B, o A (en este último debido a la erosión). Su presencia se pone de manifiesto en el campo por los colores blanquecinos de las acumulaciones y por su reacción con HCl al 10%.

El horizonte cálcico está enriquecido con carbonato secundario en un espesor de 15 cm, o más, y tiene un contenido equivalente en  $\text{CaCO}_3$  del 15%, o más, que debe ser como mínimo un 5% mayor que el de un horizonte más profundo.

- **GYPSICO Y PETROGYPSICO (también llamados yésico y petroyésico)**

Similares a los anteriores pero ahora se acumula yeso. Es un horizonte de enriquecimiento en sulfato cálcico secundario, que tiene 15 cm o más de espesor, un 15%, como mínimo de yeso, y el producto del espesor en cm por el porcentaje de yeso, es igual o superior a 150. Si el contenido alcanza el 60% el horizonte se le califica como *hipergypsico*.

El horizonte *petrogypsico* es un horizonte *gypsico* que está cementado con yeso.

- **VERTICO**

Horizonte arcilloso (>30%) que, como resultado de los fenómenos de hinchamiento y contracción, presenta abundantes cuñas o agregados prismáticos. De consistencia dura a muy dura. Cuando está seco muestra anchas grietas (1 cm, mínimo) y profundas (50 cm o más).

#### 1.4.3 Horizontes diagnósticos antropedogenéticos

Horizontes sometidos a una intensa acción antrópica. Son de diversos tipos debido a las distintas acciones antrópicas que los originan: arado profundo, fertilización intensa, adicción de materiales externos, regadío, cultivos inundados, etc.

Los horizontes de este tipo pueden ser:

- **TERRICO. Por adicción de tierra, lodos y compost.**

Presenta una distribución no uniforme de la textura con la profundidad. Saturados en bases. Normalmente neutro o débilmente alcalino, con bajos contenidos en limos. Generalmente contiene artefactos tales como trozos de ladrillo y cerámica en toda su profundidad. Frecuentemente encima de suelos enterrados.

- **IRRAGRICO.**

Por regadío durante mucho tiempo con aguas cargadas en sedimentos. Ricos en carbonatos y arcillas. Débilmente coloreados. Más del 0,5% de materia orgánica y al menos con un 0,3% en su límite inferior. Generalmente contiene artefactos.

- **PLAGICO.**

Orgánicos. Pardo a pardo oscuro. De textura muy uniforme. Desaturados en bases. Con altos contenidos en  $P_2O_5$ . Ligeramente ácidos. Generalmente contiene artefactos.

- **HORTICO.**

Resulta de un cultivo profundo, con intensiva aplicación de residuos humanos y animales. De colores oscuros, orgánicos, ricos en  $P_2O_5$  y saturados en bases. Típicos de las zonas de huerta.

- **ANTRAQUICO.**

En cultivos permanentemente encharcados.

## **1.5 DETERIORO DE LOS SUELOS.**

### **1.5.1 Causas del deterioro.**

El deterioro del suelo tiene como causas inmediatas:

- El cambio climático
- La contaminación ambiental
- La disminución de la biodiversidad
- Los cambios en el uso de suelo

Todos estos factores se relacionan entre sí. El cambio climático es comprendido por muchos como el resultado de la acción de una serie de contaminantes que alteran las condiciones de la biosfera, actuando sobre el aire, el agua, el suelo y los organismos.

Un incremento en la emisión de gases invernadero ( $CO_2$ , metano, vapor de agua, entre otros) afecta las condiciones químicas y físicas que redundan en un mayor almacenamiento del calor con el consecuente aumento de la temperatura ambiental, la pérdida de masas de hielo polares, el cambio de los patrones de circulación de las corrientes de aire y de agua y sus consecuencias directas sobre la biodiversidad.

La contaminación ambiental, además de incidir en el cambio climático, causa efectos sobre todos los elementos de la biosfera. Se depositan y

producen reacciones químicas que cambian las condiciones del agua, el aire y el suelo.<sup>39</sup>

Para analizar los efectos contaminantes en aire y agua conviene consultar numerosas fuentes de información presente en estudios, documentales, libros y publicaciones en todo al rededor de todo el mundo.

Por ellos sabemos que, los organismos vivos son el indicador más determinante del cambio de las condiciones climáticas. Todos los días desaparecen grupos importantes de organismos debido al cambio de las condiciones ambientales.<sup>40</sup>

“La sobreexplotación (caza, pesca, tala, cultivo intensivo), la intromisión de especies exóticas (fauna, flora, transgénicos) a ambientes naturales, la pérdida de hábitat por cambio de uso de suelo (urbanización), la contaminación y el aislamiento que rompe la continuidad entre las poblaciones, son los factores principales para la pérdida de la biodiversidad.”<sup>41</sup>

La agricultura comenzó en Ecuador, al igual que en otras regiones del mundo en los lugares de asentamiento de población humana y se extendió con ellos, para mantener o incrementar la producción de fibras y alimentos. Este avance, generalmente centrífugo, generó grandes cambios ambientales, con consecuencias locales y regionales.<sup>42</sup>

La mayoría de estos cambios fue provocada intencionalmente, para afianzar la estructura y la estabilidad de los ecosistemas agrarios y, así,

---

<sup>39</sup> Adaptación del autor basado en [www.greenpeace.com](http://www.greenpeace.com)

<sup>40</sup> Adaptación del autor basado en Acción Ecológica. 1996 Propuesta a los Candidatos. Alerta Verde. Folleto electrónico.

<sup>41</sup> SHIVA, V. 1995. Biodiversity Based Productivity. A framework for an alternative economic assessment for sustainable agriculture. Reserach Foundation for Sciencie. Technology and Natural Resources Policiy, Dehra Dun. P. 38

<sup>42</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.aeac-sv.org/pdfs/infoerosion.pdf>

poder mantener los servicios de producción y satisfacer las demandas de los mercados o, en términos más generales, de la sociedad.

Sin embargo, la continua necesidad de mejorar los procedimientos agrícolas y la producción, es decir, de incorporar tecnología ante crecientes demandas sociales, genera el riesgo de ocasionar disturbios ambientales severos, que pueden llegar a comprometer la misma producción e, incluso, afectar la diversidad de la vida.

La expansión agrícola es un caso particular de los frecuentes cambios producidos por los humanos en el uso del suelo, o en el tipo de aprovechamiento que realizan de los ecosistemas terrestres.<sup>43</sup>

Hoy, tal cambio es parte importante del llamado cambio global, junto con las alteraciones climáticas y las modificaciones en la composición atmosférica.

Por lo tanto, sus consecuencias exceden el ámbito local o regional. La expansión agrícola influye sobre el clima, los ciclos del agua, el carbono y el nitrógeno en la biosfera, las emisiones de gases causantes del efecto invernadero y la biodiversidad.

Al mismo tiempo, ante una demanda creciente de alimentos y fibras, el aumento de la superficie agrícola aparece como un proceso ineludible. Sus consecuencias sociales y ambientales, por otra parte, subrayan la importancia de planificar con cuidado la expansión del área cultivada por medio de una acción concreta que guíe y controle la operación de los mercados y, tomen en consideración los costos públicos y los efectos de largo plazo.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Adaptación del autor basado en MARTÍNEZ GHERSA, M Alejandra y Claudio. Facultad de Agronomía UBA. 2008. Revista electrónica.

<sup>44</sup> Conversación con Ing. RIVADENEYRA, Ana Mabel. Facultad de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana *Zamorano*.

### 1.5.2 Rol de las actividades agrícolas en el deterioro del recurso suelo<sup>45</sup>

“Hasta el siglo XX, los agricultores y ganaderos criaban y mantenían una enorme diversidad de variedades de cultivos y animales de cría en todo el mundo. Pero esa diversidad se está reduciendo rápidamente en los establecimientos productivos debido a los modernos planes de hibridación de plantas y al consiguiente aumento de la productividad que surge de sembrar un número relativamente menor de cultivos que reaccionan mejor ante el riego, los fertilizantes y los plaguicidas”.

En algunas zonas, la expansión de los cultivos ha sido posible por un aumento, a menudo insostenible, de la irrigación. El avance del regadío puede provocar problemas medioambientales como la salinización, la contaminación del agua, la eutrofización y la sobreexplotación de los acuíferos.<sup>46</sup>

En conjunto, el regadío ha tenido un gran impacto sobre las aguas continentales, provocando una disminución de la biodiversidad y acentuando la desertificación.<sup>47</sup>

**Tabla N°1.2 Efectos de los cultivos intensivos y extensivos sobre el suelo**

Tipo de agricultura	Efectos en el sitio agrícola	Efectos fuera del sitio agrícola (externalidades)	Efectos globales (externalidades)
<b>Intensiva (áreas de alto potencial)</b>	Degradación del suelo (salinización, pérdida de materia orgánica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agotamiento de aguas subterráneas</li> <li>• Contaminación por agroquímicos</li> <li>• Pérdida de la diversidad biológica local (natural y agrícola)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de gases de efecto invernadero</li> <li>• Enfermedades de animales</li> <li>• Pérdida de la diversidad genética <i>in situ</i> de cultivos y animales</li> </ul>
<b>Extensiva (áreas menos favorecidas)</b>	Agotamiento de nutrientes Efectos de la erosión del suelo en el sitio agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos de la erosión del suelo (sedimentación de reservorios) en las tierras bajas (río abajo)</li> <li>• Cambios hidrológicos; por ejemplo, pérdida de retención de agua en las tierras altas (río arriba)</li> <li>• Degradación de pastizales en áreas comunales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del ‘secuestro’ del carbono (almacenamiento por fijación) por la deforestación y las emisiones de dióxido de carbono en los incendios forestales</li> <li>• Pérdida de la diversidad biológica</li> </ul>

**Fuente:** Tomado del Banco Mundial- Informe sobre el Desarrollo Mundial. 2007

<sup>45</sup> Adaptación del autor basado en Espinosa, P. Vaca, R. Abad, J. Crissman, C. 1996. Raíces y tubérculos andinos. Cultivos marginales en el Ecuador. Situación actual y limitaciones para la producción. Abya Yala. Quito. P. 20

<sup>46</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.biotech.bioetica.org/clase3-13.htm>

<sup>47</sup> Informe sobre el Desarrollo Mundial, Banco Mundial. 2007. Folleto electrónico.



### 1.5.2.1 Mecanismos del proceso de degradación de suelos

“La degradación de un ecosistema es la disminución persistente de su capacidad para proveer servicios”.<sup>48</sup>

Una herramienta importante para prevenir la degradación del suelo es la designación de su capacidad de uso, la cual considera factores como la profundidad de la capa fértil, la pendiente, el tipo de suelo, etc.<sup>49</sup> Cuanto más severas sean las condiciones del suelo, mayores serán las restricciones en su capacidad de uso.

Si estas restricciones se sobrepasan mediante un manejo y uso del suelo por encima de su capacidad, el resultado es la degradación de sus características físicas, químicas y biológicas (Montoya, 2005).

Es bien conocido que las decisiones sobre las prácticas de manejo y uso del suelo influyen en los procesos ecológicos y en las interacciones suelo-agua-plantas. Sin embargo, las decisiones de los productores agrícolas, por lo general, se toman para obtener metas a corto plazo (en lugar de a largo plazo) sobre la productividad y la salud del suelo.

Las prácticas insostenibles de uso del suelo y la intensificación de la agricultura, son causas significativas de la pérdida de la biodiversidad, como podemos mencionar las siguientes:

- **El riego.-** La intensificación de la agricultura en las áreas agrícolas bajo riego y en las de temporal (pero de alto potencial) en gran parte del mundo en desarrollo se debió a un viraje notable

---

<sup>48</sup> DE LA ROSA, Diego. (2008). “Evaluación Agro-Ecológica de Suelos, para un Desarrollo Rural Sostenible”. Ediciones Mundi-Prensa. 1ª. Edición. Madrid. P. 55

<sup>49</sup> Adaptación del autor basado en BUITRÓN, Ricardo C. Acción Ecológica. Alerta N° 91. Folleto electrónico.

hacia la agricultura de altos niveles de insumos, la cual ha contribuido a satisfacer la creciente demanda de alimentos en el mundo y ha reducido la tasa a que se convertían los ecosistemas naturales en tierras agrícolas.<sup>45</sup>

Esta intensificación de la agricultura ha generado problemas ambientales que van desde la reducción de la diversidad biológica en las fincas hasta el mal manejo del agua de riego, el agotamiento de las aguas subterráneas y la contaminación ambiental por agroquímicos.

Los efectos nocivos que puede tener el riego sobre algunas de las propiedades del suelo y/o sobre el rendimiento de los cultivos, pueden ser ocasionados por un exceso de agua aplicado al suelo que elevar el nivel freático del mismo, lo cual puede conllevar incrementos en el aporte de sales y/o sodio a la zona donde se encuentran las raíces de las plantas.<sup>50</sup>

También, la aplicación excesiva de agua al suelo, dependiendo del sistema de riego que se utilice, puede incrementar la percolación profunda de agua. Ésta produce una intensa lixiviación, o puede generar unos altos excedentes que se evacuan superficialmente, como escorrentía, que aumentan los riesgos de erosión del suelo.

Por el contrario, si se aplica menor cantidad de agua de la requerida, aparte de que la planta va a sufrir estrés hídrico,<sup>51</sup> en el suelo habrá solubilización de sales y de otros compuestos que no

---

<sup>50</sup> Adaptación del autor basado en Alerta Verde, (1996). Los monocultivos de palma Africana, etnocidio y genocidio en el oriente. (Boletín de Acción Ecológica). N° 35, Octubre.

<sup>51</sup> Apuntes de Botánica I. 2005. Apuntes de Cuencas Hidrográficas. 2009. Universidad de las Américas.

podrán ser lavados de él y que se irán acumulando a cierta profundidad generando horizontes salinos, sódicos, etc.

Cabe mencionar los tipos de riego más importantes que causan alteración al suelo como:

- **El Riego por aspersión.-** Según Hernández (1992), con este sistema se trata de aplicar el agua simulando una lluvia que dentro de sus características puede favorecer enfermedades fungosas en la planta, no debe tener materiales en suspensión, es decir exige calidad en las aguas, presenta mayor consumo de agua.
- **El Riego localizado.-** Según Pérez (1982) incluye, en este tipo de riego, todos aquellos sistemas que aplican el agua sólo a aquella porción del suelo ocupada por las raíces; el riego por goteo y subterráneo son los más conocidos de este sistema. Propicia un buen control de malezas en el cultivo y requiere una alta frecuencia de riego.

Los sistemas de goteo y subterráneo son los más eficientes, en tanto que los de aspersión y de superficie generan un alto consumo de agua y la salinización de tierras, con su consecuente daño al ambiente.

- **El uso intensivo, extensivo e irracional de los plaguicidas.-** Los excedentes de plaguicidas que se acumulan forman complejos con la partículas del suelo bloqueando la capacidad de las mismas de participar en reacciones de intercambio iónico, hidratación, y generación de gradientes electroquímicos favorables para a asimilación vegetal. Su parcial degradación (fotoquímica, química o biológica) produce compuestos de mayor

toxicidad y persistencia ambiental, que inhiben el crecimiento microbiano y reducen drásticamente la fertilidad de los suelos.<sup>5253</sup>

Los pesticidas y sus metabolitos impregnados en el suelo constituyen una fuente potencial de contaminación de aguas subterráneas y de la vegetación asociada a los cultivos donde se acumulan y se transfieren a las cadenas tróficas.<sup>54</sup>

**Tabla N°1.3 Influencia de las actividades antrópicas sobre el suelo**

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS	EFECTOS EN EL SUELO
La fertilización	Mejora productividad, aumenta producción de biomasa y población de microorganismos, incrementa el aporte de materia orgánica; en exceso puede producir el efecto contrario al causar toxicidades y/o contaminación.
El abono orgánico	Mejora la estructura del suelo con todo lo que esto implica en las condiciones hídricas y mecánicas de él.
El enclamiento	Mejora la nutrición vegetal y el ambiente para los microorganismos aunque es posible que se alteren las relaciones poblacionales entre grupos.
El riego	Cambia el comportamiento hídrico; incrementa la velocidad de procesos como solubilización, hidratación e hidrólisis, aumentando la alteración de minerales y de materia orgánica;

<sup>52</sup> Adaptación del autor basado en LÓPEZ, Antonio Jordán. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Profesor asociado a la E.U.I.T.A. CURSO 2005-2006

<sup>53</sup> Adaptación del autor basado en NUÑEZ, Ana María (1998). El óptimo económico del uso de agroquímicos en la producción de palma africana. Caso Santo Domingo de los Colorados. Facultad de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Abya-Yala. P. 80-95

<sup>54</sup> CASTILLO, Morales. G. Ecotoxicología. Editorial McGraw-Hill, 2004. P. 156

	puede producir salinidad o sodicidad y el consecuente deterioro físico y químico; también puede producir erosión si es que la actividad es generada de forma anti técnica.
El drenaje	Aumenta la aireación y por tanto acelera procesos de mineralización de materia orgánica y alteración de ciertos minerales.
La mecanización	Mejora la aireación con todos sus beneficios, hecha adecuadamente; aumenta las posibilidades de la planta para explorar el suelo con el consiguiente aporte de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes; si se hace inadecuadamente, se deteriora la estructura y se puede llegar a compactar el suelo; además, se pueden generar problemas de erosión.
El uso irracional (Tipo y/o intensidad de uso no adecuados a las posibilidades del suelo).	Genera deterioro severo en sus propiedades, lo que se refleja en una pérdida de productividad y de cobertura vegetal, aumentando la susceptibilidad a la erosión.
Las construcciones	Eliminan el suelo completamente, casi siempre.

**Fuente:** Adaptación del autor basado en: JARAMILLO J. Daniel F. Ciencia del suelo.

Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 2002

“La agricultura es una de las principales causas de transformación de hábitat a escala global, junto a la urbanización, lo que la

convierte también en una de las causas fundamentales de la degradación de los ecosistemas”.<sup>55</sup>

- **Agricultura extensiva.-** “Modo de cultivo que fomenta el aumento de las áreas agrícolas para poder aumentar la productividad. Los cultivos extensivos van generalmente acompañados de una deforestación importante (a fin de aumentar la superficie de las tierras cultivables) y de una gran utilización de fertilizantes”.<sup>56</sup>
- **Agricultura intensiva.-** “modo de producción de alimentos basado en el cultivo de plantas y la cría de ganado, con el fin de maximizar la producción en áreas reducidas. La agricultura intensiva a menudo conduce al sobrepastoreo, a los monocultivos y a la eliminación de los períodos de barbecho, lo que agota los suelos”.<sup>57</sup>

En América Latina, los agroecosistemas que más impactos negativos han recibido son los asociados a la producción para el mercado internacional, debido a la deforestación y a la contaminación de los suelos y las aguas, asociado a la producción de banano, palma africana, caña de azúcar y otros cultivos exportables.<sup>58</sup>

### 1.5.3 Rol de los factores ambientales en el proceso

La agricultura es un proveedor importante de servicios ambientales que, generalmente, no se reconocen ni se remuneran. Además de su función primaria de satisfacer la creciente demanda de alimentos y de otros productos agrícolas, “la agricultura desempeña un papel importante en el ‘secuestro’ del carbono, en la ordenación de las cuencas hidrográficas y en la preservación de la diversidad biológica”. (SALTOS, N.1999).

<sup>55</sup> Adaptación del autor basado en: JARAMILLO J. Daniel F. Ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 2002. P. 66-73

<sup>56</sup> GARCÍA, J., GARCÍA, R. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Ed. AEDOS. Barcelona. P. 70

<sup>57</sup> GARCÍA, J., GARCÍA, R. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Ed. AEDOS. Barcelona. P. 72

<sup>58</sup> Adaptación del autor basado en MARTÍNEZ-ALIER, J. 1995. De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular. Ecoteca 10. REDES. Folleto electrónico.

En el proceso de deterioro de los suelos los factores ambientales desempeñan un rol importante en dependencia de la zona geográfica donde estas se ubican, combinado con el carácter de las actividades humanas que se desarrollan en ella. El rol de los factores ambientales en el deterioro de los suelos puede definirse a continuación con un análisis detallado de cada uno de ellos.

- **Precipitación.-** El exceso de precipitación es perjudicial para un cultivo y sus suelos así como la carencia de ella. El nivel de las precipitaciones anuales determina el grado de humectación de los suelos y su capacidad para sostener cultivos y vida asociada a ellos. <sup>59</sup> Cuando las precipitaciones superan valores óptimos (que van de 2650 a 4500 mm anuales)<sup>60</sup> para cada región se generan corrientes de agua que arrastran la capa superficial de suelo produciendo su erosión; en especial en las zonas cuyo relieve es irregular. Estas zonas son inestables sujetas a continuos deslizamientos donde la vegetación no logra retener la capa fértil y se erosiona con gran rapidez.
- **Temperatura del ambiente.-** Incide directamente en las propiedades mecánicas del suelo. A temperaturas altas los suelos se deshidratan rápidamente, se agrietan, pierden su capacidad de formar coloides y en consecuencia cae drásticamente la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. La sequedad causada por las elevadas temperaturas elimina la vegetación y posibilita la erosión de los suelos por acción de los vientos y las lluvias posteriores.

La dilatación térmica genera procesos erosivos marcados en zonas donde la disponibilidad de agua es reducida.<sup>61</sup> Por otro

---

<sup>59</sup> EMERSON, W.W., y DEXTER, A.R. 1978. Modification of soil structure. Ed. John Wiley. New York. P. 97

<sup>60</sup> Servicio meteorológico del Aeropuerto Francisco de Orellana. Ciudad del Coca. Sr. Patricio Hernández.

<sup>61</sup> Adaptación del autor basado en NARRO, E. 1994. Física de suelos. Con enfoque agrícola. Ed. Trillas. México. P. 54

lado la temperatura ambiental es un factor que contribuye a la formación de suelos.

- **Intensidad de la luz (Heliofanía).**<sup>57</sup> La intensidad de la luz (frecuencia de la radiación solar) es determinante para la realización de procesos de oxidación fotoquímica de pesticidas, fertilizantes y agroquímicos en general remanentes en los suelos, que son productos de las actividades agrícolas.

Éstas reacciones fotoquímicas son vitales para los mecanismos de autodepuración de suelos y de regeneración de espacios degradados, en conjunto con los microorganismos naturales del medio.

- **Viento.**- “El viento como factor que contribuye al deterioro de los suelos tiene importancia solo en zonas donde se han producido francos procesos de deforestación y eliminación de cobertura”.<sup>62</sup>

En realidad los efectos negativos atribuidos al viento son en realidad la suma de varias acciones negativas tales como uso irracional de la irrigación fertilización, pesticidas, deforestación y mecanización de los suelos.

Los efectos del viento son básicamente indirectos. La acción mecánica del viento impide por ejemplo, que las vegetaciones arbóreas se instalen en las cimas, costas e islas bajas; otra acción es la de producir desecación del sustrato por enfriamiento y evaporación.<sup>63</sup>

---

<sup>62</sup> Tomado de [www.inamhi.gov.ec/meteorologia/inftec viento.pdf](http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/inftec viento.pdf)

<sup>63</sup> Adaptación del autor basado en Información del INAMHI del Comportamiento del viento en la zona fronteriza Ecuador.



- **Altitud.-** “Este factor actúa sobre todo provocando el descenso de las temperaturas medias. Conforme se asciende, la temperatura media anual decrece a razón de 0,5 °C. cada 100 metros. Influye también sobre la pluviosidad, la cual aumenta hasta cierto nivel”.<sup>64</sup>

#### 1.5.4 Rol del tipo de cultivo en el deterioro de los suelos

Si se desea mantener agroecosistemas complejos y estables, semejantes a los sistemas naturales, se requiere eliminar o reducir de forma considerable prácticas tales como el monocultivo, la fertilización química, la aplicación de herbicidas y el control de plagas con pesticidas, todo lo cual conlleva la disminución de la biodiversidad; dichas prácticas deben sustituirse por la diversificación de los hábitats mediante las rotación de cultivos, los policultivos, los cultivos mixtos, la fertilización orgánica y los laboreos superficiales, los cuales proporcionan el incremento de la biodiversidad.<sup>65</sup>

A continuación se describe el aporte al deterioro de los suelos generados por diferentes tipos de cultivo.

- **El monocultivo.-** “Se refiere a plantaciones de gran extensión con árboles u otro tipo de plantas de una sola especie”.<sup>66</sup> El monocultivo desgasta los nutrientes del suelo erosionándolo.

La base de todo ecosistema es la diversidad y una práctica como el monocultivo no hace más que quebrantar este principio. Si hay menos diversidad vegetal, también disminuye la animal. Los insectos y animales que antes se alimentaban de otras especies vegetales ahora desaparecen y por ende también sus depredadores.

<sup>64</sup> Glosario de términos geográficos de <http://enciclopedia.us.es/index.php/Altitud>

<sup>65</sup> Adaptación del autor basado en TEUSCHER, H.; Adler, R. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera y Zapata. México, CECSA. p. 374

<sup>66</sup> Adaptación del autor basado en Ing. Agr. MARTÍNEZ, Cesar. Manual de Prácticas de Laboratorio de Edafología II. Subarea de Manejo de Suelo y Agua. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. P. 246

Así, se propagan las plagas que afectan al monocultivo, se rocían pesticidas para su control, se contamina el aire, la tierra, y el agua.

Por otra parte el daño a los suelos es considerable, se pierde fertilidad, pues se empobrece la tierra al absorber la misma especie siempre los mismos nutrientes.

- **Cultivo mixto.-** “Se habla de cultivo mixto cuando dos o más especies son cultivadas en el mismo campo, en forma simultánea.”<sup>67</sup> Por ejemplo, papas, berenjenas, calabazas, coliflor. El cultivo mixto reduce la erosión del suelo y el agotamiento de tierra cultivable, mejorando el aprovechamiento del agua.

También ayuda a preservar la fertilidad del terreno. Por ejemplo las legumbres aportan nitrógeno al suelo, pero el maíz lo consume; de manera que es apropiado plantarlos juntos. Las combinaciones de plantas pueden mantener, por sí mismas la estructura y tenacidad del suelo.<sup>62</sup>

- **Policultivo.-** Es un tipo de cultivo que combina la práctica simultánea de varios cultivos distintos en una misma explotación agrícola. <sup>68</sup>Al contrario que los monocultivos, los policultivos permiten equilibrar el ecosistema agrícola, aumentar la biodiversidad y desgastan menos los suelos. <sup>69</sup>
- **Tipo de especie cultivada.-** El efecto de los cultivos sobre el suelo puede ser positivo o negativo en dependencia del tipo de cultura empleada; así la introducción de pueraria a los suelos

---

<sup>67</sup> Glosario de Términos Útiles en Nutrición y Fertilización. Teuscher, H.; Adler, R. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera y Zapata. México, CECSA. Folleto electrónico.

<sup>68</sup> Glosario de Términos Útiles en Nutrición y Fertilización. Teuscher, H.; Adler, R. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera y Zapata. México, CECSA. p. 374

<sup>69</sup> Adaptación del autor basado en Ing. Agr. MARTÍNEZ, Cesar. Manual de Prácticas de Laboratorio de Edafología II. Subarea de Manejo de Suelo y Agua. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. P. 122

contribuye a su enriquecimiento con nitrógeno y materia orgánica, mientras que el cultivo del maní produce un drástico empobrecimiento de los suelos debido a que este cultivo es exigente en fuentes de nitrógeno y materia orgánica.<sup>70</sup>

---

<sup>70</sup> Información proporcionada por el Dr. GUALOTO, Miguel y el Sr. ESPAÑA Alberto.

## **CAPÍTULO II: NORMATIVA VIGENTE PARA EL CONTROL DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS**

El cuerpo legal referente al recurso suelo es el Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental – TULAS, Libro VI, Anexo 2. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS.

Se exponen a continuación literalmente los artículos que tratan específicamente de la normativa del suelo.

### **4.1.2 De las actividades que degradan la calidad del suelo**

**4.1.2.8** “Los productores agrícolas, están en la obligación de utilizar técnicas que no degraden la calidad del suelo agrícola, así como deberán implementar procedimientos técnicos respecto al uso racional de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, este tipo de productos deberán ser manejados mediante buenas prácticas y métodos establecidos en las Normas Técnicas y Reglamentos aplicables y vigentes en el país”.

### **4.2 Criterios de Calidad del Suelo y Criterios de Remediación**

#### **4.2.1 Criterios de Calidad del Suelo**

“Los criterios de calidad, son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante en el suelo. Para los propósitos de esta Norma, los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Los valores pueden reflejar las variaciones geológicas naturales de áreas no desarrolladas o libres de la influencia de actividades industriales o urbanas generalizadas”.

#### **4.2.2 Criterios de Remediación o Restauración del Suelo**

“Los criterios de Remediación o Restauración se establecen de acuerdo al uso del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial).

Tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes de un suelo en proceso de remediación o restauración”.

### **4.2.3 De los laboratorios de análisis de muestras**

“Los laboratorios que realicen los análisis de determinación de la calidad de un suelo o del grado de contaminación deberán tener implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar acreditados por alguna norma internacional de laboratorios para medio ambiente hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano acredite a los laboratorios en materia ambiental”.

## **4.3 Norma técnica de evaluación agrológica del suelo**

“Esta sección de la norma se enfoca en la valoración de la capacidad de producción de un suelo agrícola”.

### **4.3.1 Características físicas del suelo**

- Profundidad efectiva: Profundidad a la que pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos de ninguna naturaleza. Se establecen los siguientes rangos:

1.- Muy profundo: mayor a 150 cm.

2.- Profundo: entre 90 cm. y 150 cm.

3.- Moderadamente profundo: entre 50 cm. y 90 cm.

4.- Superficial: entre 25 cm. y 50 cm.

5.- Muy superficial: menor a 25 cm.

- Textura: Proporción relativa de arena, limo y arcilla inferiores a 2 milímetros
- Clases Texturales: Generalmente se basa en la combinación porcentual de diferentes proporciones de arena, limo y arcilla.

Las clases texturales son las siguientes:

- Texturas muy gruesas: cuando existen gravilla y cascajos en más del 50 % del volumen
- Texturas gruesas comprenden las clases texturales:
  - 1.- Arenoso grueso (AG)

- 2.- Arenoso (A)
  - 3.- Arenoso fino (Af)
  - 4.- Arenoso muy fino (Amf)
  - 5.- Arenoso franco grueso (Afg)
  - 6.- Arenoso franco fino (AFf)
- Texturas moderadamente gruesas: comprenden las clases texturales:
    - 1.- Arenoso franco muy fino (AFmf)
    - 2.- Franco arenoso grueso (FAg)
    - 3.- Franco Arenoso (FA)
    - 4.- Franco Arenoso fino (FAf)
  - Texturas medias: comprende las clases texturales:
    - 1.- Franco arenoso muy fino (FAMf)
    - 2.- Franco (F)
    - 3.- Franco limoso (FL)
    4. – Limoso (L)
  - Texturas moderadamente finas: comprende las clases texturales:
    - 1.- Franco arcilloso-arenoso (FArA)
    - 2.- Franco arcilloso (ArL)
    - 3.- Franco arcilloso-limoso (Arf)
  - Texturas finas: Comprende las siguientes clases texturales:
    - 1.- Arcilloso – arenoso (ArA)
    - 2.- Arcillo – limoso (ArL)
    - 3.- Arcilloso fino (Arf)
  - Texturas muy finas: comprende las clases texturales:
    - 1.- Arcilloso muy fino (Arm f) que tiene más de 60 % de arcilla

“La presencia de fragmentos mayores a 2 mm. que ya no forman parte de las clases texturales, deberá ser tomada por el experto en agrología, para determinar el comportamiento de la textura”.

Según la cantidad de este tipo de fragmentos mayores a 2 mm de establecen las siguientes clases:

- Ligeramente gravilosa, ligeramente pedregosa, ligeramente cascajosa: cuando los fragmentos gruesos están en proporciones menores al 15 % del volumen total
- Gravilosa, cascajosa, pedregosa: cuando los fragmentos gruesos están en proporciones de 15 al 45 % del volumen total
- Muy gravilosa, muy cascajosa, pedregosa: cuando el porcentaje de los fragmentos va del 45 al 75 % del volumen total.
- Miscelánea de gravilla, miscelánea de piedra, miscelánea de cascajo: cuando posee más del 75 % de fragmentos gruesos del volumen total.

Los límites especificados para los fragmentos gruesos son:

- Gravilla: Diámetro entre 0.2 cm. y 2 cm., cuando son redondeados y el eje mayor entre 0.2 cm. y 2 cm. cuando son aplanadas.
- Cascajo: Diámetro entre 2 cm. y 8 cm. cuando son redondeados y el eje mayor entre 2 y 15 cm. aplanados
- Piedra: diámetro entre 8 cm. y 25 cm., cuando son redondeados y el eje mayor entre 15 y 30 cm. cuando son aplanados.

### **4.3.2 Características Químicas del Suelo**

#### **4.3.2.1 Fertilidad**

“La fertilidad es la calidad que posee el suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo normal y productivo de las plantas.

Los niveles de fertilidad vienen dados de acuerdo a las características químicas del suelo”:

- Potencial hidrógeno (pH)
- Conductividad Eléctrica
- Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)
- Bases totales (BT)
- Saturación de bases (SB)
- Contenido de carbono orgánico (CCo)
- Nitrógeno rotante (NR)
- Fósforo (P)

“Para su determinación el profesional especialista se basará en el estudio de campo y sobre todo en el análisis de laboratorio”.

#### **4.3.2.2 Reacción de acidez y alcalinidad**

La reacción de acidez y alcalinidad se medirá en términos de pH.

#### **4.3.2.3 Salinidad y sodicidad**

De acuerdo al contenido de sales solubles y sodio intercambiable, los suelos se clasifican en:

- Suelos no sódicos ni salinos: Suelo considerado normal debido a que poseen una conductividad eléctrica de sus extractos de saturación menor a 4 mmhos/cm, y su porcentaje de sodio intercambiable es menor a 15. El pH varía entre ligeramente ácido a ligeramente alcalino.
- Suelos salinos: La conductividad eléctrica de los extractos de saturación exceden los 4 mmhos/cm. y el porcentaje de sodio intercambiable es menor a 15. Comúnmente la lectura de pH no excede los 8.5
- Suelo sódico no salino: Suelo, donde el porcentaje de sodio intercambiable es mayor a 15, y la conductividad eléctrica de los extractos de saturación es menor a 4 mmhos/cm. La lectura de pH suele tener un rango entre 8.5 y 10.
- Suelo sódico salino: Suelos que se caracterizan por poseer una conductividad eléctrica de los extractos de saturación mayor a los 4 mmhos/cm y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor a 15. La



lectura de pH puede variar considerablemente, pero puede ser mayor a 8.5

## CAPÍTULO III: REHABILITACIÓN DE SUELOS

“La rehabilitación de suelos contaminados comprende un conjunto de procedimientos que, mediante la contención, retirada o destrucción de las sustancias contaminantes, permite la recuperación total o parcial de las funciones del suelo”.<sup>71</sup>

El gran número de técnicas existentes puede agruparse en función de sus características de operación o finalidad. Así, según el objetivo del tratamiento, un grupo está formado por las tecnologías de inmovilización o contención de los contaminantes, mientras que otro comprende los diferentes tratamientos para eliminarlos, mediante su retirada (lavado, extracción de vapores, arrastre con vapor, etc.) o su transformación (incineración, vitrificación, biodegradación, etc.). Como se menciona a continuación los siguientes.<sup>72</sup>

### 3.1 Sistemas básicos

- Rotación de cultivos
- Compostaje
- Enmiendas calcáreas

### 3.2 Tratamiento químico

- Oxidación
- Deshalogenación

### 3.3 Tratamiento físico-químico

- Extracción de vapores
- Inyección de aire
- Aireación
- Bombeo de agua
- Enjuague de suelos

---

<sup>71</sup> Adaptado por el autor en Dr. MILÁN, Pedro. Deterioro del suelo. *Técnicas*, Pág. 4A-8A del jueves 2 de enero de 2003.

<sup>72</sup> Tomado y adaptado de la referencia de internet. [www.ingenieroambiental.com](http://www.ingenieroambiental.com), ALEXANDER, M. 1994. Biodegradation and Bioremediation. Academic Press, San Diego. P. 76

- Lavado de suelos
- Tratamiento electrocinético
- Tratamientos químicos in situ
- Barreras reactivas permeables

### 3.4 Tratamiento biológico

- Biodegradación in situ
- Bioestimulación in situ
- Bioventing
- Bioslurping
- Biodegradación ex situ on site
- Landfarmig
- Biopilas
- Compostaje
- Biodegradación ex situ off site
- Fitorremediación in situ

Las metodologías anteriormente mencionadas son aplicables a suelos que han sufrido contaminación por derrames de hidrocarburos, liberación no controlada de efluentes industriales y actividades mineras. Para nuestro caso particular de suelos empleados en actividades agrícolas las metodologías comúnmente empleadas son:

- Rotación de cultivos
- Compostaje
- Enmiendas calcáreas
- Bioestimulación in situ
- Landfarmig

**Rotación de cultivos.-** Como se menciona anteriormente la rotación de cultivos es importante para la conservación de la calidad de los suelos, el

equilibrio ecológico y su productividad, la rotación de cultivos se realiza en forma técnica tomando en consideración las características de los cultivos en cuanto a sus necesidades nutritivas, requerimientos de agua, condiciones del microambiente edáfico y las necesidades del mercado.

**Compostaje.-** El compostaje con fines agrícolas es una práctica tradicional de amplio uso que consiste en la transformación de la materia orgánica (restos de cultivos), por mecanismos aeróbicos y anaeróbicos en compuestos de valor nutritivo que son adicionados a los suelos para:

- Mejorar la estructura de los suelos
- Mejorar la capacidad de hidratación de los suelos
- Dotar a los suelos de una micro flora que contribuya a su fertilidad
- Proveer nutrientes a los cultivos

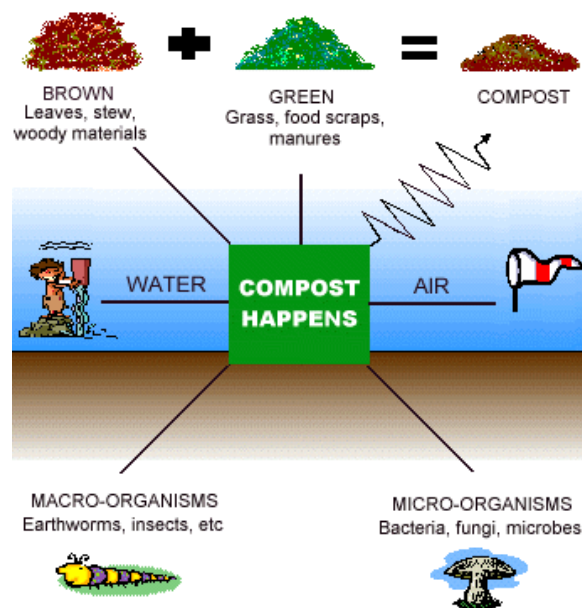
El compostaje de residuos orgánicos es una técnica agro-ambiental alternativa al uso de fertilizantes químicos, aplicable a sistemas de producción variada animal o vegetal, que según el criterio de sustentabilidad agrícola de Casanova (1991), evitar la degradación de los suelos, manteniendo apropiados niveles de materia orgánica; mejora las características físicas, químicas y biológicas de este recurso natural.

De esta manera los residuos orgánicos actuarán como acondicionadores y fertilizantes naturales de los suelos, favoreciendo la productividad agrícola.<sup>73</sup>

---

<sup>73</sup> Adaptación del autor basado en CASANOVA, E. 1991. Caracas, Ven. Edit. Litopar, CA. de Artes Gráficas. P. 4. Folleto Electrónico.

Gráfico N°3.2 Proceso de compostaje



**Fuente:** Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. [www.torfaen.gov.uk/Environment/RubbishWasteAndRecycling/Composting](http://www.torfaen.gov.uk/Environment/RubbishWasteAndRecycling/Composting).

**Enmiendas calcáreas.**- <sup>74</sup>La preparación y adición de enmiendas calcáreas u otros materiales a los suelos con el propósito de: regular su pH, mejorar su estructura, sus propiedades físico químicas y biológicas, es una práctica agrícola que se la viene realizando desde la antigüedad. En los últimos tiempos con el descubrimiento de nuevos materiales alternativos a los calcáreos, ésta actividad se ha magnificado especialmente en los cultivos intensivos y extensivos de exportación (floricolas, bananeras, fruticultoras).

Para mejorar la calidad de los suelos o recuperar suelos deteriorados de interés agrícola, se han introducido ingentes cantidades de materiales tales como: zeolitas, bentonita, puzolanas, arcillas, margas, y carbonatos.

Éstos materiales han mejorado la estructura y propiedades de los suelos de cultivo contribuyendo a obtener un incremento en la productividad, reducción de las pérdidas de fertilizantes y pesticidas por lixiviación; mejora en la

<sup>74</sup> Información proporcionada por el Dr. GUALOTO, Miguel.

asimilación de nutrientes por parte de los cultivos y una reducción importante en el consumo de aguas de riego (aproximadamente 12%).<sup>75</sup>

La cantidad de material a adicionarse depende en forma directa del análisis preliminar de los suelos y de los parámetros que se quieren mejorar. Para obtener mejores resultados la adición de tamices moleculares se realiza en forma conjunta con materia orgánica en forma de compost, humus, o estiércol semidigerido.<sup>76</sup>

**Bioestimulación in situ.-** Ésta práctica consiste en la introducción de microorganismos (bacterias, hongos, y micorrizas), que enriquecen a los suelos con nutrientes que los fijan del ambiente o que los producen a partir de materiales residuales empleados en las actividades agrícolas. Una práctica conocida y frecuente en el medio floricultor es la introducción de EMs (microorganismos benéficos), por aplicación directa al suelo o por aplicación a los sistemas de compostaje y obtención de bioles.<sup>77</sup>

Con la bioestimulación se persigue la recuperación de la fertilidad de los suelos debido a la elevada actividad biológica de los microorganismos que no solo proveen nutrientes al cultivo, sino que también mejoran las propiedades físico-químicas del suelo y generan un microclima ideal para el asentamiento de otros organismos benéficos como algas, líquenes y musgos.

**Landfarming.-**<sup>78</sup> Es una técnica empleada ampliamente en el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos y residuos industriales, sin embargo también pueden emplearse para el tratamiento de fangos, y lodos orgánicos generados en plantas de tratamientos de aguas residuales, camales, mercados e industria alimenticia.

---

<sup>75</sup> Humifarm Ecuador. Estudio de Aplicación de Tamices Moleculares en Suelos del Sector Florícola. Cayambe. 2009. P. 12

<sup>76</sup> Prácticas agrícolas de la Florícola Mystic Flower. Tabacundo.

<sup>77</sup> Información obtenida por entrevista con el Ing. Patricio Espinoza. Gerente de FloriFruit y Art Rouses. Tabacundo.

<sup>78</sup> Información proporcionada por el Dr. GUALOTO, Miguel.

La técnica consiste en el vertido de los materiales en una capa uniforme de 10 cm de espesor sobre el suelo. Seguidamente se ara con una reja o discos mezclando los residuos con aproximadamente 30 cm del suelo; en tal forma que se mezcle por completo en forma homogénea. Una vez realizada la mezcla se procede con la humectación, y adición de nutrientes (para el caso de residuos de hidrocarburos). Finalmente se realizan labores culturales similares a cualquier tipo de cultivo entre las cuales podemos mencionar:

- Escarceo
- Eliminación de malezas
- Humectación
- Adición de nutrientes

El proceso se da por terminado una vez que los análisis de los suelos muestran que sus parámetros físico químicos han entrado en norma conforme a los límites establecidos en la legislación ambiental correspondiente.

## CAPITULO IV: TAMICES MOLECULARES

### 4.1 DEFINICIÓN

Los tamices moleculares (TMC) son un tipo de materiales adsorbentes con un tamaño de poro definido que les permite ser usados para la separación y purificación de mezclas de gases ( $N_2/O_2$ ,  $CH_4/CO_2$ , etc.).<sup>79</sup> En estos materiales, la separación de gases se basa en la distinta velocidad de adsorción de cada uno de los gases.

Los TMC se pueden utilizar para la separación de  $N_2$  y  $O_2$  del aire, separación de  $CH_4$  y  $CO_2$  (biogás, extracción de gas natural del petróleo), recuperación de  $H_2$ , enriquecimiento de ozono, separación de parafinas, etc.<sup>80</sup>

Un tamiz molecular es un material que contiene poros pequeños de un tamaño preciso y uniforme que se usa como agente absorbente para gases y líquidos.<sup>81</sup> Las moléculas que son lo suficientemente pequeñas para pasar a través de los poros son absorbidas, mientras que las moléculas mayores no. A diferencia de un filtro, el proceso opera a nivel molecular.

Por ejemplo, una molécula de agua puede ser lo suficientemente pequeña para pasar, mientras que otras moléculas más grandes no pueden hacerlo.

Aprovechando esta propiedad, a menudo se emplean como agentes desecantes. Un tamiz molecular puede absorber hasta un 22% de su propio peso en agua.<sup>82</sup>

---

<sup>79</sup> Adaptado por el autor al español del Departamento de Ingeniería en Química, Universidad de Cambridge. [www.cheng.cam.ac.uk/~jah1015/zeolites.html](http://www.cheng.cam.ac.uk/~jah1015/zeolites.html)

<sup>80</sup> [www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf)

<sup>81</sup> ARBOLEDA, J. "Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua". CEPIS, España, (1963). P. 67

<sup>82</sup> Biblioteca Virtual UDLA: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=1&hid=13&sid=ee14183a-8f6d-4188-9a9f-4d98efda4e9%40sessionmgr11>



## 4.2 TIPOS DE TAMICES MOLECULARES<sup>83</sup>

A menudo consisten en minerales de:

- aluminosilicatos
- arcillas
- vidrios porosos
- carbones microporosos
- humatos
- zeolitas
- puzolanas
- carbón activado o
- compuestos sintetizados, los mismos que tienen estructuras abiertas a través de las cuales pueden difundir moléculas pequeñas como las del agua o el nitrógeno.

Se mencionan a continuación los utilizados en esta investigación:

### 4.2.1 Zeolita

“Es una roca compuesta de aluminio, silicio, y oxígeno. Se halla en una variedad de regiones del mundo donde la actividad volcánica prehistórica ocurrió cerca del agua, o donde el agua ha estado presente por milenios desde las erupciones”.<sup>84</sup>

“En 1756, el mineralogista sueco Baron Axel Fredrick Cronstedt descubrió la zeolita. Se relata que su perro sacó la piedra mientras escarbaba, y el mineralogista la llamó zeolita debido a que significa “perro” en sueco.”<sup>8586</sup>

---

<sup>83</sup> SALAGER, Jean-Louis y FERNÁNDEZ Álvaro. Surfactantes Generalidades y Materias primas. Laboratorio FIRP. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de los andes. Mérida 5101 Venezuela. P. 80

<sup>84</sup> Adaptación del autor basado en Fernando Aguirre, Pedro Rodríguez, Eleida Sosa, Álvaro Uzcátegui, Freddy Imbert, Jorge Fernández. Síntesis y Caracterización de Tamices Moleculares Mesoporosos del Tipo Mor/Mcm41 a Partir de Zeolitas Comerciales. XIII Congreso Venezolano de Microscopía y Microanálisis. Folleto electrónico.

<sup>85</sup> Tomado de la página web [www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf)

<sup>86</sup> Tomado de la página web <http://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo/adsorbatos>

En otro relato, se dice que descubrió que cuando la zeolita (la cual era realmente *Stilbite*) se calentaba, emitía vapor. Zeolita significa “piedra hirviente” en griego.<sup>87</sup>

<sup>88</sup>La zeolita tiene una porosidad natural debido a que tiene una estructura cristalina con ventanas, jaulas, y super jaulas. Las zeolitas naturales tienen ventanas de tamaño limitado “tamaño de poro” y todas son hidrofílicas.

Algunas zeolitas sintéticas se parecen al carbón absorbente, dado que ambas pueden considerarse hidrofóbicas, y pueden adsorber vapores orgánicos con moléculas de tamaño más pequeño que el de sus poros.

La zeolita tiene un “tamaño de poro” uniforme, lo cual hace que se le denomine como un “tamiz molecular”, mientras parece que los carbones tienen poros que se comunican con poros más pequeños que a su vez se comunican con poros todavía más pequeños.

“Generalmente, entre mayor sea la razón de silicio y aluminio, más hidrofóbica es la zeolita”.<sup>89</sup>

<sup>84</sup>La estructura de un cristal de zeolita se basa en un tetraedro que está formado por cuatro átomos de oxígeno enlazados con un átomo de silicio por medio de sus cuatro electrones de valencia. Estos tetraedros se conectan en las “esquinas” de los oxígenos para formar los cristales.

La estructura cristalina de una zeolita consiste de ventanas, jaulas, y súper jaulas. Es por las ventanas que las moléculas llegan a las jaulas y

---

<sup>87</sup> DI BERNARDO, L. “Métodos y Técnicas de tratamiento de aguas.” Volumen 2, Ed. Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria, ABES, 1993. P. 336

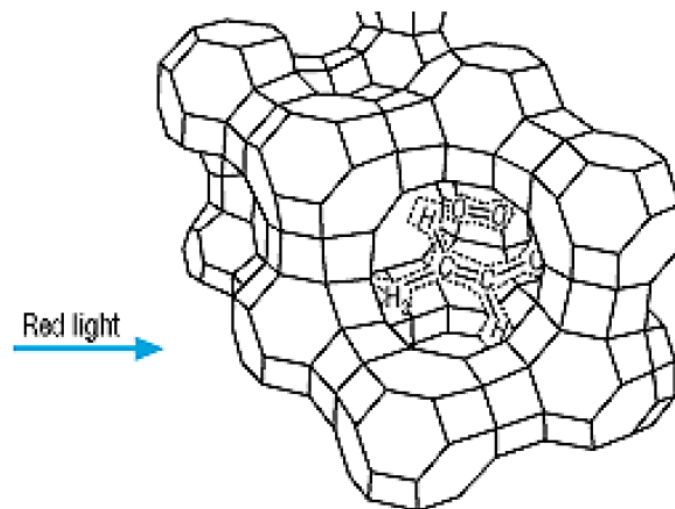
<sup>88</sup> DI BERNARDO, L. “Métodos y Técnicas de tratamiento de aguas Estructura zeolita.” Volumen 2, Ed. Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria, ABES, 1993. P. 342

<sup>89</sup> [www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf)

súper jaulas para ser adsorbidas o catalizadas. Las jaulas son las celdas más pequeñas en la estructura cristalina.

Las súper jaulas son las celdas dentro de la estructura cristalina que son más grandes que las jaulas y pueden incluso contener jaulas.

**Gráfico N°4.3 Estructura cristalina de la Zeolita**



**Fuente:** Estructura de Cristal de Zeolita - Mostrando Ventanas, Jaulas, y Superjaulas.

Reimpresa con permiso de CHEMTECH, Junio de 1996, 26(6), pp 24-30.

Derecho de copias 1996, *American Chemical Society* (Sociedad Química Americana).

*Red light* = luz roja

#### 4.2.1.1 Características Importantes de la Zeolita<sup>90</sup>

- La zeolita es capaz del intercambio selectivo de iones.
- La zeolita puede adsorber moléculas en su gran área interna, siempre que puedan pasar por las ventanas. La zeolita y el carbón son iguales en este aspecto, y se diferencian solamente en el área de adsorción a la que puede tener acceso una molécula dada que pase por sus poros.

<sup>90</sup> Tomado y adaptado por el autor basado en ROMERO D., J.C. "La zeolita." Instituto de investigaciones geológicas. Habana 1978. Folleto electrónico.

- La zeolita puede ser un catalizador ácido sólido. Puede funcionar como un ácido fuerte (aunque se mantiene como un sólido) cuando la hidratación ha sustituido un hidrógeno, por un electrón de 4 valencia adicional, o un intercambio isoelectrónico con el aluminio.
- Se puede usar la zeolita como un tamiz molecular debido a que tiene un tamaño de ventana (o poro) uniforme.
- La zeolita es meta estable; quiere decir, es estable siempre que se mantenga a una temperatura y a un pH adecuado. Dentro de este rango, no se ve afectada por oscilaciones grandes de temperatura, presión, o radiación ionizante.
- La zeolita natural existe como una roca natural, y puede alcanzar el tamaño de una roca grande.

Sin embargo, “los cristales de zeolita sintetizada siempre miden menos de un milímetro, esto es debido a que estos cristales crecen muy lentamente”.<sup>91</sup>

#### 4.2.2 Humatos

“Los ácidos húmicos y fúlvicos son los componentes principales del humus, que por su parte constituye la sustancia orgánica del suelo”.<sup>92</sup>

##### 4.2.2.1 Origen y propiedades de los humatos<sup>93</sup>

Los humatos naturales, son un tipo de carbono fosilizado obtenido a los largo de millones de años de descomposición y transformación química de materia vegetal.

---

<sup>91</sup> University of Illinois at Chicago. [www2.uic.edu/~rpeddi3/zeolites/zeolites.html](http://www2.uic.edu/~rpeddi3/zeolites/zeolites.html).  
Chemical Engineering and Materials Science, University of Minnesota, Minneapolis, MN  
[www.cems.edu/~zeolites/](http://www.cems.edu/~zeolites/).

<sup>92</sup> Tomado de <http://www.humintech.com/index034.html>

<sup>93</sup> Adaptación del autor basado en EMAKOV, E. I. 2008. Las sustancias húmicas en el agroecosistema autoregulador. Academia de Ciencias de la Federación Rusa. Materiales de la segunda conferencia rusa de ácidos húmicos. Moscú. P. 430

Los humatos, presentan una gran variedad de formas y composición y calidad. Los procesos tecnológicos de purificación desarrollados en la Federación Rusa, hace más de 20 años, han permitido obtener humatos con alto contenido de sustancias biológicamente activas y de gran solubilidad. Así existen humatos con concentraciones de hasta el 87% de sustancia biológicamente activa y con una solubilidad de hasta el 93-95%.

#### **4.2.2.2 Interacción con los componentes minerales del suelo<sup>94</sup>**

La presencia de múltiples grupos funcionales en las moléculas de ácidos húmicos, constituye la base de las variadas interacciones de las sustancias húmicas con todos los componentes del suelo. En el proceso de formación de los suelos los ácidos húmicos interactúan en forma activa con los compuestos minerales del mismo, alcanzando estabilidad, permitiendo la acumulación de macro y microelementos indispensables para la nutrición mineral.

Otro tipo de interacciones por el contrario, incrementan su inestabilidad, facilitando la migración de microelementos del horizonte agrícola hacia niveles más profundos e inaccesible para la mayoría de vegetales.

Las interacciones de los ácidos húmicos con las sales minerales de suelo, conducen a la formación de complejos órgano-minerales, cuyo mecanismo se describe a continuación.

- **Interacción de las sustancias húmicas con sustancias químicas y contaminantes.<sup>95</sup>**

---

<sup>94</sup> Adaptación de información obtenida de [www.humifarm.com](http://www.humifarm.com)

<sup>95</sup> Dr. GUALOTO, Miguel. Ácidos Húmicos y el suelo.

Los ácidos húmicos al interactuar con los componentes minerales del suelo en fase sólida, conforman en grado sumo sus cualidades absorbentes. En relación con esto, cualquier sustancia que ingrese desde el exterior, interactúa con las sustancias orgánicas tanto en la fase sólida como en la solución del suelo.

Las sustancias orgánicas juegan un rol importante en la transformación de componentes individuales de los abonos minerales, enmiendas químicas, pesticidas y varios contaminantes del suelo. Las transformaciones pueden ser las siguientes:

- En suelos ácidos, la movilización de los elementos de nutrición mineral desde los abonos difícilmente solubles, como el fósforo. Acelera la dilución de la cal y la degradación hidrolítica de varios pesticidas.
- Produce el paso de fosfatos absorbidos a la solución del suelo.
- Participan en la absorción de intercambio y no intercambio de cationes, que forman parte de los pesticidas, abonos, enmiendas químicas, radio nucleídos, y metales pesados.
- Las sustancias húmicas absorbidas impiden la interacción de agroquímicos y sustancias tóxicas con la parte mineral del suelo, disminuyendo la magnitud de fijación de fosfatos y algunos cationes.
- En casos particulares, los cationes de los abonos minerales, pueden formar en el suelo humatos solubles. Las sustancias húmicas solubles pueden interactuar con cationes de metales pesados, así como con radio nucleídos artificiales. Estas reacciones ejercen influencia sobre la migración, acumulación e ingreso de sustancias tóxicas a las plantas.

- Las investigaciones muestran la capacidad de los ácidos húmicos de facilitar la biodegradación, migración e ingreso de pesticidas en las plantas. Así la cantidad de herbicidas suficiente para ejercer su acción disminuye en 20 veces, en dependencia del carácter de interacción con las sustancias húmicas del suelo.<sup>96</sup>

#### 4.2.2.3 Estructura molecular

“La calidad de los humatos se determina por su contenido de ácidos húmicos solubles. Los métodos de resonancia magnética nuclear permiten un análisis detallado del contenido de grupos activos tales como: quinonas, carboxilos, fenólicos, aminos y núcleos condensados aromáticos”.<sup>97</sup>

#### 4.2.2.4 Clasificación de los humatos y sustancias húmicas

En dependencia del contenido de dichos grupos los ácidos húmicos se han clasificado en cinco clases.

**Clase A,** Poseen grupos carbonilos, carboxilos y quinonas.

**Clase B,** Fenol carboxilos y átomos de carbono intercambiables por nitrógeno.

**Clase C,** Compuestos de la serie aromática y compuestos heterocíclicos.

**Clase D,** Átomos de carbono aromáticos protonizados.

**Clase E,** Grupos metílicos y metenílicos.

Los productos son ricos en grupos atómicos A y D. Mientras más alta es la concentración de ácidos húmicos A y D, mayor es la actividad de los humatos.

<sup>96</sup> Dr. GUALOTO, Miguel. Ácidos Húmicos y el suelo.

<sup>97</sup> EMAKOV, E. I. 2008. Las sustancias húmicas en el agroecosistema autoregulador. Academia de Ciencias de la Federación Rusa. Materiales de la segunda conferencia rusa de ácidos húmicos. Moscú. P. 225

Dicha concentración depende del grado de oxidación de los humatos. Este proceso de oxidación fue perfeccionado en la Federación Rusa, llegando a obtener concentraciones de ácidos húmicos equivalentes a 87%.<sup>98</sup>

#### 4.2.2.5 Importancia<sup>99</sup>

- Contribuye a aumentar la CEC (capacidad de intercambio catiónico.)
- Durante períodos prolongados incrementa la capacidad de retención de humedad del suelo.
- Favorece la traslocación del fertilizante al evitar su excesiva lixiviación de la zona radicular, liberándolo finalmente dentro de la misma cuando es necesario.
- Ayuda a disminuir la erosión, aumentando la cohesión de las partículas de textura muy fina.
- Modifica en gran medida las propiedades físicas y mecánicas del suelo en lo que se refiere a estructura, color, consistencia y capacidad de retención de humedad a medida que aumenta el contenido de materia orgánica.
- Incrementa la permeabilidad de las membranas vegetales, lo cual favorece la incorporación de nutrientes de manera más eficaz.
- Optimiza las condiciones del suelo, lo cual resulta necesario para el desarrollo de diversos grupos de microorganismos beneficiosos.
- Ayuda a la planta a superar los problemas de acidez o alcalinidad del suelo antes de que el pH pueda corregirse.
- Incrementa el poder germinativo de la semilla mediante el aumento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

---

<sup>98</sup> LEVINE, Mike. Effect of New Mex Humate Leachate Treatment on Heavy Metal Removal. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory. P. 258

<sup>99</sup> Tomado y adaptado de: <http://www.humintech.com/index034.html>



- Contribuye a crear condiciones edafológicas que favorezcan un óptimo potencial de crecimiento de las raíces.
- Libera diversos tipos de auxinas responsables del crecimiento vegetal.
- Evita el desarrollo de malezas.

#### **4.2.3 Puzolanas<sup>100</sup>**

Las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice y/o alúmina. No son cementosas en sí, pero cuando son molidos finamente y mezcladas con cal, la mezcla fraguará y endurecerá a temperaturas normales, como el cemento.

Las puzolanas pueden reemplazar de 15 a 40% del cemento portland sin reducir significativamente la resistencia del concreto.

La mayoría de materiales puzolánicos descritos aquí son subproductos de procesos industriales o agrícolas, que son producidos en grandes cantidades, constituyendo un problema de desperdicio, si permanecen sin utilizar. Incluso si no hubiera otros beneficios, sólo este aspecto justificaría un incremento del empleo de estos materiales.

Comparado con la producción y empleo del cemento portland, estos materiales contribuyen a ahorrar costos y energías, ayudan a reducir la contaminación ambiental y, en la mayoría de los casos, mejoran la calidad del producto final.

##### **4.2.3.1 Tipos de Puzolanas**

---

<sup>100</sup> ROLAND, Stulz. KIRAN Mukerji. Materiales de Construcción Apropriados. Revisado edición ampliado 1993, SKAT & IT Publications. Folleto electrónico.

Hay dos tipos de puzolana, llamadas puzolanas naturales y artificiales.

- Las puzolanas naturales esencialmente son cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes.

### **Cenizas Volcánicas**

La primera puzolana natural empleada en construcciones fue la ceniza volcánica del Monte Vesubio (Italia), encontrada cerca de la ciudad Pozzuoli, que le dio el nombre.

Aunque los compuestos químicos son similares, el material vídrioso formado por el lanzamiento violento de la magna fundida en la atmósfera es más reactiva con la cal, que la ceniza volcánica formada por erupciones menos violentas.

La generación de puzolanas naturales adecuadas está, por lo tanto, limitada a solo a algunas regiones del mundo.

Las buenas puzolanas a menudo se encuentran como cenizas finas, pero también en forma de grandes partículas o tufos (ceniza volcánica solidificada), que deben ser triturados para emplearse como puzolana. Sin embargo, la calidad de dichas puzolanas puede variar grandemente, incluso dentro de un mismo depósito.

Las puzolanas naturales son empleadas igual que las puzolanas artificiales.

Las puzolanas artificiales son el resultado de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como subproductos.

Las puzolanas artificiales más importantes son arcilla cocida, cenizas de combustible pulverizado, escoria de altos hornos granulada y molida y ceniza de cascara de arroz.

## CAPITULO V: LÍNEA BASE

### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

#### 5.1.1 Aspectos Generales

La palmicultora España se encuentra ubicada en la parroquia Enokanqui, en el cantón la Joya de los Sachas, al noroeste de la provincia de Orellana.

La parroquia tiene una superficie de 72.10 Km<sup>2</sup>, limita al: Ver Anexo N°1

<b>NORTE</b>	Parroquia tres de Noviembre
<b>SUR</b>	Joya de los Sachas
<b>ESTE</b>	Provincia de Sucumbíos
<b>OESTE</b>	Parroquia Lago San Pedro

Se encuentra a 15 minutos de la cabecera cantonal, es un lugar muy frecuentado en fines de semana gracias a la presencia de lugares de recreación local, como cascadas, balnearios, cuevas y lugares de caminata nocturna por la selva amazónica.

### 5.2 HISTORIA EVOLUTIVA DE LA PLANTACIÓN

De acuerdo a catastros de los años 70, la zona estaba cubierta por bosque primario y secundario, a fines de los años 80, se dedicó a actividades ganaderas, para finalmente en los años 90 dedicarse a la actividad agrícola.<sup>101</sup>

Razón por la cual la palmicultora España, debido su nombre a su propietario el señor Alberto España, dio inicio a sus actividades en el año de 1999, con la compra de 100 hectáreas de terreno, con fines netamente de producción de palma africana. De la especie (*Elaeis*

---

<sup>101</sup> Adaptación del autor basado en Ecuador Petrolero. 2006

*guineensis, Jacq)* de la variedad *Tenera* según el INIAP, cuyo código es el 0731.<sup>102</sup>

En la actualidad la propiedad cuenta con cuatrocientas hectáreas, de las cuales doscientas de ellas están cultivadas con palma africana, segmentadas por edades, pero solamente ciento setenta de ellas son productivas, cuyo fruto obtenido de la cosecha es comercializado a productores de aceite de palma en la región. El área restante está cubierta de vegetación natural y bosque secundario.

### 5.3 DESCRIPCIÓN DE FLORA Y FAUNA

La región amazónica es muy rica en biodiversidad y constituye el patrimonio natural de todos los ecuatorianos. Desde los inicios de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, la biodiversidad de la amazonía ha sido objeto de agresión constante por parte de las compañías operadoras, nacionales y extranjeras.<sup>101</sup>

Muchas de las especies que ayer poblaban sus ecosistemas han desaparecido o han migrado a zonas más profundas de la selva, evitando el contacto con el hombre, causando un desequilibrio en las cadenas tróficas cuyos efectos solo el tiempo harán evidente.<sup>103</sup>

Las actividades agrícolas de carácter intensivo y las prácticas de quema de bosques con el propósito de enriquecer los suelos para cultivos de carácter intensivo y extensivo realizados por los colonos; también han sido motivo de la pérdida de biodiversidad no solo por el deterioro de los suelos sino también por el uso de pesticidas.<sup>103</sup>

Si consideramos que antes del descubrimiento de hidrocarburos en la región amazónica, los cultivos desarrollados por los nativos eran de subsistencia y escasos, veríamos claro que los suelos y su flora y fauna

---

<sup>102</sup> Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. Guía de cultivos 2005.

asociadas no sufrían alteraciones bruscas; al aparecer los colonos la situación cambió por la tala de bosques para la explotación de madera y obtener suelos para cultivos. Indudablemente esto motivo la migración de especies animales y la desaparición de especies vegetales.<sup>103</sup>

### 5.3.1 Flora

En el área de influencia del proyecto se han identificado algunas especies vegetales que por su naturaleza son especies introducidas, característico de zonas impactadas. No quedan vestigios de la flora original por cuanto han transcurrido más de cuarenta años de que esta fuera eliminada. Entre las especies comunes identificadas están las que se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 5.4 Especies vegetales identificadas en el área de estudio**

Familia	Nombre latino	Nombres comunes más usuales	Temperatura, ° C		Máxima salinidad tolerable, ppt	Rango efectivo de Ph
			Deseable	Germinación de las semillas		
Ciperáceas	<i>Carex sp.</i>	-	14-32		20	5-7.5
	<i>Eleocharis sp.</i>	-	18-27			4-9
	<i>Scirpus lacustris L. (*)</i>	Junco de laguna				
Gramíneas	<i>Glyceria fluitans (L.) R. Br.</i>	Hierba del maná	12-23	10-30	45	2-8
	<i>Phragmites australis</i>	Carrizo				

<sup>103</sup> BERISTAIN, Carlos Martin; PAEZ ROVIRA, Dario. Palabras de la Selva. Estudio Socio Ambiental de los impactos de las actividades desarrolladas por la empresa Texaco en el Distrito Amazónico. Editorial Madrid. Edición 2008.

	(Cav)  <i>Trin. ex Steudel (*)</i>					
Iridáceas	<i>Iris pseudacorus L.</i>	Lirio amarillo, espadaña fina				
Juncáceas	<i>Juncus sp.</i>	Juncos	16-26		20	5-7.5
Tifáceas	<i>Thypha sp (*)</i> .	Eneas, aneas, espadañas.	10-30	12-24	30	4-10

**Fuente:** EIA de Campamento Base Weatherford Ecuador. Orellana. Coca.

También se encuentra cultivada pueraria, una leguminosa utilizada como cobertura que ayuda a fijar nitrógeno, y actúa como fuente de materia orgánica. Alrededor de la propiedad se halla vegetación natural formada por plantas herbáceas, pastos y remanentes de árboles de ceibo; sembríos como café, cacao, plátano, yuca, palmito, caña de azúcar, chonta, limón, naranja, lima, uvilla, morete, chontaduro, arazá, guaba, caimito, avío, cocona, etc. Ver Anexo N° 7

**Fotografía N° 5.1 Productos comestibles de la Amazonía**



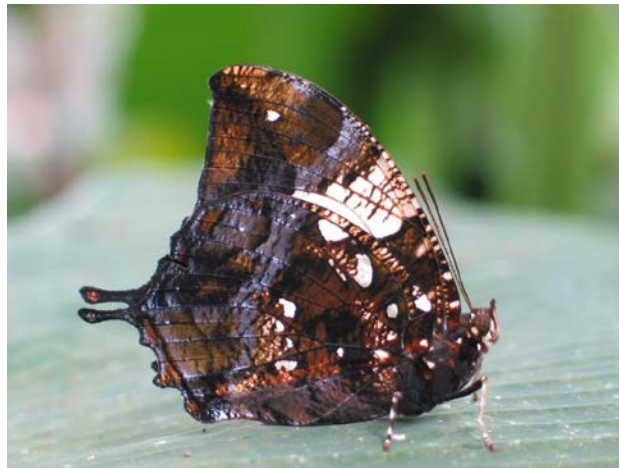
**Fuente:** Imagen tomada por el investigador.

Las especies vegetales de dicha zona, son comunes y de amplia distribución en la región amazónica. No existen especies endémicas.

### 5.3.2 Fauna

La fauna del área está representada principalmente por reptiles (lagartijas, serpientes), anfibios (ranas), insectos comunes (cucarachas, moscas, saltamontes, cigarras, mariposas, zancudos, abejas, avispas), aves (loros, tucanes, colibrís, pájaro carpintero) e infinita variedad de hormigas. Ver Anexo N°5

Fotografía N° 5.2 Mariposa existente en la zona



**Fuente:** Imagen tomada por el Ing. Santiago Echeverría

Se ha evidenciado la presencia de mamíferos domésticos en los límites de las instalaciones como gansos, patos, gallinas y ganado bovino, y uno que otro caballo como herramienta de trabajo de los campesinos. Según los campesinos del sector todavía existen ejemplares de animales silvestres como raposa, serpientes verdes y tarántulas.



**Fotografía N° 5.3 Araña gris**

**Fuente:** Imagen tomada por el Ing. Santiago Echeverría

Siendo la zona desde hace muchos años atrás de uso agrícola-industrial, es evidente que si alguna vez fue hábitat de especies animales de importancia ecológica, hoy en día ya no lo es.<sup>104</sup>

#### **5.4 SITUACIÓN SOCIO AMBIENTAL DE LA ZONA**

El cantón la Joya de los Sachas es una zona que luego de la explotación petrolera a partir de los años 70 se vio afectada por una alta migración poblacional, que en su mayor parte fue de campesinos y pequeños productores, quienes hasta la actualidad desarrollan cultivos como los antes mencionados.

La mayoría de la población en la parroquia Enokanqui se dedica a la producción agrícola y pecuaria, otros se dedican a la artesanía, explotación de madera, caza y pesca. Y otro grupo de la población presta sus servicios en calidad de empleados, trabajadores y funcionarios del sector público y privado.<sup>105</sup>

---

<sup>104</sup> Adaptación del autor basado en Estudio de Impacto Ambiental del Campamento Base de WEATHERFORD ECUADOR S.A. en la ciudad del COCA. Por: Ing. Tanya Alvaro. Noviembre, 2005

<sup>105</sup> Adaptación del autor basado en Libro de datos del Gobierno Provincial de Orellana. Departamento de Cultura. Sra. Jenny Altamirano. Responsable.

Un cultivo importante es el de la palma africana que se la procesa para transformarla en aceite; y el palmito que se lo vende a empresas localizadas en la provincia de Pichincha.

En el cantón existe únicamente el 20% de bosque natural, el 46% de pastos naturales y el resto de espacios cultivados.<sup>106</sup>

[En promedio cada finca tiene una superficie de alrededor de 50 hectáreas, que se hallan dedicadas en un 60% a la producción agropecuaria tanto como para actividades agrícolas y pastizales para la explotación bovina, el resto constituyen áreas no explotadas, bosques remanentes o zonas no utilizables]<sup>107</sup> Ver Anexo N°2

La clase, tipo y variedad de plantas que se están cultivando así como la escasa presencia de materia orgánica en los suelos son los problemas de mayor importancia en la zona. Debido a que los sistemas agrícolas tradicionales son practicados hasta la actualidad, han provocado un deterioro de los suelos drástico.

Las parroquias Enokanqui y Lago San Pedro del cantón están erosionadas influenciadas por los procesos de deforestación.<sup>108</sup>

El uso que se ha dado al territorio ha originado serios problemas de deterioro en los recursos naturales, reduciendo la productividad de los suelos, sobre todo en las zonas de uso intensivo, de cultivos. ANEXO N°3

La deforestación ocasionada por la tala indiscriminada y la expansión agrícola avanza muchas hectáreas cada año.<sup>109</sup>

---

<sup>106</sup> Adaptación del autor basado en Plan de Desarrollo Cantonal (Joya de los Sachas). 2006. Disco magnético.

<sup>107</sup> Adaptación del autor basado en ORTIZ DE VILLALBA, Juan Santos. 1996. "Tres nombres y una voz". Primera Edición. Nuevo Rocafuerte-Ecuador. Sin páginas.

<sup>108</sup> Adaptación del autor basado en Plan de Desarrollo Cantonal (Joya de los Sachas). Disco Magnético.

<sup>109</sup> Adaptación del autor basado en Informe del Estado Forestal del país. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2009. Documento electrónico.

Es evidente la existencia de bosques primarios y secundarios cada vez más reducidos influenciados en la calidad y cantidad del recurso agua, que además es afectado por otros aspectos como: las políticas de explotación petrolera y el uso de productos químicos.<sup>110</sup>

---

<sup>110</sup>Adaptación del autor basado en Libro de recopilación de datos de la Provincia de Orellana. 2006. Arq. Mauricio Ruiz. Dirección de Planificación de Orellana.

## CAPITULO VI: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

#### 6.1.1 Ubicación

La Palmicultora España está ubicada en la provincia de Orellana, en el Cantón la Joya de los Sachas, Parroquia Enokanqui.

**Tabla N° 6.5 Coordenadas UTM de la Propiedad**

1	X: 0°13'41.45" S
	Y: 76°50'25.84" O
2	X: 0°13'36.69" S
	Y: 76°50'35.29" O
3	X: 0°13'36.67" S
	Y: 76°50'33.31" O
4	X: 0°13'41.35" S
	Y: 76°50'33.88" O

**Fuente:** Datos tomados por el autor

### 6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PALMICULTORA ESPAÑA

#### 6.2.1 Tipo de suelo

Los suelos son arcillosos de textura media delgada y negra, características ferruginosas en un 50% del área del cantón.

En general la topografía es regular de tierra firme y está formado por una zona plana, que se convierte en extensos aguajales cuando el invierno es intenso. Principalmente en las zonas cercanas a la vía transamazónica, desde San Sebastián del Coca hasta Joya de los Sachas, precisamente.

#### 6.2.2 Temperatura

Por extenderse en la gran llanura amazónica el clima es muy húmedo tropical, con intensa evaporación. La temperatura promedio es de 28°C

contribuyendo a la existencia de una gran diversidad de flora y fauna, pero esta varía de la siguiente manera:

Mínimo: 18°C

Normal: 28°C

Máximo: 34°C<sup>111</sup>

### **6.2.3 Humedad Relativa**

La humedad relativa en la mayor parte del año se mantiene sobre 70% llegando en invierno en los meses de Diciembre a Febrero al 90 y al 100% de humedad relativa.<sup>112</sup>

### **6.2.4 Pluviosidad**

La pluviosidad del área de estudio es similar a los valores promedio anuales del cantón y provincia, equivalentes a 2650 y 4500 mm anuales.<sup>113</sup>

### **6.2.5 Accesos y servicios**

En el área de influencia del proyecto existe la presencia de pozos petroleros, una estación de bombeo de EP Petroecuador Sacha Norte, llamada así actualmente con la nueva Ley de Hidrocarburos, dictada por el Presidente de la República. Está ubicada frente a la propiedad, a 100 metros, en la vía a Lago Agrio, provincia de Sucumbíos y en su entorno coexisten varias viviendas de colonos.

El sector se halla provisto de una carretera de primer orden asfaltado, y caminos vecinales que dirigen hacia diversas haciendas de campesinos de la región. Ver Anexo N°4

---

<sup>111</sup> Servicio meteorológico del Aeropuerto Francisco de Orellana. Ciudad del Coca. Sr. Patricio Hernández.

<sup>112</sup> EIA Campamento Base. Weatherford Ecuador.

<sup>113</sup> Plan de Desarrollo Cantonal (Joya de los Sachas).

La palmicultora España en toda su extensión de terreno se encuentra cercada y tiene un portón de acceso a la propiedad, con paso vehicular que dirige al norte a lo largo de la plantación.

Los servicios son de baja calidad destacándose únicamente el 50% de agua proveniente de pozos, y abastecimiento de energía eléctrica racionalizado, en equipamiento educativo existen nueve escuelas, un colegio artesanal y un jardín de infantes. La cobertura de salud es mínima.<sup>114</sup>

### **6.2.6 Edad del cultivo**

Las pruebas se llevaron a cabo en cultivos jóvenes de 3 años de edad aproximadamente, que presentan altura media de 58.5 cm.

## **6.3 MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO**

### **6.3.1 Equipos**

- GPS
- Romanilla
- Peachímetro
- Conductivímetro
- Microscopio
- Flexómetro
- Termómetro de barrila
- Bomba de fumigación manual

### **6.3.2 Materiales**

- Humato 7 plus
- Zeolita, Tipo Mormorillonita
- Puzolana
- Fundas ziploc
- Papel aluminio

---

<sup>114</sup> Datos proporcionados por el Sr. Darío Carvajal Guardia de la Estación de bombeo EP Petroecuador y colindante de la propiedad Sr. Luis Bermeo.

- Papel absorbente
- Pala
- Rastrillo
- Machete
- Envase plástico graduado de 1 litro
- Envase plástico de 10 galones
- Plástico 2 metros
- Tubo plástico de 2 pulgadas

### **6.3.3 Reactivos**

- Agua destilada

### **6.3.4 Otros**

- Cámara fotográfica
- Mapas de uso de suelo
- Mapas topográficos

## **6.4 METODOLOGÍA**

El método empleado para la investigación fue de adición de enmiendas calcáreas y tamices moleculares.

Las pruebas experimentales se ejecutaron mediante la elección de dos lotes 1 y 2, que conforman el bloque experimental con 54 plantas y otro que interviene como testigo el lote 3 y 4, con 55 plantas. Ver Anexo N°6

A las 54 plantas del bloque experimental se les aplicó por cuatro meses los materiales escogidos para el tratamiento. Previo a la adición se tomaron muestras de suelo iniciales para cotejar los resultados con los obtenidos al final del programa de investigación.

## **6.5 PROCEDIMIENTO**

### **6.5.1 Aplicaciones**

### **Al Suelo**

Los materiales seleccionados para las pruebas se adicionaron por cuatro meses consecutivos, desde el mes de noviembre del 2009, hasta el 11 de febrero del 2010 en una proporción de:

- 150 gramos de zeolita
- 150 gramos de puzolana.

Cada una de las 54 plantas recibió un total de 7500 gramos de la mezcla en cuatro meses. La mezcla se preparó en un plástico para su homogeneización. La mezcla se esparció en forma uniforme alrededor de la corona (área de cobertura de la sombra de la planta). Ver Anexo N° 9, 10 ,11

### **A la Lanza y Hojas**

Para las hojas y la lanza se empleó una solución de Humato 7 Plus al 0,01 %, cuya cantidad de litros por planta fue variando mes por mes. En el primer mes, se aplicaron 2 cm<sup>3</sup> de Humato 7 Plus por litro de agua, en un envase de 10 galones. Con esta mezcla y con ayuda de una bomba manual de mochila se aplicó nebulizando sobre la superficie foliar y la lanza procurando cubrir toda su superficie.

A los 3 meses siguientes se disminuyó la cantidad de Humato 7 Plus a 1 cm<sup>3</sup> por litro de agua, y se procedió de igual manera. Ver Anexo N°12

La concentración de humatos aplicada, fue sugerida por trabajos de introducción de humatos en plantaciones de palma africana en San Lorenzo.

#### **6.5.2 Muestreo**

Los muestreos de suelo se efectuaron escogiendo aleatoriamente del bloque experimental 5 plantas que representan el 10% de la totalidad de plantas del experimento, de las cuales se obtuvo 10



kilogramos de muestra de donde se obtuvo 1 kilogramo mediante la técnica de cuarteo.

Los suelos recolectados fueron extendidos uniformemente en un plástico limpio, se ejecutó la técnica de cuarteo y el kilogramo final se envolvió en un sobre de papel aluminio, y depositó en el interior de una funda ziploc. Ver Anexo N° 13, 14, 15, 16, 17. Seguidamente el material fue etiquetado con fecha, hora, condición climática, etc., en base a una cadena de custodia, la misma que se ilustra en el Anexo N°21.

La muestra etiquetada se depositó en un cooler con gel refrigerante para mantener la muestra en condiciones óptimas, que no exista cambios que alteren los resultados de laboratorio. Para los análisis las muestras fueron enviadas al laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Para la toma de perfiles de suelo (de la corona) se eligió de forma aleatoria una planta del lote experimental, y otra en forma aleatoria del lote testigo, empleando un tubo de dos pulgadas y treinta centímetros de largo. De esta forma se pueden evaluar los cambios operados durante las pruebas de la investigación.

Se acordó realizar un análisis mensual en el laboratorio de las muestras de suelos conseguidos de la palmicultora, por cuatro meses consecutivos a partir del mes de noviembre del 2009 hasta el mes de febrero del 2010.

## **6.6 CONTROL DE PARÁMETROS**

En cada muestreo, se realizó el testeo correspondiente de parámetros indicativos como pH, conductividad eléctrica, y temperatura. Además del control periódico de la altura de la planta, de la dimensión y número de

lanzas, y color de las hojas, simultáneamente del lote experimental y testigo.

#### **6.6.1 Mediciones**

- **pH, y Conductividad eléctrica**

De las muestras de los suelos se tomo 100 gr y se la disolvió en 1 litro de agua destilada. A esta solución se la mezcló y se la dejó reposar por un tiempo estimado de 15 minutos, para a continuación medir el pH, la conductividad.

El instrumento digital utilizado para la medición de éstos dos parámetros es (Hanna Instruments, Water Proof Family, H 198120).

- **Temperatura**

La temperatura se midió con ayuda de un termómetro de barilla, insertándolo en el área de la corona a 30 centímetros de profundidad desde la superficie del suelo.

- **Altura de la planta y largo de la lanza**

La medición se realizó con una cinta métrica, a todas las plantas del lote experimental y del denominado testigo, desde el suelo hasta la punta de la lanza. Consecutivamente por 5 meses. De igual forma se midió la longitud de la lanza desde la base hasta la punta. Además se hizo el conteo de cuantas lanzas tiene cada palma. Ver Anexo N° 18 y 19.

#### **6.7 ANÁLISIS DE SUELOS**

Para evaluar el ensayo, se realizaron análisis físico químicos de los suelos en estudio.

### 6.7.1 Estructura del Suelo

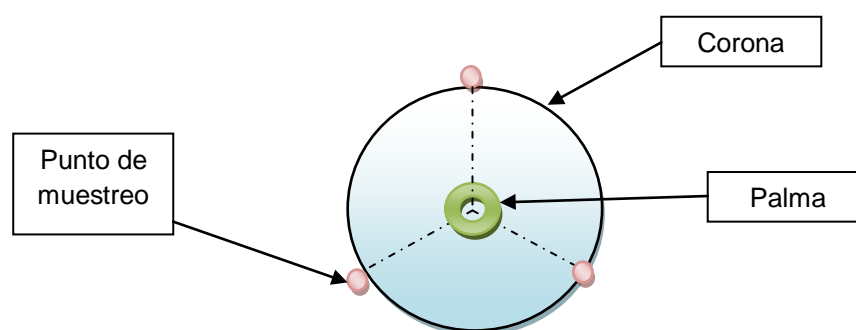
“El grado de compactación del suelo se puede verificar por la velocidad en que una porción de agua pasa a través de la mencionada capa del sustrato”.<sup>115</sup>

Para un corte de 25 cm de espesor insertados en un tubo de PVC de 2 pulgadas, se toman 150 ml de agua y se mide el tiempo que demora el agua en atravesarla. La medición se realizó tres veces.

La cantidad de raíces se midió al tomar 100 gramos de suelo de la corona de las plantas experimentales y de las plantas testigo, se les somete a tamizado con malla 200, para retirar las raíces presentes en la muestra. Seguidamente se pesa la muestra de suelo remanente y por diferencia se establece el porcentaje en masa de las raíces presentes en cada una de las muestras.

Se tomaron tres muestras de 100 gramos por cada planta elegida tomadas de la corona en ubicación equidistante (Ver gráfico N° 6.4), de los 10 cm superiores del suelo, donde existe la mayor proliferación de raíces.

**Gráfico N°6.4 Esquema de la toma de muestras para determinar el porcentaje de raíces**



**Fuente:** Elaborado por el autor de la investigación

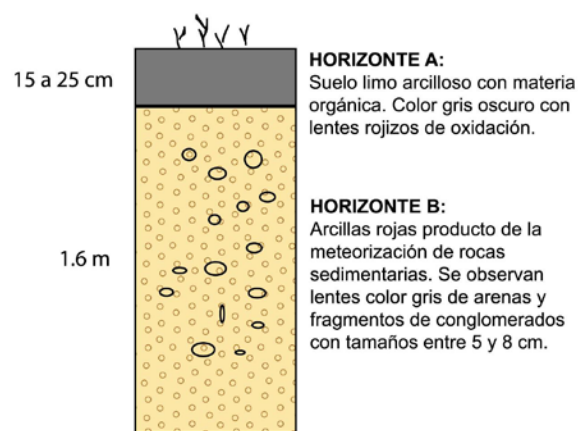
<sup>115</sup> FAO, 2001

## Capítulo VII: RESULTADOS

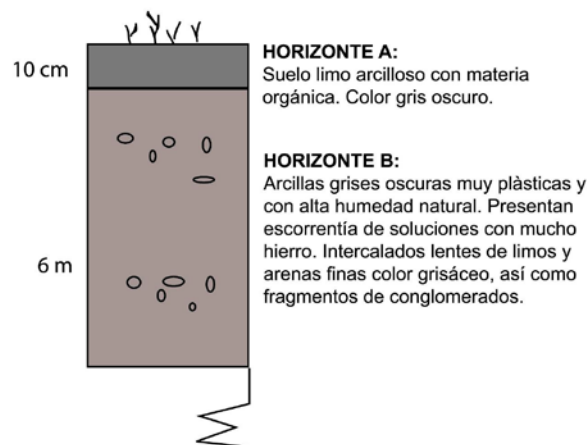
### 7.2 ANÁLISIS DE SUELOS

Los suelos del área de pruebas se caracterizan por ser arcillosos, altamente compactados, plásticos y de poco espesor. A manera de ilustración presentamos el estudio de la distribución mecánica de los suelos característicos del sector.

**Gráfico N° 7.5 Horizontes del suelo de la región**



**Figura 2. Perfil de suelo asociado a la Formación Chambira**



**Figura 3. Perfil de suelo asociado a Aluviales Recientes**

**Fuente:** EIA de Campamento Base Weatherford Ecuador. Orellana. Coca

Tabla N° 7.6 Medición de la velocidad de filtración de agua

Prueba	Experimento (s)	Testigo (s)
1	4,4	7,8
2	4,2	7,5
3	4,1	7,5
<b>Suma</b>	12,7	22,8
<b>Promedio</b>	4,2	7,6

**Fuente:** Elaborado por el autor de la investigación

El tiempo transcurrido desde la medición inicial hasta la medición final es de 7,3%, en tanto que al final alcanzó un 47,3%, en comparación con el 7,2% inicial del bloque testigo y el 32,3% final.

Tabla N° 7.7 Mediciones iniciales y finales de la cantidad de raíces

Prueba	Experimento		Testigo	
	M <sub>i</sub> (g)	M <sub>f</sub> (g)	M <sub>i</sub> (g)	M <sub>f</sub> (g)
1	7,5	47,1	7,4	32,5
2	7,4	47,3	7,1	32,6
3	7,2	47,5	7,1	32,2
<b>Suma</b>	22,1	141,9	21,6	97,3
<b>Porcentaje</b>	<b>7,3</b>	<b>47,3</b>	<b>7,2</b>	<b>32,4</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor de la investigación

### 7.3 ANÁLISIS QUÍMICO DE LABORATORIO

La tabla N° 5 nos muestra los resultados de la caracterización de los suelos desde el inicio hasta el final de las pruebas de aplicación de los materiales elegidos para su mejora.

Tabla N° 7.8 Resultados de Análisis de Laboratorio

Muestreo	Ph	CE	N	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	MO
1	5,6	0,16	38	14	4,0	0,16	5,7	1,00	1,9	3,5	158	4,2	0,6	6,2
2	5,7	0,35	56	19	5,6	0,21	3,8	0,81	1,4	3,9	302	8,1	0,4	9,1
3	5,2	2,8	255	24	9,5	0,96	5,7	1,10	4,1	4,4	284	14,7	0,9	8,5
4	5,2	2,82	359	27	13,0	0,95	5,8	1,20	4,1	4,8	283	15,5	0,8	7,6

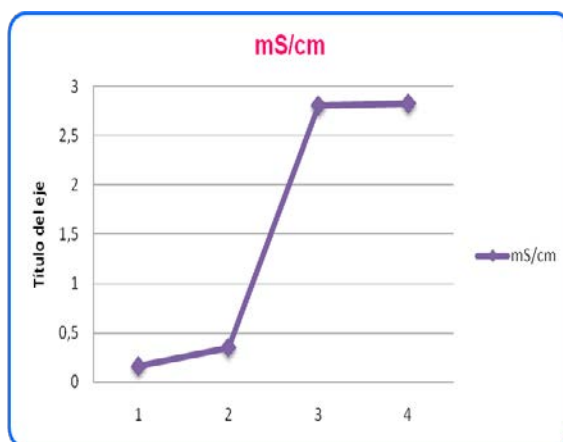
Fuente: Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina".

INIAP

### • VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD

La conductividad inicial de los suelos durante las pruebas de adición de tamices moleculares sufrió un incremento notable desde 0,16 a 2,82 mS/cm. Estos valores aparentemente altos son producidos por la elevada tasa de pluviosidad de la zona, la cual generó un incremento de los cationes totales de 1,67 a 3,1 en milieq/litro mientras que los aniones experimentaron una ligera variación de 3,29 a 3,3 milieq/litro.

Gráfico N° 7.6 Variación de la conductividad



Fuente: Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina".

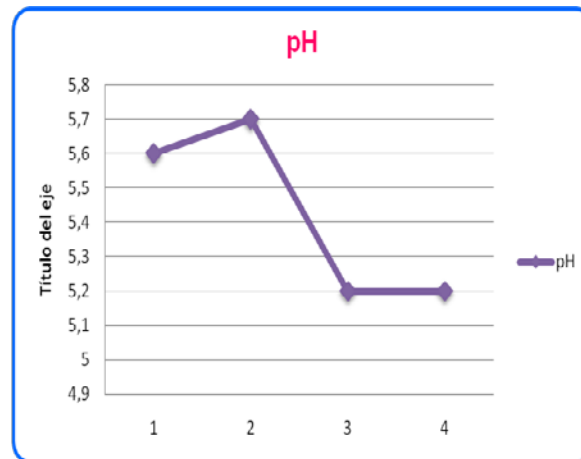
INIAP

### • VARIACIÓN DE pH

El pH inicialmente sufrió un ligero incremento para finalmente estabilizarse en un valor considerado ideal para este tipo de cultivos y adecuado para la realización normal de procesos bioquímicos en el

suelo. Los valores del pH variaron de 5,6 a 5,2. Se puede apreciar la tendencia de los suelos a la acidificación.

**Gráfico N° 7.7 Variación de pH**

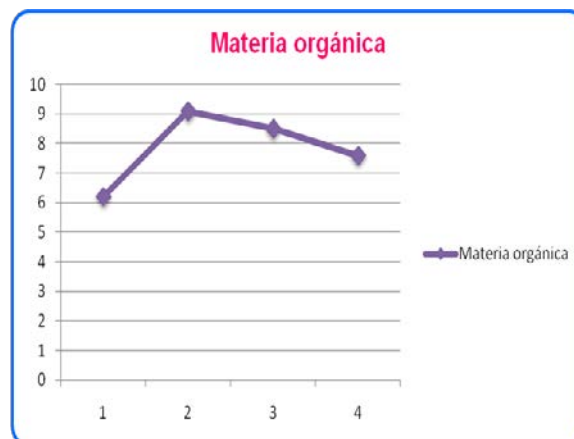


**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina". INIAP

- **VARIACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA**

El contenido de materia orgánica de los suelos define la fertilidad de los mismos mientras más materia orgánica está presente mayor es su fertilidad. Los valores obtenidos fueron de 6,2% a 7,6% con un decrecimiento de éste a partir del segundo muestreo. Pero nunca fue menor que el inicial. La presencia de los tamices moleculares permitió retener la materia orgánica en la zona de proliferación radicular evitando así lixiviación con las lluvias.

Gráfico N° 7.8 Variación de materia orgánica

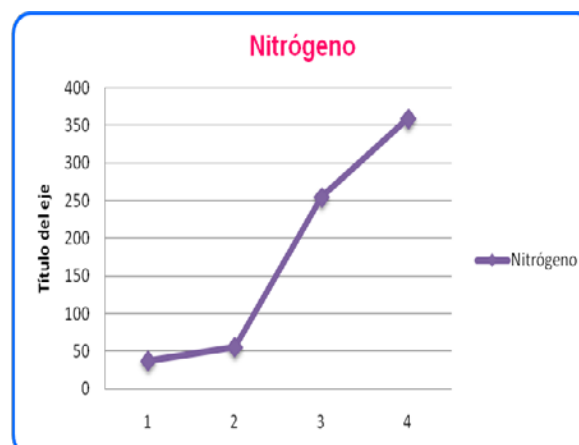


**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina".  
INIAP

- **VARIACIÓN DE NITRÓGENO**

Los valores iniciales de nitrógeno se incrementaron durante las pruebas de 38 a 359 ppm, motivado por la capacidad quelante de los tamices moleculares empleados en las pruebas, y presumiblemente por el incremento de las micorrizas fijadoras de nitrógeno desarrolladas a partir de la estimulación con Humato 7 Plus. Este hecho puede confirmarse por el incremento notable en el tamaño de la lanza y la planta en el bloque experimental en comparación con el bloque testigo.

Gráfico N° 7.9 Variación de nitrógeno



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina".  
INIAP

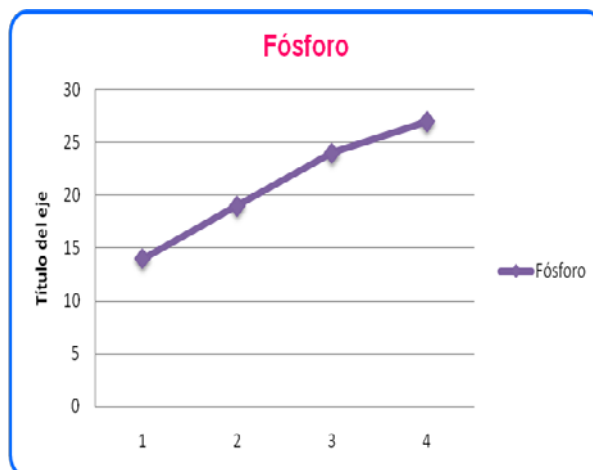


- **VARIACIÓN DE FÓSFORO**

El fósforo al igual que el nitrógeno experimentó un incremento durante las pruebas. Al comparar los valores del nitrógeno con los del fósforo su cantidad supera en 13 veces mientras que la proporción ideal es de 3:1. La concentración varió de 14 a 27 ppm. La disponibilidad del fósforo en suelos arcillosos como el de estudio es limitada debido a que las elevadas precipitaciones y temperaturas características de la zona transforman al fósforo en formas menos disponibles. Otro factor que influye sobre su asimilación es la falta de oxigenación de los suelos que limita el crecimiento microbiano que transforma al fósforo en formas asimilables. La adición de tamices moleculares ha permitido superar el problema de compactación y aireación haciendo que la concentración del fósforo asimilable se incremente.

Cabe señalar que las formas más solubles o disponibles de fósforo existen en un rango de pH 5,5 a 7<sup>116</sup>

**Gráfico N° 7.10 Variación de fósforo**



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina". INIAP

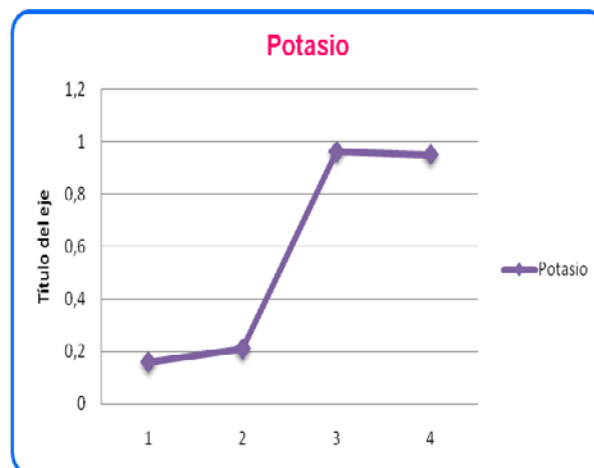
<sup>116</sup> \* STRASBURGER Y COLABORADORES. Curso de Introducción a la Nutrición Vegetal. Octava Edición. Ediciones Omega S.A. 1998

- **VARIACIÓN DE POTASIO**

Variaron de 0,16 meq/100ml considerado bajo por los análisis del laboratorio a 0,95 meq/100ml considerado alto. Estos valores muestran que su concentración en relación al nitrógeno final mantiene una proporción adecuada.

Cabe señalar que no todo el potasio existente está disponible para las plantas aún a pesar de que su valor es elevado por cuanto éste se halla atrapado entre las partículas de arcilla que lo hacen no disponible. En general las raíces de la planta hacen contacto con menos del 3% del suelo en el cual crecen por esta razón el suelo debe estar bien abastecido de potasio para asegurar que las plantas sean atendidas continuamente durante todo el ciclo de crecimiento, hasta el momento de la cosecha. “La masa total de las raíces de palma ocupa un 15% del volumen del suelo lo que significa que las raíces de palma entran en contacto con menos del 27% de los nutrientes disponibles en el suelo.”<sup>117</sup>

**Gráfico N° 7.11 Variación de potasio**



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental “Santa Catalina”. INIAP

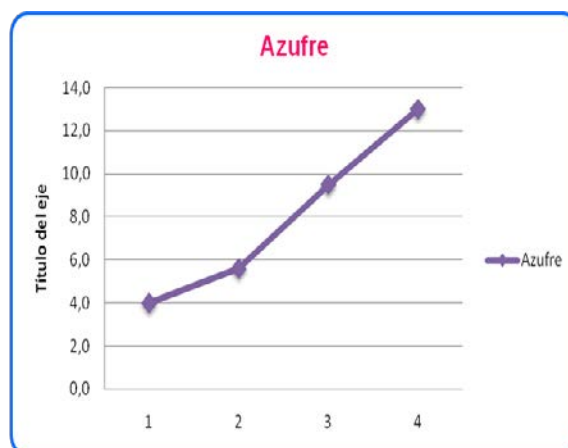
<sup>117</sup> Ernst W. Mutert (1991)

- **VARIACIÓN DE AZUFRE**

La concentración de azufre en los suelos varió de 4 ppm a 13 ppm al igual que con los elementos anteriores presenta un notable incremento. La necesidad de azufre está relacionada con la cantidad de nitrógeno disponible por cuanto ambos forman parte de las proteínas e intervienen en la formación de clorofila, además ambas son responsables de la activación de la enzima nitrato reductasa necesaria para la conversión de  $\text{NO}_3$  a aminoácidos en las plantas. La relación óptima de nitrógeno y azufre puede variar entre: 10:1, 15:1, 7:1 o 11:1. Ésta relación depende del tipo de cultivo.<sup>118</sup>

De acuerdo al análisis la relación de N:S es de 27,62:1 valor que puede ser considerado alto.

**Gráfico N° 7.12 Variación de azufre**



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina". INIAP

- **VARIACIÓN DE CALCIO**

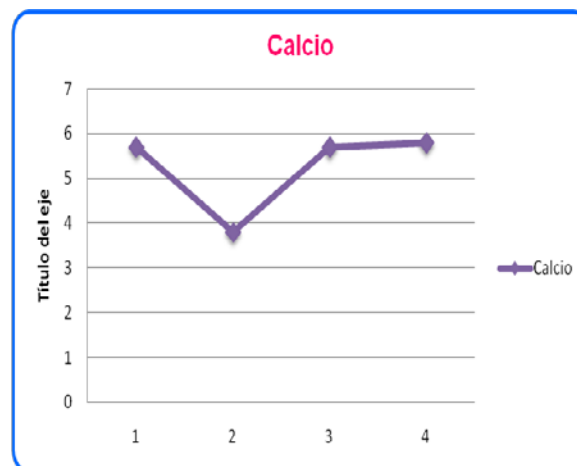
Los valores de calcio se han mantenido casi sin variación durante las pruebas de de 5,7 a 5,8 meq/100ml. Debido a que el calcio existe como un catión, éste nutriente está gobernado por los fenómenos de intercambio catiónico al igual que los otros cationes y se mantiene

<sup>118</sup> LINDORF, H. L. de Parisca & P. Rodriguez. 1991. Botánica. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca de Caracas.

adherido como calcio  $2^+$  intercambiable en la superficie de los coloides cargados negativamente. Generalmente es el catión dominante en el suelo aún a valores de pH bajos, y ocupa normalmente el 70% o más de los sitios en el complejo de intercambio. Al igual que otros cationes, el calcio también está presente en la solución del suelo.<sup>119</sup>

Según los análisis de laboratorio la concentración de calcio es considerada baja factor que se evidencia por el pH de los suelos ligeramente ácido.

**Gráfico N° 7.13 Variación de calcio**



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina". INIAP

- **VARIACIÓN DE MAGNESIO**

La variación de la concentración del magnesio en los suelos varió en forma no significativa como se puede apreciar por los valores obtenidos en los análisis: 1 a 1,20 meq/100ml. Valores que son considerados bajos.

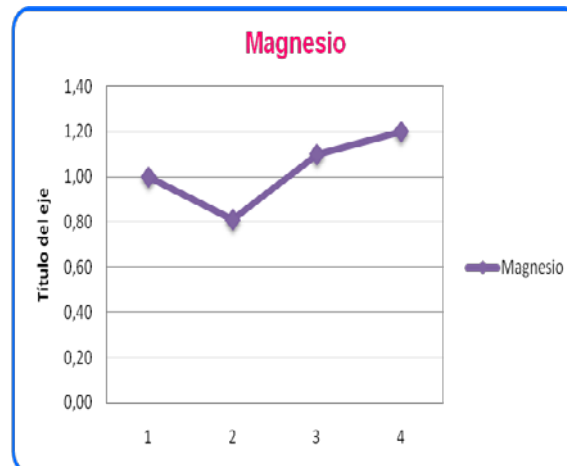
La deficiencia de magnesio puede acentuarse en presencia de altas dosis de potasio o por un alta disponibilidad de amonio  $\text{NH}_4^+$ , que para nuestro estudio corresponde exactamente.

Siendo el  $\text{Mg}^{2+}$  un catión está sujeto a intercambio catiónico, estando presente en la solución del suelo se absorbe en la superficie de las

<sup>119</sup> GOLLA, G. G. Negri & C. Capelletti. 1999. Tratado de Botánica. Edición Labor S.A.

arcillas y la materia orgánica. Sin embargo las deficiencias de magnesio ocurren con más frecuencia en suelos ácidos sujetos a alta precipitación.<sup>120</sup>

Gráfico N° 7.14 Variación de magnesio



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental "Santa Catalina". INIAP

- **VARIACIÓN DE BORO**

Los valores de boro obtenidos fueron de 0,6 ppm a 0,8 ppm, que son considerados altos. El boro esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento de tubo polínico y para la formación de semillas y paredes celulares. Forma complejos borato-azúcar que están asociados con la traslocación de azúcares al interior de las células y además es importante para la formación de proteínas.<sup>121</sup>

Sus valores altos son muestra de la buena tasa de crecimiento de las plantas observadas durante las pruebas.

<sup>120</sup> MOORE, R., W. Dennis Clark & K. R. Stern. 1995. Botany. Wm. C. Brown Publishers.

<sup>121</sup> RAVEN, P.H.; Evert R.F. & S.E. Eichhorn. 1991. Biología de las plantas. 2 volúmenes. Edición. Reverté.

Gráfico N° 7.15 Variación de boro



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental “Santa Catalina”. INIAP

- **VARIACIÓN DE METALES PESADOS**

- **Zinc**

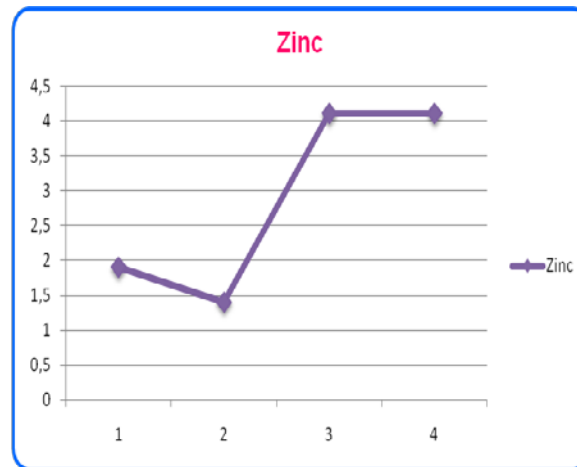
Los valores de zinc obtenidos fueron de 1,9 ppm a 4,1 ppm. Lo que significa una variación de bajo a medio según los análisis de laboratorio. El zinc es menos disponible a medida que sube el pH del suelo. La concentración de zinc en el suelo se reduce 30 veces por cada unidad de incremento de pH entre 5 y 7. Para nuestro estudio el pH de los suelos experimentales garantiza un buen nivel de asimilación del zinc.

Fuentes bibliográficas señalan que niveles bajos de materia orgánica en el suelo son a menudo indicativos de una baja disponibilidad de zinc. Este no es nuestro caso por cuanto la cantidad de materia orgánica en el suelo de estudio es considerada alta.

Deficiencia de zinc pueden presentarse en suelos con alta disponibilidad de fósforo, al aplicar fósforo en un suelo con niveles adecuados de zinc no produce deficiencia de zinc sin embargo, los especialistas sugieren que para obtener rendimientos altos es necesario aplicar 1 kg de zinc por cada 20 kg de fosfatos.<sup>122</sup>

<sup>122</sup> LEE. D. W. & J.B. Lowry. 1979. Abaxial antocianin layer in leaves of tropical rain forest plants: enhacer of light capture in deep shade. *Biotropica*. 11:70-77

Gráfico N° 7.16 Variación de zinc



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental “Santa Catalina”. INIAP

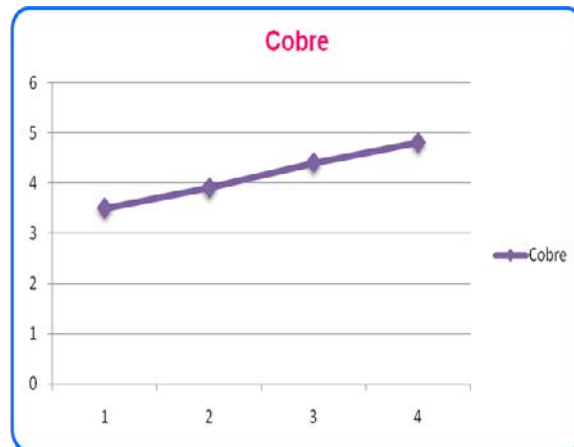
- **Cobre**

Los valores de cobre variaron de 3,5 ppm considerados medios a 4,8 ppm considerados altos. Según fuentes bibliográficas los suelos pesados (arcillosos), tienen menor probabilidad de desarrollar deficiencias de cobre.

Cantidades altas de cobre pueden ser tóxicas para las plantas, sin embargo en las pruebas las plantas no presentan síntomas de toxicidad; por cuanto los suelos contienen altos niveles de materia orgánica que lo retienen tan fuertemente que solo una pequeña cantidad está disponible para el cultivo. Cantidades excesivas de cobre deprimen la actividad del hierro y promueven la presencia de síntomas de deficiencia de hierro en las plantas.<sup>123</sup>

Gráfico N° 7.17 Variación de cobre

<sup>123</sup> CARLTON, W. M. 1961. Laboratory Studies in General Botany. John Wiley & Sons

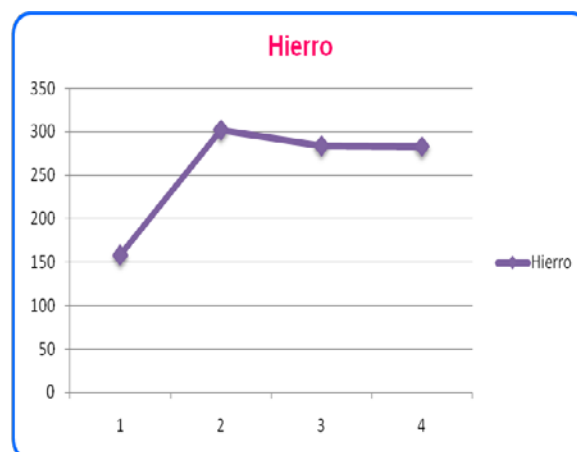


**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental “Santa Catalina”. INIAP

- **Hierro**

Los valores de hierro variaron de 158 ppm a 283 ppm considerados altos. Pese a existir altos valores de hierro no se evidencian síntomas de toxicidad. Debido a que en el ensayo el cobre inhibe su asimilación por las plantas.<sup>124</sup>

**Gráfico N° 7.18 Variación de hierro**



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental “Santa Catalina”. INIAP

<sup>124</sup> Gleb Vsevolodovich Dobrovolskiy (Глеб Всеволодович Добровольский). Curso de Edafología. Editorial Mir, Moscú, 2006. P. 234-237. Traducción Dr. GUALOTO, Miguel.



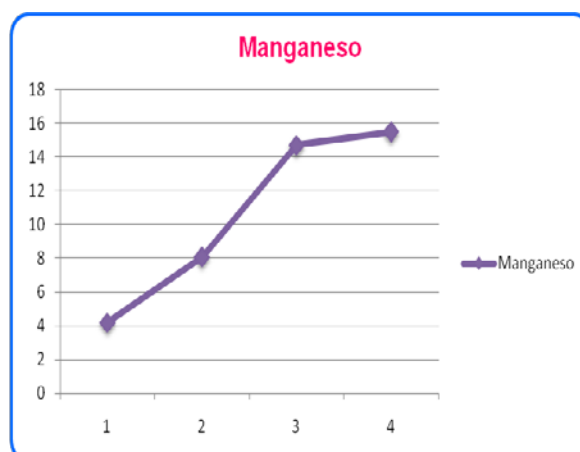
- **Manganeso**

Los valores de manganeso obtenidos fueron de 4,2 ppm considerados bajos a 15,5 ppm considerados altos.

Fuentes bibliográficas afirman que, “En algunos suelos, un pH extremadamente ácido puede causar toxicidad de Mn. El pH del suelo debe ser inferior a 5,0 para que aparezcan problemas significativos de toxicidad. Sin embargo, se han encontrado niveles tóxicos de Mn en las plantas creciendo en suelos con pH de hasta 5,8.”<sup>125</sup>

En nuestro estudio se pudo evidenciar la presencia de síntomas de toxicidad moderada en plantas de los bloques testigo y experimental, aproximadamente en un 27,37%, en el testigo; mientras que en el bloque experimental en una 3,63%.

**Gráfico N° 7.19 Variación de manganeso**



**Fuente:** Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental “Santa Catalina”. INIAP

- **VARIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE LA PLANTA, ALTURA**

Pese a no ser uno de los objetivos planteados la medición de la variación de parámetros físicos de las plantas; se ha realizado un monitoreo de algunos parámetros para a través de ellos y en forma

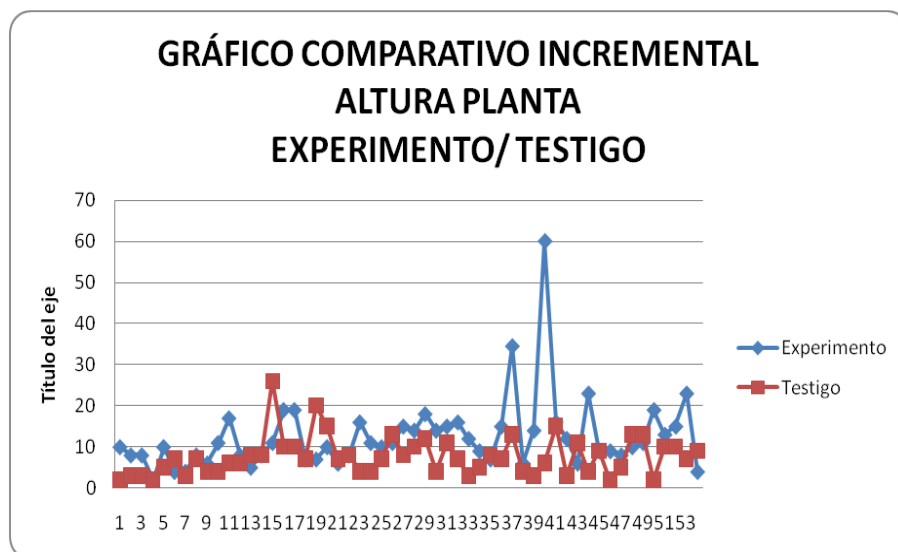
<sup>125</sup> MOORE. R. ,W, Dennis Clark & K. R. Stern. 1995. Botany. Wm C. Brown Publishers.

indirecta verificar la mejora de la calidad de los suelos. **“A mejor calidad de suelos, mejor desarrollo vegetal”**.

Las mediciones de la altura en las plantas del bloque experimental realizadas a partir del 29 de noviembre del 2009 hasta el 11 de febrero del 2010 muestran que se generó un incremento superior en comparación al incremento en las plantas del bloque testigo.

- **INCREMENTO DE LA ALTURA DE LA PLANTA**

Gráfico N° 7.20 Incremento de la altura de la planta (E/T)



Fuente: Mediciones del investigador

Esto se puede explicar por la acción combinada de los tamices moleculares y los humatos aplicados por aspersión foliar con ayuda de una bomba de mochila.

Los tamices moleculares empleados contribuyeron a bloquear los efectos tóxicos de las altas cantidades de hierro y cobre que en ausencia de ellos generarían síntomas de toxicidad marcada como se observa en el análisis de la presencia de estos elementos en el presente estudio en el bloque testigo.

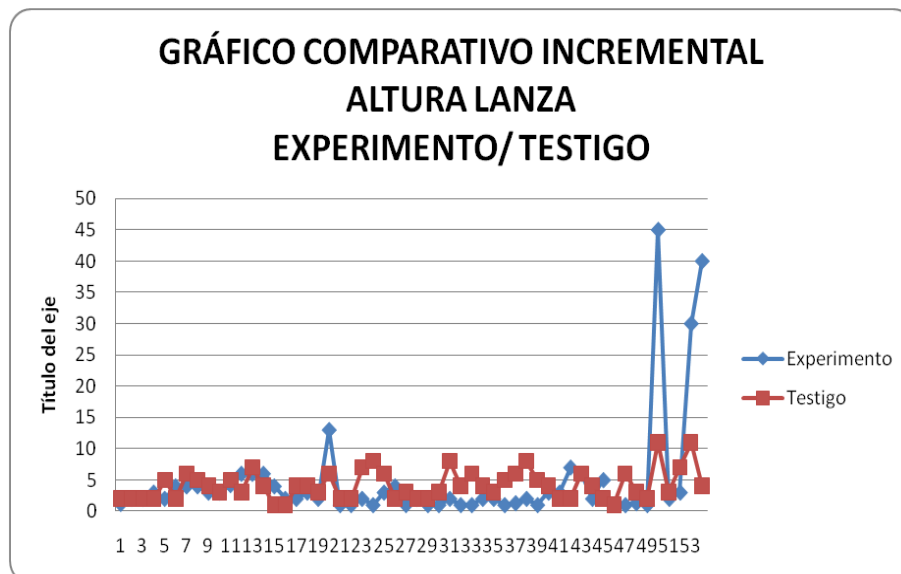
Los humatos son una fuente de nutrientes y microelementos que fortalecen el sistema inmunológico vegetal dando a la planta resistencia a la acción negativa de factores ambientales, plagas y

metales pesados. Este hecho se corrobora con los bajos índice de toxicidad y mayor desarrollo de las plantas del bloque experimental.

- **INCREMENTO DE LA ALTURA DE LA LANZA**

La altura de la lanza del bloque experimental en comparación con la altura de lanza de las plantas del bloque testigo medidas dentro del período comprendido entre el 29 de noviembre 2009 al 11 de febrero del 2010 muestran que las lanzas de las plantas experimentales crecieron a la par de las testigo, diferenciándose de ésta tendencia tan solo 4 de las plantas experimentales.

Gráfico N° 7.21 Incremento de la altura de la lanza (E/T)

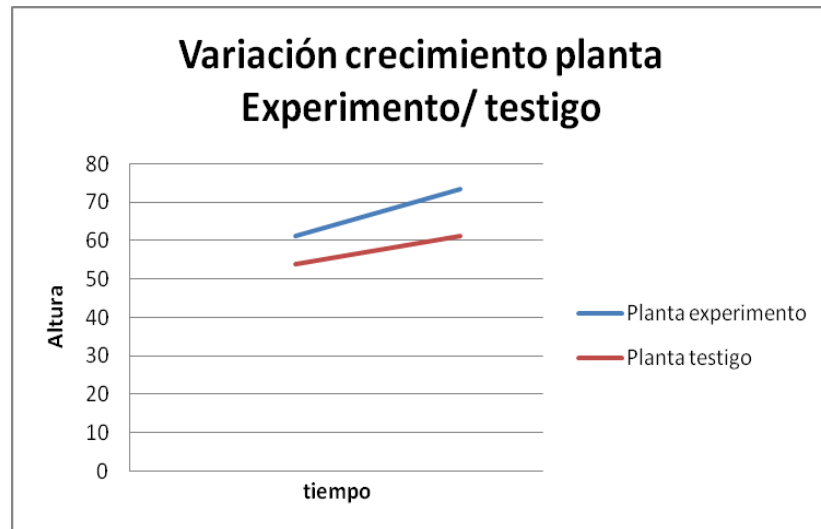


Fuente: Mediciones del investigador

Los datos obtenidos no permiten inferir el efecto de mejora del suelo por cuanto casi no existen diferencias entre el bloque testigo y experimental.

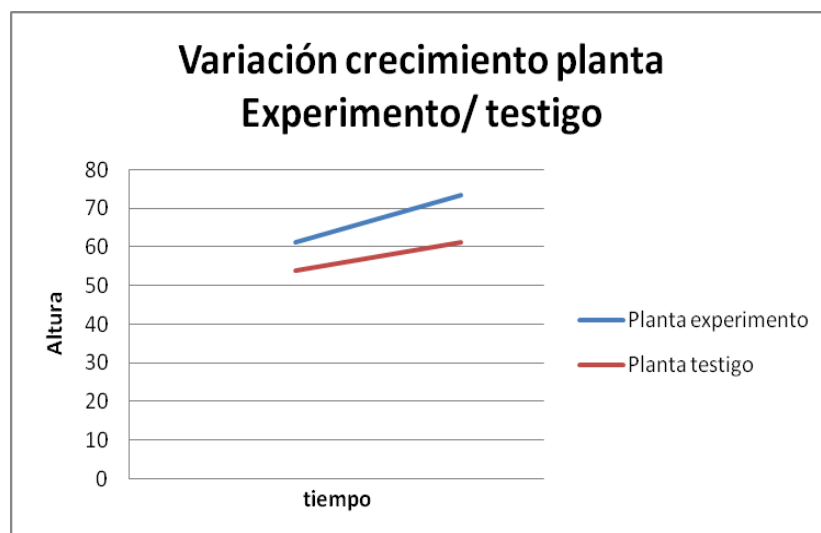
La variación promedio de las tasa de crecimiento de la lanza y de la planta se ilustran en la gráfica.

Gráfico N° 7.22 Variación crecimiento de la altura de la planta (E/T)



Fuente: Mediciones del investigador

Gráfico N° 7.23 Variación crecimiento de la altura de la lanza (E/T)



Fuente: Mediciones del investigador

La media de la altura de la lanza en el experimento es de 34,85 cm, y de 61,09cm en la altura de la planta, medida el 29 de noviembre del 2009.

La media en el tamaño de la lanza en el testigo es de 32,4cm, mientras que en la altura de la planta fue de 53,9. Al final de las pruebas el 11 de febrero del 2010 la altura de la lanza en el

experimento fue de 37,7cm y la altura de la planta 73,5cm. En tanto que en las plantas testigo la lanza fue de 36,5 cm y la altura de la planta de 61,2cm.

Las plantas testigo crecieron menos que las experimentales comparativamente, por cuanto las experimentales crecieron en promedio 12,41 cm en cuatro meses, en tanto que las testigo apenas 7,3 cm en el mismo tiempo.

Por tanto, se realizó una estimación del costo total por hectárea del trabajo de campo y de laboratorio ejecutado en el proyecto. Ver ANEXO N°23

## CONCLUSIONES

- En la estructura del suelo, los niveles de compactación se han modificado por la estructuración generada por los tamices moleculares empleados. El suelo de la corona de las plantas experimentales es poroso con abundante proliferación de raíces, mientras que los suelos del bloque testigo, mantienen un cierto grado de compactación y menor cantidad de raíces.
- Debido a la metodología empleada en el estudio de suelos el porcentaje de raíces presentes en 100 gramos de suelos experimentales inicial fue de 7,3%, en tanto que al final alcanzó un 47,3%, en comparación con el 7,2% inicial del bloque testigo y el 32,3% final.
- El contenido de materia orgánica varió de 6,2% a 7,6% valores considerados altos y que se explican por la acción quelante de los tamices moleculares y del humato 7 plus empleados en las pruebas, por tanto se registra incremento de materia orgánica en 1,4 %.
- La capacidad de los tamices moleculares de mejorar la calidad de los suelos, se pone de manifiesto por el cambio de las propiedades mecánicas del suelo. Los efectos inhibitorios sobre la toxicidad del Fe y del Cu sobre las plantas y en la capacidad de retener materia orgánica en el horizonte superficial del suelo, permitiendo un amplio desarrollo del sistema radicular vegetal.
- La materia orgánica en el suelo impide la pérdida y lixiviación de los tamices moleculares con las abundantes lluvias de la zona de estudio. Así, muestran los resultados en cuanto al contenido de materia orgánica, donde el suelo del bloque testigo contiene 6,20% en comparación del 7,60% del bloque experimental.
- La concentración de la mayoría de los elementos muestreados y de importancia agrícola sufrieron un incremento apreciable en el bloque experimental: El nitrógeno pasó de 38 a 359 ppm. El fósforo de 14 a 27 ppm. El potasio de 0,16 a 0,95 meq/100ml; Azufre de 4 a 13 ppm; Calcio de 5,7, a 5,8 meq/100ml; Magnesio de 1 a 1,20 meq/100ml; Boro de 0,6

a 0,8 ppm, el Zinc de 1,9 a 4,1 ppm. El Cobre de 3,5 a 4,8ppm. El hierro de 158 a 283ppm y el Manganeso de 4,2 a 15,5 ppm.

- La aplicación combinada de humatos con tamices moleculares, influyó en los parámetros físicos y fisiológicos de la planta como son el tamaño y su capacidad de resistir los efectos tóxicos de elementos como el Cu y Fe.
- No se evidencia la existencia de una relación directa entre tamices moleculares y humatos con el crecimiento de la lanza, ya que en relación al crecimiento de la lanza, las plantas testigo crecieron en promedio 4,1 cm en cuatro meses, frente a 2,85 cm de las experimentales en un tiempo igual.
- El empleo de tamices moleculares con enmiendas húmicas, es una estrategia aplicable para recuperar suelos deteriorados por actividades agrícolas.

## RECOMENDACIONES

Como toda investigación, las limitaciones de carácter económico relacionadas con los análisis de laboratorio han impedido hacer una mayor cantidad de pruebas, en especial en lo que respecta al monitoreo del bloque testigo, razón por la que se recomienda:

- Ampliar la gama de tamices moleculares, para identificar el de mejor calidad y costo.
- Considerar que las pruebas de campo están limitadas por las facilidades que brinde el dueño de la plantación.
- Ampliar el número de muestras y análisis considerando el programa de fertilización de la plantación.
- Se considera necesario trabajar en forma conjunta con cultivos que contribuyen al enriquecimiento de los suelos con nitrógeno, como es la pueraria, leguminosas, trébol entre otras.
- Brindar apoyo con los laboratorios de la Universidad, para que se puedan realizar análisis de control rutinarios y corregir las pruebas en caso de que éstas no muestren los resultados esperados.



## BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup> Ing. HERNÁNDEZ, Luis. Apuntes de la materia de Recursos Forestales. Sexto Semestre. UDLA. 2008.
- <sup>2</sup> TAPUY, Cristóbal. Extensión de alternativas económicas autogestionarias en la Región Amazónica. Folleto N°33. Reserva de Biosfera Sumaco. 1997. P. 12
- <sup>3</sup> Tomado por el autor y adaptado de la referencia de internet.  
www.ingenieroambiental.com
- <sup>4</sup> Tomado de Seminario de Biorremediación. Dr. GUALOTO, Miguel. Febrero 2010.
- <sup>5</sup> <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL1Suelo.htm>
- <sup>6</sup> Adaptación realizada por el autor basado en: DURÁN, F. Procesos de Formación del Suelo. 1997. Facultad de Agronomía de México. P. 321-324
- <sup>7</sup> Adaptación del autor basado en BREWER, A. 1964. Procesos de formación del suelo. Génesis. P. 69-75
- <sup>8</sup> Adaptación del autor basado en  
[http://www.natureduca.com/cienc\\_gen\\_sueloformac.php](http://www.natureduca.com/cienc_gen_sueloformac.php)  
<http://soils.usda.gov/education/facts/soil.html>
- <sup>9</sup> Adaptación realizada por el autor basado en: GAUCHER, G. (1968). Procesos de formación del suelo. SIMONSON (1959), en su Esbozo de una Teoría Generalizada de Génesis del Suelo. P. 109
- <sup>10</sup> DURAN, A. y KAPLAN y ZAMALVIDE, S.P. Datos de perfiles representativos de los grandes grupos de suelos del Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía, 1970. P. 48, 51-55.
- <sup>11</sup> Adaptación del autor basado en DOMINGUEZ, J.E. y LAZBAL, E. Evaluación del efecto del manejo interior del suelo sobre macroporosidad, densidad aparente y rendimiento del cultivo de papa. Tesis Ing. Ag. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1965. P. 67
- <sup>12</sup> [http://www.quiminet.com/ar3/ar\\_hgsAAAssRsDF-principales-propiedades-fisicas-de-los-suelos.htm](http://www.quiminet.com/ar3/ar_hgsAAAssRsDF-principales-propiedades-fisicas-de-los-suelos.htm)
- <sup>13</sup> Basado en conversación con el Dr. GUALOTO, Miguel.

<sup>14</sup> Adaptación del autor basado en GAVANDE, S.A. 1972. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Ed. Limusa-Wiley. México. 2002. P. 80

<sup>15</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICAS/fisicas.pdf>

<sup>16</sup> RUCKS L., F. García, a. KAPLÁN, *et.al.* (2004). P. 33-36

<sup>17</sup> <http://knol.google.com/k/dise%C3%B1o-de-sistemas-de-drenaje-agr%C3%ADcola-conceptos-previos#>

<sup>18</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=989>

<sup>19</sup> Adaptación del autor basado en NARRO, E. 1994. Física de suelos. Con enfoque agrícola. Ed. Trillas. México. P. 77-85

<sup>20</sup> <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/04/67011>

<sup>21</sup> Dr. BASÁEZ, Luis R. ¿qué es el pH?: Formas de medirlo. Ciencia ahora, N° 23, Año 12, Enero a Junio 2009. Folleto electrónico.

<sup>22</sup> Adaptación realizado por el autor basado en PORTA, J. 1986. Técnicas y experimentos en edafología. Ed. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cataluña. Barcelona. P. 128

<sup>23</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>

<sup>24</sup> Water Treatment Solutions Lenntech B.V. <http://www.lenntech.es/cgi-bin/search.metales+pesados>.

<sup>25</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/04/67011>

<sup>26</sup> NARRO, E. 1994. Física de suelos. Con enfoque agrícola. Ed. Trillas. México. P. 93-99, 130.

<sup>27</sup> Referencia de internet: [www.fao.org/nr/cgrfa](http://www.fao.org/nr/cgrfa)

<sup>28</sup> Adaptación realizada por el autor basado en ALEXANDER, M. (1980): Introducción a la microbiología del suelo. AGT (Eds.), México. D.F. P. 56

<sup>29</sup> ATLAS, R.; BARTHA, R. 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental. 2ª ed. Trad. Español. Addison Wesley, Madrid. P. 250-261.

- <sup>30</sup> DUCHAFOUR, Ph. 1984. Edafología: I: Edafogénesis y clasificación. Versión española por T. Carballas (CSIC). T-Masson Ed., Barcelona. P. 68
- <sup>31</sup>SHIVA, V. 1995. Biodiversity Based Productivity. A framework for an alternative economic assessment for sustainable agriculture. Reserach Foundation for Sciencie. Technology and Natural Resources Policiy, Dehra Dun. P. 300
- <sup>32</sup> Importance of Microorganisms for Soils Quality and Health Oscar Acuña<sup>1</sup>; Wagner Peña<sup>1</sup>; Edgardo Serrano<sup>2</sup>; Luis Pocasangre<sup>3</sup>; Franklin Rosales<sup>3</sup>; Eduardo Delgado<sup>3</sup>; Javier Trejos<sup>4</sup> & Alvaro Segura<sup>2</sup>- 2006. Folleto electrónico.
- <sup>33</sup> Adaptación del autor basado en DÁVILA V, Marvin Javier. Procedimientos de análisis de suelos. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar. Revista electrónica. N°14
- <sup>34</sup> IUSS Working Group WRB. 2006. *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. P. 26
- <sup>35</sup>[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_agronomicas/l200310221542evaluaciondesuelosclasificacion1.pdf](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/l200310221542evaluaciondesuelosclasificacion1.pdf).
- <sup>36</sup>KRASILNIKOV, Pavel. GARCÍA C. Norma E. El uso de la WRB para la cartografía de los suelos.2006. P. 44
- <sup>37</sup> CARBALLAS, T. et al. 1981. Clave para la clasificación de los suelos (UNESCO-FAO). Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Madrid. P. 32-40
- <sup>38</sup> IUSS Working Group WRB. 2006. *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. P. 30
- <sup>39</sup> Adaptación del autor basado en la página de internet [www.greenpeace.com](http://www.greenpeace.com)
- <sup>40</sup> Adaptación del autor basado en Acción Ecológica. 1996 Propuesta a los Candidatos. Alerta Verde. Folleto electrónico.
- <sup>41</sup>SHIVA, V. 1995. Biodiversity Based Productivity. A framework for an alternative economic assessment for sustainable agriculture. Reserach Foundation for Sciencie. Technology and Natural Resources Policiy, Dehra Dun. P. 38
- <sup>42</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.aeac-sv.org/pdfs/infoerosion.pdf>
- <sup>43</sup> Adaptación del autor basado en MARTÍNEZ GHERSA, M Alejandra y Claudio. Facultad de Agronomía UBA. 2008. Revista electrónica.
- <sup>44</sup>Conversación con Ing. RIVADENEYRA, Ana Mabel. Facultad de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana *Zamorano*.

- <sup>45</sup> Adaptación del autor basado en Espinosa, P. Vaca, R. Abad, J. Crissman, C. 1996. Raíces y tubérculos andinos. Cultivos marginales en el Ecuador. Situación actual y limitaciones para la producción. Abya Yala. Quito. P. 20
- <sup>46</sup> Adaptación del autor basado en <http://www.biotech.bioetica.org/clase3-13.htm>
- <sup>47</sup> Informe sobre el Desarrollo Mundial, Banco Mundial. 2007. Folleto electrónico.
- <sup>48</sup> DE LA ROSA, Diego. (2008). *“Evaluación Agro-Ecológica de Suelos, para un Desarrollo Rural Sostenible”*. Ediciones Mundi-Prensa. 1ª. Edición. Madrid. P. 55
- <sup>49</sup> Adaptación del autor basado en BUITRÓN, Ricardo C. Acción Ecológica. Alerta N° 91. Folleto electrónico.
- <sup>50</sup> Adaptación del autor basado en Alerta Verde, (1996). Los monocultivos de palma Africana, etnocidio y genocidio en el oriente. (Boletín de Acción Ecológica). N° 35, Octubre.
- <sup>51</sup> Apuntes de Botánica I. 2005. Apuntes de Cuencas Hidrográficas. 2009. Universidad de las Américas.
- <sup>52</sup> Adaptación del autor basado en LÓPEZ, Antonio Jordán. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Profesor asociado a la E.U.I.T.A. CURSO 2005-2006
- <sup>53</sup> Adaptación del autor basado en NUÑEZ, Ana María (1998). El óptimo económico del uso de agroquímicos en la producción de palma africana. Caso Santo Domingo de los Colorados. Facultad de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Abya-Yala. P. 80-95
- <sup>54</sup> CASTILLO, Morales. G. Ecotoxicología. Editorial McGraw-Hill, 2004. P. 156
- <sup>55</sup> Adaptación del autor basado en: JARAMILLO J. Daniel F. Ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 2002. P. 66-73
- <sup>56</sup> GARCÍA, J., GARCÍA, R. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Ed. AEDOS. Barcelona. P. 70

- <sup>57</sup> GARCÍA, J., GARCÍA, R. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Ed. AEDOS. Barcelona. P. 72
- <sup>58</sup> Adaptación del autor basado en MARTÍNEZ-ALIER, J. 1995. De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular. Ecoteca 10. REDES. Folleto electrónico.
- <sup>59</sup> EMERSON, W.W., y DEXTER, A.R. 1978. Modification of soil structure. Ed. John Wiley. New York. P. 97
- <sup>60</sup> Servicio meteorológico del Aeropuerto Francisco de Orellana. Ciudad del Coca. Sr. Patricio Hernández.
- <sup>61</sup> Adaptación del autor basado en NARRO, E. 1994. Física de suelos. Con enfoque agrícola. Ed. Trillas. México. P. 54
- <sup>62</sup> Tomado de *[www.inamhi.gov.ec/meteorologia/inftecviento.pdf](http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/inftecviento.pdf)*
- <sup>63</sup> Adaptación del autor basado en Información del INAMHI del Comportamiento del viento en la zona fronteriza Ecuador.
- <sup>64</sup> Glosario de términos geográficos de <http://enciclopedia.us.es/index.php/Altitud>
- <sup>65</sup> Adaptación del autor basado en TEUSCHER, H.; Adler, R. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera y Zapata. México, CECSA. p. 374
- <sup>66</sup> Adaptación del autor basado en Ing. Agr. MARTÍNEZ, Cesar. Manual de Prácticas de Laboratorio de Edafología II. Subarea de Manejo de Suelo y Agua. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. P. 246
- <sup>67</sup> Glosario de Términos Útiles en Nutrición y Fertilización. Teuscher, H.; Adler, R. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera y Zapata. México, CECSA. Folleto electrónico.
- <sup>68</sup> Glosario de Términos Útiles en Nutrición y Fertilización. Teuscher, H.; Adler, R. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera y Zapata. México, CECSA. p. 374
- <sup>69</sup> Adaptación del autor basado en Ing. Agr. MARTÍNEZ, Cesar. Manual de Prácticas de Laboratorio de Edafología II. Subarea de Manejo de Suelo y Agua. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. P. 122

<sup>70</sup> Información proporcionada por el Dr. GUALOTO, Miguel y el Sr. ESPAÑA Alberto.

<sup>71</sup> Adaptado por el autor en Dr. MILÁN, Pedro. Deterioro del suelo. *Técnicas*, Pág. 4A-8A del jueves 2 de enero de 2003.

<sup>72</sup> Tomado y adaptado de la referencia de internet. [www.ingenieroambiental.com](http://www.ingenieroambiental.com)  
ALEXANDER, M. 1994. Biodegradation and Bioremediation. Academic Press, San Diego. P. 76

<sup>73</sup> Adaptación del autor basado en CASANOVA, E. 1991. Caracas, Ven. Edit. Litopar, CA. de Artes Gráficas. P. 4. Folleto Electrónico.

<sup>74</sup> Información proporcionada por el Dr. GUALOTO, Miguel.

<sup>75</sup> Humifarm Ecuador. Estudio de Aplicación de Tamices Moleculares en Suelos del Sector Florícola. Cayambe. 2009. P. 12

<sup>76</sup> Prácticas agrícolas de la Florícola Mystic Flower. Tabacundo.

<sup>77</sup> Información obtenida por entrevista con el Ing. Patricio Espinoza. Gerente de FloriFruit y Art Rouses. Tabacundo.

<sup>78</sup> Información proporcionada por el Dr. GUALOTO, Miguel.

<sup>79</sup> Adaptado por el autor al español del Departamento de Ingeniería en Química, Universidad de Cambridge. [www.cheng.cam.ac.uk/~jah1015/zeolites.html](http://www.cheng.cam.ac.uk/~jah1015/zeolites.html)

<sup>80</sup> Información obtenida de la página de internet [www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf)

<sup>81</sup> ARBOLEDA, J. "Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua". CEPIS, España, (1963). P. 55-67

<sup>82</sup> <http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=1&hid=13&sid=ee14183a-8f6d-4188-9a9f-4d98efda4e9%40sessionmgr11>

<sup>83</sup> SALAGER, Jean-Louis y FERNÁNDEZ Álvaro. Surfactantes Generalidades y Materias primas. Laboratorio FIRP. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de los andes. Mérida 5101 Venezuela. P. 80

<sup>84</sup> Adaptación del autor basado en Fernando Aguirre, Pedro Rodríguez, Eleida Sosa, Álvaro Uzcátegui, Freddy Imbert, Jorge Fernández. Síntesis y Caracterización de Tamices Moleculares Mesoporosos del Tipo Mor/Mcm41 a

Partir de Zeolitas Comerciales. XIII Congreso Venezolano de Microscopía y Microanálisis.

<sup>85</sup> Tomado de la página web [www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf)

<sup>86</sup> Tomado de la página web <http://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo/adsorbatos>

<sup>87</sup> DI BERNARDO, L. "Métodos y Técnicas de tratamiento de aguas." Volumen 2, Ed. Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria, ABES, 1993. P. 336

<sup>88</sup> DI BERNARDO, L. "Métodos y Técnicas de tratamiento de aguas Estructura zeolita." Volumen 2, Ed. Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria, ABES, 1993. P. 342

<sup>89</sup> Información obtenida de la web [www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir2/zeolits2.pdf)

<sup>90</sup> Tomado y adaptado por el autor basado en ROMERO D., J.C. "La zeolita." Instituto de investigaciones geológicas. Habana 1978. Folleto electrónico.

<sup>91</sup> University of Illinois at Chicago. [www2.uic.edu/~rpeddi3/zeolites/zeolites.html](http://www2.uic.edu/~rpeddi3/zeolites/zeolites.html). Chemical Engineering and Materials Science, University of Minnesota, Minneapolis, MN. [www.cems.edu/~zeolites/](http://www.cems.edu/~zeolites/).

<sup>92</sup> Tomado de la web <http://www.humintech.com/index034.html>

<sup>93</sup> Adaptación del autor basado en EMAKOV, E. I. 2008. Las sustancias húmicas en el agroecosistema autoregulador. Academia de Ciencias de la Federación Rusa. Materiales de la segunda conferencia rusa de ácidos húmicos. Moscú. P. 430

<sup>94</sup> Adaptación de información obtenida de [www.humifarm.com](http://www.humifarm.com)

<sup>95</sup> Dr. GUALOTO, Miguel. Ácidos Húmicos y el suelo.

<sup>96</sup> Dr. GUALOTO, Miguel. Ácidos Húmicos y el suelo.

<sup>97</sup> EMAKOV, E. I. 2008. Las sustancias húmicas en el agroecosistema autoregulador. Academia de Ciencias de la Federación Rusa. Materiales de la segunda conferencia rusa de ácidos húmicos. Moscú. P. 225

<sup>98</sup> LEVINE, Mike. Effect of New Mex Humate Leachate Treatment on Heavy Metal Removal. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory. P. 258

<sup>99</sup> Tomado y adaptado de: <http://www.humintech.com/index034.html>

<sup>100</sup>ROLAND, Stulz. KIRAN Mukerji. Materiales de Construcción Apropriados. Revisado edición ampliado 1993, SKAT & IT Publications. Folleto electrónico.

<sup>101</sup> Adaptación del autor basado en Ecuador Petrolero. 2006

<sup>102</sup> Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. Guía de cultivos 2005.

<sup>103</sup>BERISTAIN, Carlos Martin; PAEZ ROVIRA, Dario. Palabras de la Selva. Estudio Socio Ambiental de los impactos de las actividades desarrolladas por la empresa Texaco en el distrito Amazónico. Editorial Madrid. Edición 2008. P. 47-68

<sup>104</sup>Adaptación del autor basado en Estudio de Impacto Ambiental del Campamento Base de WEATHERFORD ECUADOR S.A. en la ciudad del COCA. Por: Ing. Tanya Alvaro. Noviembre, 2005

<sup>105</sup>Adaptación del autor basado en Libro de datos del Gobierno Provincial de Orellana. Departamento de Cultura. Sra. Jenny Altamirano. Responsable.

<sup>106</sup>Adaptación del autor basado en Plan de Desarrollo Cantonal (Joya de los Sachas). 2006. Disco magnético.

<sup>106</sup>Adaptación del autor basado en ORTIZ DE VILLALBA, Juan Santos. 1996. "Tres nombres y una voz". Primera Edición. Nuevo Rocafuerte-Ecuador. Sin páginas.

<sup>107</sup>Adaptación del autor basado en Plan de Desarrollo Cantonal (Joya de los Sachas). Disco Magnético.

<sup>108</sup>Adaptación del autor basado en Informe del Estado Forestal del país. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2009. Documento electrónico.

<sup>109</sup>Adaptación del autor basado en Libro de recopilación de datos de la Provincia de Orellana. 2006. Arq. Mauricio Ruiz. Dirección de Planificación de Orellana.

<sup>110</sup> Servicio meteorológico del Aeropuerto Francisco de Orellana. Ciudad del Coca. Sr. Patricio Hernández.

<sup>111</sup> EIA Campamento Base. Weatherford Ecuador.

<sup>112</sup> Plan de Desarrollo Cantonal (Joya de los Sachas).

<sup>113</sup>Datos proporcionados por el Sr. Darío Carvajal Guardia de la Estación de bombeo EP Petroecuador y colindante de la propiedad Sr. Luis Bermeo.



- <sup>114</sup> STRASBURGER Y COLABORADORES. Curso de Introducción a la Nutrición Vegetal. Octava Edición. Ediciones Omega S.A. 1998
- <sup>115</sup> LINDORF, H. L. de Parisca & P. Rodriguez. 1991. Botánica. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca de Caracas. P. 86, 92.
- <sup>116</sup> GOLA, G. G. Negri & C. Capelletti. 1999. Tratado de Botánica. Edición Labor S.A. Libro electrónico. Sin páginas.
- <sup>117</sup> MOORE, R., W. Dennis Clark & K. R. Stern. 1995. Botany. Wm. C. Brown Publishers. P. 64
- <sup>118</sup> RAVEN, P.H.; Evert R.F. & S.E. Eichhorn. 1991. Biología de las plantas. 2 volúmenes. Edición. Reverté. Libro electrónico. Sin páginas.
- <sup>119</sup> LEE. D. W. & J.B. Lowry. 1979. Abaxial antocianin layer in leaves of tropical rain forest plants: enhacer of light capture in deep shade. Biotropica. 11:70-77
- <sup>120</sup> CARLTON, W. M. 1961. Laboratory Studies in General Botany. John Wiley & Sons. P. 133.
- <sup>121</sup> MOORE. R. ,W, Dennis Clark & K. R. Stern. 1995. Botany. Wm C. Brown Pub. P. 77-79
- <sup>122</sup> Gleb Vsevolodovich Dobrovolskiy (Глеб Всеволодович Добровольский). Curso de Edafología. Editorial Mir, Moscú, 2006. P. 234-237. Traducción Dr. GUALOTO, Miguel.

## ANEXOS

## Anexo N°1



MAPA POLITICO DEL CANTON JOYA DE LOS SACHAS

## Anexo N°2

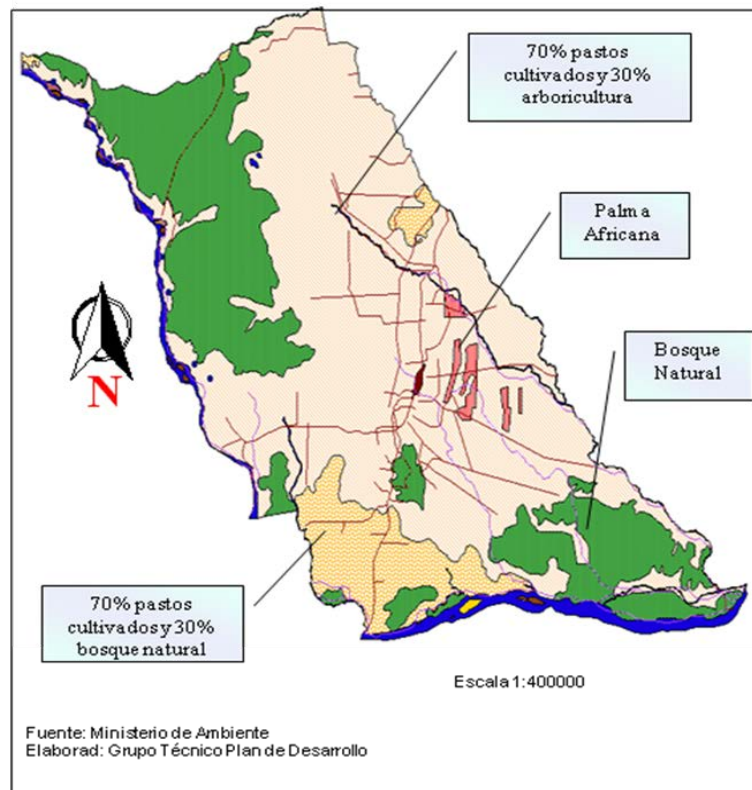
## Productos cultivables en el Cantón Joya de los Sachas

Producto	Hectareas cultivadas	Rendimiento /Has.	Total Rend.
Plátano	1000	650 racimos	65000 racimos
Maíz	1500	20 qq	30000 qq
Cacao	600	25 qq	1250 qq
Arroz	800	40 qq	32000 qq
Café	20000	222 qq	4440000 qq
Yuca	100	220 qq	22000 qq
Frutales	60	300000unid.	18000000 unid.
Palmito	1000	12000 tallos	12000000 tallos
Palma	500	10 toneladas	5000 toneladas
Maní	5	15 qq	75 qq
Pimienta	50	150 qq	7500 qq

FUENTE: U.M.D.S. (Unidad Desarrollo Sustentable del Consejo Provincial de Orellana).2008

## Anexo N°3

## Usos de Suelo del Cantón Joya de los Sachas



USO ACTUAL	Ha.	%
Bosque natural	14207,106	4,82%
Pastos naturales	230,422	0,08%
70% bosques naturales y 30% pastos naturales	102,651	0,03%
Palma africana	1127,474	0,38%
Pastos cultivados	28,352	0,01%
50% pastos cultivados y 50% pastos naturales	44,128	0,01%
70% bosques naturales y 30% café	56898,683	19,31%
70% pastos cultivados y 30% café	134432,424	45,62%
70% pastos cultivados y 30% bosque natural	20.494.334	6,95%
Cuerpos de agua	66989,04	22,73%
Urbano	101,981	0,03%
	294652,55	100,00%

#### Anexo N°4 Vía Joya de los Sachas-Coca



#### Anexo N°5 Hormiga en hoja seca



**Anexo N°6 Vista general de la plantación**



**Anexo N°7 Pueraria cultivada en la plantación**



### Anexo N°8 Desbroce de la pueraria alrededor de la corona



### Anexo N°9 Aplicación de Zeolita y Puzolana



**Anexo N°10 Homogeneización de mezcla (Zeolita y Puzolana)**



**Anexo N° 11 Aplicación de la mezcla en la corona de la planta**



**Anexo N° 12 Humato 7 Plus**



**Anexo N° 13 Muestreo de suelo****Anexo N° 14 Procedimiento para método de cuarteo**



**Anexo N° 15 Pesado de la muestra de suelo****Anexo N°16 Empacado de la muestra de suelo en papel aluminio**



Anexo N°17 Un kilogramo de suelo para enviar a laboratorio



**Anexo N° 18 Medición de altura de la planta****Anexo N° 19 Medición de altura de la lanza**



**Anexo N° 20 Muestra de pigmentación verde claro de la lanza y hoja (bloque experimental)**





## Anexo N°22

## MUESTREO 29 NOVIEMBRE 2009 – LOTE EXPERIMENTAL

## Altura de la lanza (cm)

F1	F2	F3	F4
28	31	16	36
27	47	52	37
51	42	41	
18	45	50	
17	18	40	
16	43	30	
20	43	24	
23	40	20	
43	26	38	
40	45	38	
47	33	26	
42	45	28	
27	32	40	
52	37	37	
30	28	30	
25	39		
30	28		
19			
45			
77			

**Altura de la planta**

<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
42	58	49	66
52	75	79	77
72	70	82	
54	72	80	
45	45	67	
47	75	64	
45	75	60	
38	63	58	
64	51	64	
69	70	73	
76	54	57	
66	73	43	
57	62	70	
81	58	67	
52	55	63	
43	61		
51	57		
35			
69			
48			

LANZA- EXPERIMENTO		Incremento
29/11/2009	11/02/2010	
28	29,2	1,2
27	29	2
51	53	2
18	21	3
17	19	2
16	20	4
20	24	4
23	27	4
43	46	3
40	43	3
47	51,2	4,2
42	48	6
27	33	6
52	58	6
30	34	4
25	27	2
30	32	2
19	21	3
45	47	2
77	90	13
31	32	1
47	48	1
42	44	2
45	46	1
18	21	3
43	47	4
43	44	1
40	42	2
26	27	1
45	46	1
33	35	2
45	56	1
32	33	1
37	39	2
28	30	2
39	40	1
28	29,3	1,3
16	18	2
52	53	1
41	44	3



50	53	3
40	47	7
30	36	6
24	26	2
20	25	5
38	36	
38	39	1
26	27,3	1,3
28	29	1
40	45	45
37	39	2
30	33	3
36	66	30
37	77	40

ALTURA-PLANTA		Incremento
29/11/2009	11/02/2010	
42	52	10
52	60	8
72	80	8
54	56	2
45	55	10
47	51	4
45	49	4
38	46	8
64	70	6
69	80	11
76	93	17
66	74	8
57	62	5
81	89	8
52	63	11
43	62	19
51	70	19
35	42	7
69	76	7
48	58	10
58	64	6
75	83	8
70	86	16
72	83	11
45	55	10
75	86	11
75	90	15
63	77	14
51	69	18
70	84	14
54	69	15
73	89	16
62	74	12
58	67	9
55	62	7
61	76	15
57	91,5	34,5
49	55	6
79	93	14
82	142	60

80	96	16
67	79	12
64	70	6
60	83	23
58	67	9
64	73	9
73	81	8
57	67	10
43	54	11
70	89	19
67	80	13
63	78	15
66	89	23
77	81	4

## MUESTREO 11 FEBRERO 2010 – LOTE EXPERIMENTAL

### Altura de la lanza

F1	F2	F3	F4
29,2	32	18	38
29	48	53	41
53	44	44	
21	46	53	
19	21	47	
20	47	36	
24	44	26	
27	42	25	
46	27	36	
43	46	39	
51,2	35	27,3	
48	56	29	
33	33	45	
58	39	39	
34	30	33	
27	40		
32	29,3		
21			
47			
90			

**Altura de la planta**

<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
52	64	55	89
60	83	93	81
80	86	142	
56	83	96	
55	55	79	
51	86	70	
49	90	83	
46	77	67	
70	69	73	
80	84	81	
93	69	67	
74	89	54	
62	74	89	
89	67	80	
63	62	78	
62	76		
70	91,5		
42			
76			
58			

**MUESTREO 29 NOVIEMBRE 2009 – LOTE TESTIGO****Altura de la lanza**

<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>
30	22	20
25	36	54
34	45	38
22	27	47
12	34	36
14	44	33
16	47	22
28	42	26
51	29	36
33	41	41
28	30	19
28	51	23
35	29	26
46	33	35
26	29	
31	43	
22	35	
47	27	
38	35	
27	22	

**Altura de la planta**

<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
40	46	40
49	65	71
66	66	75
50	58	69
40	49	53
37	70	66
41	66	54
30	69	35
58	50	42
65	68	57
66	51	49
58	68	33
58	59	66
77	47	52
51	59	
36	48	
48	50	
28	37	
55	49	
41	63	

**MUESTREO 11 FEBRERO 2010 – LOTE TESTIGO****Altura de la lanza**

<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>
32	24	22
27	38	56
36	52	44
24	35	51
17	40	38
16	46	34
22	50	28
33	44	29
55	31	38
35	44	52
33	38	22
31	55	30
42	35	37
50	37	39
27	32	
32	48	
26	41	
51	35	
41	40	
33	26	



**Altura de la planta**

<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
42	53	55
52	73	74
69	70	86
52	62	73
45	56	62
44	83	68
44	74	59
37	79	48
62	62	55
69	72	59
72	62	59
64	75	43
66	62	73
85	52	61
77	67	
46	55	
58	63	
35	41	
75	52	
56	69	

LANZA- TESTIGO		Incremento
29/11/2009	11/02/2010	
30	32	2
25	27	2
34	36	2
22	24	2
12	17	5
14	16	2
16	22	6
28	33	5
51	55	4
33	35	3
28	33	5
28	31	3
35	42	7
46	50	4
26	27	1
31	32	1
22	26	4
47	51	4
38	41	3
27	33	6
22	24	2
36	38	2
45	52	7
27	35	8
34	40	6
44	46	2
47	50	3
42	44	2
29	31	2
41	44	3
30	38	8
51	55	4
29	35	6
33	37	4
29	32	3
43	48	5
35	41	6
27	35	8
35	40	5
22	26	4

20	22	2
54	56	2
38	44	6
47	51	4
36	38	2
33	34	1
22	28	6
26	29	3
36	38	2
41	52	11
19	22	3
23	30	7
26	37	11
35	39	4

PLANTA- TESTIGO		Incremento
29/11/2009	11/02/2010	
40	42	2
49	52	3
66	69	3
50	52	2
40	45	5
37	44	7
41	44	3
30	37	7
58	62	4
65	69	4
66	72	6
58	64	6
58	66	8
77	85	8
51	77	26
36	46	10
48	58	10
28	35	7
55	75	20
41	56	15
46	53	7
65	73	8
66	70	4
58	62	4
49	56	7
70	83	13
66	74	8
69	79	10
50	62	12
68	72	4
51	62	11
68	75	7
59	62	3
47	52	5
59	67	8
48	55	7
50	63	13
37	41	4
49	52	3
63	69	6

40	55	15
71	74	3
75	86	11
69	73	4
53	62	9
66	68	2
54	59	5
35	48	13
42	55	13
57	59	2
49	59	10
33	43	10
66	73	7
52	61	9

## Anexo N°23

## VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA INVESTIGACIÓN

Costo Total = A+B+C+D

## A: Costo de mano de obra directa

Ítem	Denominación	Cantidad	Unidad	V. Unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Transporte del investigador	4	Mes	7.00	28.00
2	Alimentación	3	Día	5.00	15.00
3	Siembras microbiológicas	4	--	20.00	80.00
				<b>Total (USD)</b>	<b>123.00</b>

## B: Costos directos

Ítem	Denominación	Cantidad	Unidad	V. Unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Muestra de suelo	7	kg	--	--
2	Análisis de laboratorio	5	muestras	60.00	300.00
3	Zeolita	3	q	7.00	21.00
4	Puzolana	3	q	2.50	7.50
5	Humato	1	lt	13.00	13.00
				<b>Total (USD)</b>	<b>341.5</b>

**C: Costos de materiales y equipos de trabajo**

<b>Ítem</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
1	Romanilla	1	--	3.50	3.50
2	Termómetro de barrilla	1	°C	12.00	12.00
3	Bomba de fumigación	1	Lt	22.00	22.00
4	Fundas ziploc	1	--	1.00	1.00
5	Papel aluminio	1	--	0.60	0.60
6	Papel absorbente	1	--	1.20	1.20
7	Herramientas de jardinería (pala, rastrillo, etc.)	1	--	6.00	6.00
8	Envase plástico (1 litro)	1	Lt	2.00	2.00
9	Tanque plástico (10 galones)	1	Lt	13.00	13.00
10	Plástico	2	M	2.20	4.40
11	Tubo plástico de 2"	1	M	3.00	3.00
				<b>Total (USD)</b>	<b>68.70</b>

**D: Reactivos**

<b>Ítem</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
<b>1</b>	Agua destilada	8	lt	1.00	8.00
<b>2</b>	Peachímetro	1		50.00	50.00
<b>3</b>	Conductivímetro	1		50.00	50.00
				<b>Total (USD)</b>	<b>108.00</b>

**Costo Total de la Investigación en el área de estudio y por hectárea:**

<b>A</b>	123.00		
<b>B</b>	341.5		
<b>C</b>	68.70		
<b>C</b>	108.00		
<b>Total (USD)</b>	<b>641.20</b>	<b>Total/Ha (USD)</b>	<b>4208.60</b>





## GLOSARIO

### A

**Acidificación.**-Fenómeno consistente en la aparición de un desequilibrio en el suelo que ocasiona la pérdida de cationes (principalmente  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ), y produce la consiguiente disminución del pH. La acidificación se debe generalmente a: pérdida por lavado, extracción de las cosechas, adición de productos ácidos.

**Agroquímico.**- Productos químicos que se usan en la agricultura. Ejemplos: abonos y plaguicidas.

**Agroecológico.**-Ciencia que estudia las relaciones de los sistemas silvoagropecuarios con el medio ambiente, incorporando aspectos sociales y económicos.

**Agrocenosis.**-Resulta de la unión del ecosistema con la gestión agraria. Una de las características es que el control ejercitado por el hombre sobre los componentes bióticos y abióticos del agro ecosistema solo es parcial. La estructura y las funciones de los agro ecosistemas, como expresiones directas de la sociedad de donde derivan, están sujetas a las mutaciones inducidas por la evolución histórica de la comunidad humana. Funcionan mediante dos flujos de energía: el primero es el flujo de energía primaria proveniente de la energía solar, el segundo es el flujo energético auxiliar, controlado por el agricultor.

**Alúmina.**-Óxido de aluminio que se halla en la naturaleza algunas veces puro y cristalizado, y por lo común formando, en combinación con la sílice y otros cuerpos, los feldespatos y las arcillas.

**Alcalino.**-Término utilizado para describir las sustancias que tienen un valor por encima de 7 en la escala de pH.

**B**

**Barbecho.-** Antigua práctica agraria que consistía en dejar una parte de las tierras de labor sin cultivar.

**C**

**Catión.-** Ion con carga +. Por ejemplo  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , etc. Una disolución en la que hay cationes suele ser básica.

**Colémbolos.-** Orden de insectos de pequeño tamaño, que se caracterizan por la ausencia de alas y por su desplazamiento a grandes saltos. Viven en el suelo.

**Coloide.-** Suspensión de sólidos finamente divididos que no se sedimentan fácilmente, pero que pueden ser eliminados por coagulación.

**Croma.-** La pureza, la fuerza o saturación relativas de un color; directamente relacionadas con la dominancia de la longitud de onda de la luz determinante e inversamente relacionado con la coloración gris. Una de las tres variables del color.

**E**

**Edafología.-** Ciencia que estudia el suelo en su composición, estructura, clasificación, formación y potencialidades agrícolas.

**Encalamiento.-** Aportación de enmiendas cálcicas o cálcico magnésicas a un suelo, para mejorar las condiciones físico-químicas: pH, estructura, calcio y magnesio.

**Erosión genética.**-Pérdida o disminución de diversidad genética.

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

**Estrés hídrico.**-Proceso que provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, etc.) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina, etc.).

## F

**Fanerógama.**-Son vegetales vasculares (plantas que contienen células diferenciadas que forman el tejido vascular, el cual comprende el xilema y el floema, el tejido vascular transporta agua y nutriente a través de la planta y le da además fortaleza y sostén) que tienen la característica de poseer : raíz, (con la capacidad para absorber agua), tallo (es un sistema conductor para transportar el agua absorbida hacia las hojas y los alimentos elaborados hacia la raíz), hoja (es un órgano fotosintético productor de alimentos y captador de luz).

**Fertilización.**-Aplicación de fertilizantes minerales u orgánicos a los cultivos. Cantidades de fertilizantes aplicados a un cultivo.

## G

**Granulometría.**- Distribución de los tamaños de las partículas de un fertilizante.

## H

**Halófito.**-Planta que requiere o tolera un ambiente salino.

**Hidrofílico.**-Aquellas sustancias que tienen afinidad con el agua.

**Hidrofóbico.**-Aquellas sustancias que no son miscibles con el agua.

**Hue.**-o Matiz. Una de las tres variables del color. Se produce por la luz de ciertas longitudes de onda y cambia con las variaciones de la misma.

## I

**Iluviación.**-Formación de un depósito de partículas del suelo suspendidas o disueltas, arrastradas de los horizontes superiores por las aguas de percolación, en algún horizonte edáfico inferior.

**Infiltración.**-Cuando el agua penetra al subsuelo es gradualmente conducida a capas más profundas y puede penetrar a través de los mantos rocosos subterráneos, pasando entre sus pequeñas grietas. A este fenómeno se le llama infiltración.

## L

**Lanza.**-Parte interior y más apiñada y tierna de la palma.

**Litológico.**-Se aplica al ciclo geológico que incluye el proceso de formación, destrucción y transformación de una roca en otra.

**Lixiviación.**-Pérdida de elementos nutritivos solubles arrastrados por el exceso de agua (agua de gravitación) a horizontes más profundos del suelo.

## **M**

**Macroelementos.**-Son elementos primarios y secundarios.

**Metabolito.**-Producto derivado de la transformación en el organismo del contaminante presente en el ambiente y que ha sido absorbido.

**Micro aspersión.**-Sistema que se caracteriza por aplicar el agua en un punto específico en forma de lluvia fina o de niebla, permite uniformidades de riego muy altas, es excelente para usarse en sistemas de ferti-irrigación.

**Microelementos.**-u Oligoelementos. Son el Boro, Cloro, Hierro, Cobre, Cinc, Manganeso y Molibdeno. Son necesarios para activar ciertas enzimas. Para la mayoría de los cultivos se requieren solo de pocos gramos a algunos kilos por hectárea de estos nutrientes menores y más de esto puede ser realmente perjudicial, especialmente de boro y molibdeno.

**Microflora.**-Está representada por hongos, algas unicelulares y vegetales microscópicos que se encuentran en un suelo

**Microfauna.**-o microbentos al conjunto de organismos microscópicos, en su mayoría protistas, que se encuentran en varios ecosistemas, como el suelo y los sedimentos marinos o de los lagos.

**Morrena glacial.**-Sedimento depositado directamente por un glaciar. El glaciar baja desde alturas considerables y arrastra los materiales que encuentra en su camino.

**P**

**Ppm (Partes por millón).**-Unidades de peso de determinado elemento o sustancia, por un millón de unidades de peso de suelo. En el caso de líquidos, una unidad de peso del soluto en un millón de partes en peso de la solución.

**Plasticidad.**-Plasticidad es la propiedad que tienen algunos suelos de deformarse sin agrietarse, ni producir rebote elástico.

**Permeabilidad.**-Propiedad de una roca o material inconsolidado que permite el pasaje de fluidos sin alterar su estructura o desplazar sus partes.

**Proceso edafogenético.**-Incorporación de materia orgánica procedente de los despojos de la vegetación, así como en la aportación de

**Procesos biogeoquímicos.**-Trayectoria de los elementos químicos entre los organismos y el ambiente, es decir, entre los componentes bióticos y abióticos de la biosfera.

**Procesos pedogenéticos.**-Procesos relativos a la formación de un suelo.

**R**

**Roca sedimentaria.**-Son rocas formadas en la superficie de la tierra, resultantes de la acción de agentes de erosión y de transporte o de fenómenos físicos o químicos.

**S**

**Salinidad.**-Contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua.

**Suelos A-E-Bh-Bs-C.**-Nomenclatura de horizontes de suelo. Se utilizan letras mayúsculas para los horizontes principales (O, A, B, C, E) y transicionales (AC, BA, BC, AE, A/B, A/C, etc.) y letras minúsculas a manera de sufijos para indicar características o rasgos adicionales del horizonte (a, b, k, m, z, p, t, ss, n, etc.). También se utilizan prefijos numéricos para indicar discontinuidades litológicas (Ej. A – AC – C – 2Ckm) y sufijos numéricos para indicar subdivisiones dentro de un horizonte (Ej. A<sub>1</sub>- A<sub>2</sub>; Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>- Bt<sub>3</sub>).

**Sustentabilidad.**-La capacidad de una sociedad humana de apoyar en su medio ambiente el mejoramiento continuo de la calidad de vida de sus miembros para el largo plazo; la sustentabilidad de una sociedad es función del manejo que ella haga de sus recursos naturales y puede ser mejorada indefinidamente

**Solum.**-La parte superior y más intemperizada del perfil del suelo, los horizontes A y B.

**Sustrato.**-Material que es transformado por las enzimas.

## T

**Taxón, Taxa (plural).**-Unidad taxonómica de cualquier jerarquía. Por ejemplo, una familia, un género o una especie.

## V

**Value.**-La intensidad o tenuidad relativas del color, que aproximadamente es una función de la raíz cuadrada de la cantidad total de luz. Una de las tres variables del color.