

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA SALUD DE LOS SUELOS CON CULTIVO DE  
SOYA (*Glycine max*), EN EL MUNICIPIO DE YAPACANI DEL  
DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ**

Miguel Angel Lopez Mamani

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2017**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

EVALUACIÓN DE LA SALUD DE LOS SUELOS CON CULTIVO DE SOYA  
(*Glycine max*), EN EL MUNICIPIO DE YAPACANI DEL DEPARTAMENTO DE  
SANTA CRUZ

*Tesis de Grado Presentado como requisito  
Para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**Miguel Angel Lopez Mamani**

**ASESORES**

Ing. Ph.D. Vladimir Orsag .....

Ing. M.Sc. Juan José Vicente .....

Ing. Carlos Martínez Fuentes .....

**Tribunal Examinador:**

Ing. Ph.D. Roberto Miranda Casas .....

Ing. M.Sc. Fernando Manzaneda .....

Ing. M.Sc. Windson July Martinez .....

**Aprobado**

Presidente Tribunal Examinador: .....

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada con mucho cariño:

Al suelo, por ser el sostén de la vida, abrir mi curiosidad y por llegar hacer una más de las pasiones que tengo, por hacerme entender que es un mundo más grande de lo yo esperaba.

Al agricultor, por su esfuerzo su dedicación y constante apasionamiento del descubrimiento de lo que lo rodea y así comprender lo que sucede con su entorno llegando a ser un investigador más.

A todos los profesionales que día a día tienen contacto con el medio ambiente rural (ingenieros ambientales, biólogos, químicos, físicos, veterinarios, geólogos, agrónomos entre otros) que trabajan por la ciencia, investigando, conociendo y comprendiendo, dando respuestas a muchas interrogantes que tenemos.

A Dios, a mis padres y a toda la familia como también a todas las personas que trabajaron y apoyaron en esta investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la oportunidad de realizar este trabajo y por guiarme, cuidarme y mostrarme el camino en los momentos más necesitados.

A mis padres por apoyarme tanto en las buenas como en malas, en las subidas y bajadas que se generaron en el camino de esta carrera y por siempre recomendarme lo mejor.

A la Universidad Mayor de San Andrés como también a la Facultad de Agronomía y a la Carrera de ingeniería Agronómica por permitirme ser parte de esta gran y prestigiosa casa de estudios.

A Mis asesores y revisores (Ph. D. Vladimir Orsag; M.Sc. Juan José Vicente; Carlos Martínez Fuentes; M.Sc. Fernando Manzaneda; M.Sc. Windson July Martinez por sus opiniones y necesarias correcciones, para que este trabajo quede finalizado, pero en especial a Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas porque sin su ayuda no hubiera aprendido tanto del sistema y recurso suelo.

A los ingenieros y licenciados: Lic. Heidi R. Mamani; Lic. Bianca Guzman; Ing. Jorge Chungara; Ph. D. Oswaldo Ramos; Ing. Oswaldo Diaz, entre otros.

A la federación de comunidades indígenas de Yapacani en especial a Julian Torrico dirigente máximo de la ferderacion como a Guillermo Diaz, Francisco Diaz, entre otros, por ayudarme en todo el proyecto por su hospitalidad, cordialidad y amistad.

A la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno a la Carrera de Ingeniería Agronómica dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

A mis amigos: Elizabeth Foronda, Lucia Lafuente, Carlos Mollo, Alvaro Copa, Mauricio Cussi, Ayde, Isabel Choque, Jane Roque, Alba Gaby, Yolanda Machaca, Delia Quispe, Heriberto Huanca, Jahel Calcina, Monica Luque, Rossy Marca, Susam Yujra, Marco Lopez Alejandro Chuquimia entre otros buenos amigos.

# INDICE

<b>1.INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.Justificación .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.Objetivo general .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.Objetivo especifico .....</b>	<b>2</b>
<b>2.REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.El suelo .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1.Salud del suelo.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2.Índice de calidad y salud del suelo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3.Textura.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.4.Densidad aparente.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.5.Humedad del suelo.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.6.Porosidad.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.7.Estabilidadestructural.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.8.Reaccióndelsuelo(pH).....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.9.Conductividad eléctrica.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.10.Capacidad de intercambio catiónico.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.11.Materia orgánica.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.12.Relación C/N.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.13.Ácidos húmicos y fulvicos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.14.Producción de dióxidos de carbono del suelo.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.Análisis cualitativo de suelos.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1.Cromatografía de suelos.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1.1.Procedimiento de elaboración de la cromatografía.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1.1.1.Procedimiento de campo .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1.1.2.Procedimiento en laboratorio .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1.1.3.Interpretación de la cromatografía.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.Cultivo de soya.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.1.Descripción botánica.....</b>	<b>25</b>

2.3.2.Composición química.....	26
2.3.3.Expansión agrícola de la soya.....	26
2.3.4.Soya agrícola de Latinoamérica.....	27
2.3.5.Expansión de la soya en Latinoamérica.....	28
2.3.6.Expansión de soya en Bolivia.....	28
2.3.7.Épocas de siembra de a soya en Bolivia.....	30
2.3.8.Rendimiento de soya en Bolivia.....	30
<b>3.MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1.Materiales .....	31
3.2.Metodología.....	32
3.2.1.Localización.....	32
3.2.1.1.Características Climáticas .....	32
3.2.2.Metodología del muestreo del suelo.....	37
3.2.3.Caracterización de los sistemas de producción.....	38
3.2.4.Metodología para la determinación de propiedades físicas, químicas, biológicas y cromatograficas.....	38
3.2.5.Metodologías para el cálculo de índice de calidad y salud del suelo....	40
3.2.6.Metodología del análisis cromatografico.....	40
3.2.7.Análisis estadístico cromatografico.....	41
<b>4.RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>42</b>
4.1.Caracterización de los sistemas de producción.....	42
4.1.1.Cultivos.....	42
4.1.2.Prácticas culturales .....	43
4.2.Propiedades físicas .....	45
4.2.1.Textura.....	45
4.2.2.Densidad aparente.....	46
4.2.3.Porosidad.....	47
4.2.4.Estabilidad estructural (diámetro medio ponderado de los agregados)	48
4.2.5.Humedad gravimétrica.....	49

<b>4.3.Propiedades químicas.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3.1.pH.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3.2.Conductividad eléctrica.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3.3.Bases Intercambiable.....</b>	<b>52</b>
<b>4.3.3.1.Calcio.....</b>	<b>52</b>
<b>4.3.3.2.Magnesio .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3.3.3.Potasio.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3.3.4.Sodio.....</b>	<b>54</b>
<b>4.3.5.Materia orgánica.....</b>	<b>55</b>
<b>4.3.5.1.Ácidos húmicos y fulvicos.....</b>	<b>56</b>
<b>4.3.6.nitrógeno.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.7.Relación carbono/Nitrógeno.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.8.Fosforo disponible.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.Propiedades biológicas.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.1.Respiración del suelo.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.2.Índice de calidad y salud del suelo.....</b>	<b>61</b>
<b>4.5.Evaluación del método cromatografico del suelo para el diagnóstico de la salud del suelo .....</b>	<b>62</b>
<b>4.6.Propuesta de manejo sostenible del suelo para el cultivo de soya .....</b>	<b>88</b>
<b>5.CONCLUSIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>6.RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Rango de pH del suelo y su relación con la disponibilidad de nutrientes.	11
Figura 2. Proceso de transformación de los compuestos orgánicos	19
Figura 3. Proceso de la respiración del suelo	20
Figura 4. Método usado por USDA tubos drager	21
Figura 5. Método utilizado por Lessard Robert	21
Figura 6. Kit de equipo Solvita.	21
Figura 7. Método de incubación	21
Figura 8. Zonas de una cromatografía	24
Figura 9. Zonas productoras de soya en Santa Cruz	29
Figura 10. Ubicación de parcelas en el municipio de Yapacani	32
Figura 11. Parcela de 3 años con cultivo de soya comunidad Taruma	34
Figura 12. Parcela con 8 años de manejo con cultivo de soya comunidad Patujuzal II	35
Figura 13. Parcela de 12 años de manejo de cultivo de soya comunidad Patujuzal II	35
Figura 14. Parcela de 23 años de manejo de cultivo de soya comunidad de Patujuzal I.	36
Figura 15. Puntos de muestreo en el monte	37
Figura 16. Toma de muestra alrededor del punto base, división en sub parcelas	37
Figura 17. Profundidad de muestreo	38
Figura 18. Aplicación de agroquímicos de las parcelas en estudio	44
Figura 19. Flujo de carbono en el sistema de bosque tropical	61
Figura 20. (T1 I): Parcela con 3 años de manejo	63
Figura 21. (T1 II): Parcela con 3 años de manejo	64
Figura 22. (T1 III): Parcela con 3 años de manejo	65
Figura 23. (T2 I): Parcela con 8 años de manejo	66
Figura 24. (T2 II): Parcela con 8 años de manejo	67
Figura 25. (T2 III): Parcela con 8 años de manejo	68
Figura 26. (T3 I): Parcela con 12 años de manejo	69
Figura 27. (T3 II): Parcela con 12 años de manejo	70
Figura 28. (T3 III): Parcela con 12 años de manejo	71
Figura 29. (T4 I): Parcela con 23 años de manejo	72
Figura 30. (T4 II): Parcela con 23 años de manejo	73
Figura 31. (T4 III): Parcela con 23 años de manejo	74
Figura 32. (T0 I): monte virgen	75
Figura 33. (T0 II): Monte virgen	76
Figura 34. (T0 III): Monte virgen	77

## Índice de Tabla

Tabla 1. Indicadores de calidad y salud del suelo .....	5
Tabla 2. Valores del índice de calidad y salud del suelo .....	6
Tabla 3. Clasificación por tamaño de partículas en el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) .....	7
Tabla 4. Relación entre la textura, la Dap, Porosidad .....	7
Tabla 5. Valoración del pH en el suelo .....	11
Tabla 6. Valores de conductividad del suelo. ....	12
Tabla 7. Capacidad de intercambio catiónico de arcillas y humus.....	13
Tabla 8. Valores de CIC presentes en el suelo .....	14
Tabla 9. Relación de C/N en suelos .....	16
Tabla 10. Área cultivada, producción, consumo y exportación de los principales granos del mundo. ....	25
Tabla 11. Composición Química de soya en 100 g. de grano .....	26
Tabla 12. Área sembrada, producción y total mundial.....	27
Tabla 13. Área sembrada con soya y tasas de expansión anual en países del Mercosur.....	28
Tabla 14. Zonas productoras de Santa Cruz.....	29
Tabla 15. Parcelas seleccionadas.....	34
Tabla 16. Metodologías de análisis de laboratorio .....	38
Tabla 17. Variedades del cultivo de soya transgénica.....	42
Tabla 18. Año agrícola de los productores .....	43
Tabla 19. Plagas, enfermedades y plaguicidas utilizados por los comunarios.....	44
Tabla 20. Rendimientos de la Soya en las parcelas estudiadas .....	45
Tabla 21. Clases textural de las parcelas en estudio con cultivo de soya .....	46
Tabla 22. Efecto de cultivo intensivo en suelos Brasileños .....	49
Tabla 23. Resumen de regresión y correlación de color.....	80
Tabla 24. Resumen de regresión y correlación de forma radial.....	82
Tabla 25. Resumen de regresión y correlación con la interacción.....	85
Tabla 26. Resumen de regresión y correlación con la terminación .....	87
Tabla 27. Valoración de la regresión y correlación de importancia.....	88
Tabla 28. Rotación agrícola de la soya propuesta por la ANAPO .....	90

## Índice de grafico

Gráfico. 1. Principales productores de soya .....	27
Gráfico. 2. Crecimiento del cultivo de soya en Bolivia, ha. ....	30
Gráfico. 3. Rendimiento de la soya en Bolivia Tm/ha .....	30
Gráfico. 4. Precipitaciones pluviales de la zona. Estación meteorológica San Juan de Yapacani .....	33
Gráfico. 5. Temperaturas de la zona en estudio. Estación meteorológica San Juan de Yapacani .....	33
Gráfico. 6. Valores de densidad aparente en las parcelas de diferentes años con cultivo de soya .....	46
Gráfico. 7. Porosidad de las parcelas en las parcelas de diferentes años con cultivo de soya .....	47
Gráfico. 8. Comparación de los suelos en estudio a diferentes profundidades....	48
Gráfico. 9. Diámetro medio ponderado de las partículas de las parcelas .....	49
Gráfico. 10. Humedad gravimétrica de los suelos estudiados. ....	50
Gráfico. 11. pH de suelos estudiados.....	51
Gráfico. 12. Conductividad de suelos estudiados .....	51
Gráfico. 13. Calcio en suelos estudiados .....	52
Gráfico. 14. Magnesio de suelos estudiados .....	53
Gráfico. 15. Potasio de suelos estudiados .....	54
Gráfico. 16. Sodio de suelos estudiados .....	54
Gráfico. 17. Capacidad de Intercambio Catiónico en suelos estudiados .....	55
Gráfico. 18. Materia orgánica total en suelos evaluados. ....	56
Gráfico. 19. Ácidos húmicos en suelos evaluados .....	57
Gráfico. 20. Ácidos fulvicos en suelos evaluados .....	57
Gráfico. 21. Nitrógeno total de suelos estudiados .....	58
Gráfico. 22. Relación carbono nitrógeno en suelos evaluados .....	59
Gráfico. 23. Fosforo disponible en suelos estudiados .....	59
Gráfico. 24. Producción de CO <sub>2</sub> en suelos evaluados .....	60
Gráfico. 25. Valores de índice de calidad y salud del suelo global .....	61
Gráfico. 26. Regresión lineal del color con parámetros físicos químicos. ....	78
Gráfico. 27. Regresión de la formación radial .....	81
Gráfico. 28. Regresión de interacción con parámetros .....	83
Gráfico. 29. Regresión de terminación con parámetros.....	86

## RESUMEN

Los suelos agrícolas en la actualidad están sufriendo diferentes procesos de degradación, los cuales son considerados en muchos casos irreversibles. En ese sentido el presente trabajo realizado en el municipio de Yapacani en las comunidades de Patujuzal I, Patujuzal II y Taruma pretende evaluar el efecto del monocultivo de soya sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas en algunas parcelas con diferentes años de producción (3, 8, 12, 23 años), las características de estas parcelas nos demuestran que se pudo notar un cambio en la compactación del suelo, contenido de nutrientes, producción de CO<sub>2</sub>, entre otros. Esto debido a los años de manejo que se tiene de este cultivo.

Asimismo, analizando los parámetros físicos, químicos y biológicos de cada parcela, se pudo determinar el índice de calidad y salud del suelo y así también la utilidad de la cromatografía de suelos, para comprobar si este análisis cualitativo sería útil para diagnosticar el estado de este recurso de manera simple y por los propios comunarios.

Los resultados obtenidos demuestran que las parcelas cuentan con características de tener una buena calidad y salud del suelo pero pudiendo evidenciar que los valores más bajos dentro de la escala propuesta por Delgado el 2010, corresponderían a la parcela que presenta más años de manejo y producción del monocultivo de la soya, como también los análisis cromatográficos demuestran que existe cierta relación entre algunos parámetros tanto físicos, químicos y biológicos pudiendo determinar que este tipo de análisis es útil y práctico para una evaluación rápida del diagnóstico de la salud del suelo.

**Palabras Clave:** Salud del suelo; cultivo de soya; cromatografía

## SUMMARY

Agricultural lands are currently undergo several degradation processes, many of the cases with irreversible effects. In this context the present work carried out in Patujuzal I, Patujuzal II and Tairuma, Yapacani's communities, aim to evaluate the effect of soy monocultural practice in physical, chemical and biological soil properties on plots in 3, 8, 12 and 23 years of production respectively. The plots features shows that exist changes in soil compaction, nutrients content and CO<sub>2</sub> production among others properties due to the years of soybean cultivation.

Furthermore, analysing the physical, chemical and biological parameters of each plot, it was possible to determine the quality-health soil index and the soil chromatography utility aswell, being the last mentioned a cualitative analysis and compared as an useful and simple diagnostic tool for the comunaries use in order to determine the above-mentioned parameters.

Final results shows that evaluated plots are characterized by a good quality and health soil index yet lower soil quality index values in Delgado's scale (2010) correspond to the plot with more years in soybean monoculture management and production, aswell the chromatography analysis shows the correlation between some physical, chemical and biological parameters demonstrating its utility and convenience for an on site soil-health-evaluation diagnosis.

Keywords: Soil health; soybean cultivation; chromatography

## **1. INTRODUCCION**

Los agroindustriales han deforestado grandes superficies con el fin de cultivar soja para la exportación en el Brasil, Bolivia y el Paraguay, entre 1990 y 2010, la superficie forestal neta de la región de América Latina y el Caribe disminuyó en unos 87 Millones de ha, es decir, casi un 9 % (FAO, 2011). En particular, la cuenca del Amazonas, que contiene la superficie más extensa del mundo de pluviselva tropical, con una biodiversidad única, presenta una de las mayores tasas mundiales de deforestación.

Según Plá (2006) cada año más de 5 millones de ha son deforestadas en América latina, 3 millones en zonas tropicales húmedas, 0.5 millones en zonas montañosas, y 2 millones en otros bosques en zonas subhúmedas y subtropicales. Los procesos de erosión afectan en diferente grado, casi un 50% de tierras cultivadas y casi dos millones de Ha de tierras con pastoreo también se considera que ya más de 300 millones de Ha están afectadas por diferentes tipos y grados de degradación de suelos, entre ellas 100 millones por deforestación y alrededor de 80 millones por sobre pastoreo.

Según Vargas (2006) el 41% de los suelos del territorio nacional sufre procesos de degradación abarcando una superficie de más de 45 millones de ha, que comprende gran parte de los departamentos de Oruro, Potosí, Chuquisaca y Tarija, el 32% del Departamento de La Paz, el 46% de Cochabamba y el 33% de Santa Cruz (Chávez, citado por Vargas 2006). Algunos hablan incluso de desertificación en estas zonas mencionadas.

### **1.1. Justificación**

Actualmente se está dando mucha importancia a la salud del suelo, debido que este análisis nos ayudara a entender de mejor manera la relación existente entre los parámetros físicos, químicos y biológicos. Para conseguir un manejo sostenible y sustentable del suelo, por lo tanto se ve adecuado manejar indicadores de calidad

y salud del suelo ya que ayudara a tomar decisiones que sirvan para la conservación del recurso suelo.

El trabajo de investigación se planteó como una alternativa que nos indique el estado de parcelas con un manejo convencional, ya que es necesario tener evaluadores que reflejen los efectos de la utilización de maquinaria pesada, agroquímicos y la explotación de este recurso.

### **1.2. Objetivo general**

- Evaluar la salud de los suelos con cultivo de soya (*Glycine max*), en el municipio de Yapacani del departamento de Santa Cruz

### **1.3. Objetivo específico**

- Caracterizar los sistemas de producción del cultivo de soya en el municipio de Yapacani.
- Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas de importancia. Y evaluar su cambio en las parcelas con 3, 8, 12, 23 años de cultivo de soya.
- Evaluar la funcionalidad de la cromatografía de suelos, como herramienta de diagnóstico para la salud del suelo en el cultivo de soya.
- Proponer algunas propuestas para el manejo sostenible del suelo con el cultivo de soya.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. El suelo**

#### **2.1.1. Salud del suelo**

Según FAO (2011), La salud del suelo se ha definido como: “la capacidad del suelo de funcionar como un sistema vivo. Los suelos sanos mantienen una diversa comunidad de organismos del suelo que ayudan a controlar las enfermedades de las plantas, los insectos y las malas hierbas, forman asociaciones simbióticas beneficiosas con las raíces de las plantas, reciclan los nutrientes vegetales esenciales, mejoran la estructura del suelo con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo y, en última instancia, mejoran la producción agrícola”.

El término ‘salud del suelo’ es usado, según Doran y Zeiss citado por Delgado et al. (2000), para indicar la capacidad del suelo de funcionar como un sistema vital para mantener la productividad biológica, promoviendo la calidad ambiental y manteniendo la salud humana y animal. En este sentido apreciamos que la “salud del suelo” es sinónimo de sostenibilidad. Aunque existen diferencias en los términos ‘calidad del suelo’ y ‘salud del suelo’ se usan muchas veces como sinónimos.

Según Banegas (2014), La salud es definida como la condición de un organismo o alguna de sus partes de mantener normales sus funciones y propiedades vitales. Es decir, que la salud de suelo hace referencia a la “auto-regulación”, estabilidad y resiliencia del suelo como ecosistema. El termino salud de suelo describe la integridad biológica de la comunidad del suelo, y el balance entre los organismos del suelo, y entre mencionados organismos y el ambiente.

En los sistemas agrícolas, un suelo de alta calidad y salud provee un crecimiento productivo y sustentable de los cultivos con un mínimo impacto sobre el ambiente, gracias a su alta disponibilidad de nutrimentos y aireación, buena infiltración y retención de agua, buena estabilidad estructural y alto nivel de actividad biológica. Rosales *et al.* (2006).

Tanto que los conceptos de calidad y salud de suelos están estrechamente ligados en su utilización y que sus parámetros de evaluación son muy similares. Los indicadores de calidad y salud del suelo son propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden ser medidas en sentidos cualitativos y cuantitativos, que proveen de pistas acerca de que tan adecuadamente un suelo funciona, modo que los mejores indicadores serán aquellas propiedades que influyan significativamente sobre la capacidad del suelo para proveer cada función ( Gregorich, citado por Delgado *et al.* 2010)

Estos indicadores serán útiles para la facilitación de estrategias y acciones para la planeación territorial, el establecimiento de políticas, la toma de decisiones y para el aprovechamiento y conservación del sistema suelo. Como también nos dará a entender la sustentabilidad de las prácticas de manejo del suelo (Navarrete 2011).

Los indicadores que se utilizan comúnmente corresponden con las propiedades físicas, químicas, y biológicas. Debiendo cumplir con las siguientes condiciones (NRCS, 2004 citado por Navarrete)

- Que sean fáciles de medir.
- Que midan los cambios en las funciones del suelo.
- Que abarquen las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo.
- Que sean accesibles a los evaluadores y aplicables en condiciones de campo
- Que sean sensibles a las variaciones climáticas y de manejo.

Así mismo los indicadores de calidad y salud del suelo deben permitir.

- Analizar la situación actual del suelo con respecto a la funcionalidad específica que se evalúa.
- Identificar los puntos críticos respecto de su sustentabilidad.
- Prever los impactos de una intervención y minimizarlos.
- Ayudar en toma de decisiones.

Según a este criterio y analizando las condiciones edafoclimáticas se tomaron los siguientes indicadores que se observan en la tabla 1. Que permitan diagnosticar el estado de la salud del suelo en el caso del cultivo de soya.

**Tabla 1. Indicadores de calidad y salud del suelo**

indicadores de calidad y salud del suelo	
CUANTITATIVOS	
indicador	reaccion y funcion
<b>Físicos</b>	
textura	permeabilidad, capacidad de retencion de agua, porosidad, capacidad de intercambio cationico, estructura
Dap	porosidad, eireacion, erosion y productividad
Dr	compactacion de suelo
Porosidad	Retención y transporte de agua y nutrimentos; erosión del suelo.
DMP (estabilidad estructural)	fuerza de resistencia del suelo en contra las fuerzas desintegradoras del agua y la accion fisica externa
humedad gravimetrica	contenido de humedad de agua en el suelo
<b>Químicos</b>	
M.O.	Disponibilidad de nutrimentos, fertilidad del suelo, estabilidad de agregados, a mayor cantidad: disminución de la erosión y aumento del potencial productivo.
COT	actividad biologica
Nitrogeno total	forma parte estructural de la estructurqa de aminoacidos y proteínas, bases niv¿trogenadas y acidos nucleicos, enzimas y coenzimas, vitaminas, glico y liproteinas entre otros.
C/N	indice de la facilidad con que un material puede llegar a descomponerse
P disponible	forma estructural de esteres de carbohidratos, fosfolipidos, coenzimas, acidos nucleicos interviene en el procesos de almacenamiento y transferencia de energia
pH	Tiene influencia indirecta en los procesos quimicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biologicos y actividad mibrobiologica.
CE	Actividad microbiológica y de las plantas. Limitante para el crecimiento de las plantas y la actividad microbiológica.
Ca	disponibilidad de Ca para procesos fisiologicos determinados para la planta
Mg	disponibilidad de Mg para procesos fisiologicos determinados para la planta
Na	disponibilidad de Na para procesos fisiologicos y otros
K	disponibilidad de K para procesos fisiologicos determinados para la planta
CIC	designa el proceso de adsorcion y liberacion de cationes
<b>Biologicos</b>	
acidos humicos	grado de descomposicion de la materia organica
acidos fulvicos	grado de madures de la materia organica
respiracion de suelo	produccion de CO2 de los suelos producido por los micro organismos
caracteristica radial	evaluacion de la compactacion y estrés de la planta
<b>CUALITATIVOS</b>	
Cromatografia de suelos	imagen de la salud del suelo

**Fuente:** Propia

### 2.1.2. Índice de calidad y salud del suelo

El índice de calidad y salud del suelo es una ecuación matemática que trata evaluar y categorizar los valores de cada uno de los indicadores. Para la construcción del índice se consideró el índice de tipo aditivo (Andrews *et al*; citado por Rosales 2010)

$$Indice = \sum_{i=1}^k peso_i(x)_i$$

Donde:

**K:** número de indicadores

**Peso<sub>i</sub>:** peso del indicador i

**X<sub>i</sub>:** valor del indicador i del lugar que se quiere evaluar.

Es decir, para cada valor de los indicadores x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>,...,x<sub>K</sub> del MDS el índice tiene un valor entre 0 y 1, interpretándose el 1 como la mejor calidad y salud de dicho suelo.

La tabla 2. Muestra las categorías del índice de calidad y salud del suelo.

**Tabla 2. Valores del índice de calidad y salud del suelo**

Valor del indicador	Interpretación
0 y 0,1	Pobre
0,1 y 0,35	Regular
0,35 y 0,65	Bien
0,65 y 0,85	muy Bien
0,85 y 1,0	Excelente

**Fuente:** Delgado (2010)

### 2.1.3. Textura

Según Miranda (2004) la textura del suelo se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. Específicamente la clasificación de textura se basa en la cantidad de partículas menores a 2 mm de tamaño.

La importancia que denota Valencia (2004) es que la textura está íntimamente relacionado con la porosidad, estructura y drenaje, así como con la retención y disponibilidad de nutrimentos en función del contenido de material mineral (arcillas,

limos y arenas) que posee. Contribuye directamente con la capacidad de intercambio catiónico, además sirve para clasificar a los suelos, como gruesos, medios o finos, lo que permite dar recomendaciones para el uso, manejo y para implementar las prácticas de mejoramiento y conservación. En la tabla 3 se muestran a continuación la clasificación expresada por la USDA.

**Tabla 3. Clasificación por tamaño de partículas en el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)**

USDA $\phi$	( $\mu\text{m}$ )
Arena muy gruesa	2000 – 1000
Arena gruesa	1000 – 500
Arena media	500 – 250
Arena fina	250 – 100
Arena muy fina	100 – 50
Limo grueso	50 – 20
Limo fino	20 - 2
Arcilla	< 2

**Fuente:** Jordán (2006).

#### 2.1.4. Densidad aparente

Miranda (2004) señala que la densidad aparente es el peso del suelo por unidad de volumen total, este volumen incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. La densidad aparente es de gran importancia ya que permite conocer la compactación del suelo, el peso del suelo en el campo, permite inferir las dificultades para la germinación, enraizamiento y circulación del aire y el agua, como también nos permite ver los tamaños de los poros. En la tabla 4. Se muestra la relación existente entre textura, Dap y porosidad.

**Tabla 4. Relación entre la textura, la Dap, Porosidad**

Clase textural	Dap	% porosidad
arenoso	1,9-1,7	28-33
franco arenoso	1,7-1,5	33-42
franco limoso	1,5-1,3	42-51
arcilloso	1,3-1,1	51-60
humus	0,9	>60

**Fuente:** Miranda (2004)

### 2.1.5. Humedad del suelo

Según Jordán (2006) indica que existen tres tipos de agua en los suelos, los cuales son; agua de escorrentía, agua gravitacional y agua retenida:

- **Agua de escorrentía.**- Circula sobre y a través de los horizontes superiores, de manera paralela a la superficie del suelo. La escorrentía se forma tras el inicio de la lluvia sobre la superficie del suelo cuando existe una cierta pendiente, aunque sea muy baja. Para que se forme la escorrentía es necesario que el agua precipitada en un intervalo de tiempo determinado sea superior a la cantidad que el suelo puede absorber, bien por causa de sus características físicas, o bien porque se halle ya saturado por agua.
- **Agua gravitacional.** Es el agua que se infiltra por efecto de la fuerza de la gravedad a través de los macroporos y mesoporos del suelo (poros superiores a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro). Circula en sentido vertical u oblicuo (si existe cierta pendiente). Cuando la permeabilidad de los horizontes inferiores del suelo es muy baja, el agua gravitacional puede acumularse formando una capa de agua “suspendida” o “colgada” de carácter temporal.

Existen dos tipos de agua gravitacional:

- **Agua gravitacional de flujo rápido.** Circula a través de los poros de diámetro superior a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro durante las primeras horas después de la lluvia.
- **Agua gravitacional de flujo lento.** Circula durante varias semanas después de la lluvia a través de los poros de diámetro comprendido entre 50 y 10  $\mu\text{m}$ .
- **Agua retenida.** Es el agua que ocupa los mesoporos y microporos del suelo, donde las fuerzas capilares ascendentes son más fuertes que la gravedad.
- **Agua capilar.** Es el agua retenida en los mesoporos, y que es utilizable por las plantas.
- **Agua higroscópica.** Es el agua que queda retenida en los microporos, formando una película muy fina que recubre la pared de las partículas del suelo. Está tan fuertemente retenida que no es absorbible por las raíces.

### **2.1.6. Porosidad**

Según Chilon (s.f.), la porosidad es el volumen de espacio en el suelo, que se encuentra ocupado por el aire o agua en porciones variables. Es una razón que no tiene dimensiones y se expresa generalmente en porcentaje (por volumen).

Esta porosidad se divide en macroporos y microporos. La macroporosidad corresponde a los poros más grandes (mayores de 8 micras) por donde circula el agua y el aire. La microporosidad corresponde el volumen de los poros más finos (menos de 8 micras) que permiten el almacenamiento de agua. El valor de la porosidad es importante en las relaciones de humedad y aire que se sucede en el suelo. Este valor se obtiene mediante la fórmula:

$$\%P = \left(1 - \frac{Dap}{Dr}\right) * 100$$

%P = Porosidad en porcentaje

Dap = densidad aparente

Dr = densidad real

### **2.1.7. Estabilidad estructural**

Zanettini (2002) La estabilidad estructural es la habilidad del suelo para retener el agregado de las partículas y espacios porosos después de la aplicación de un estrés. Esta es a menudo medida como la estabilidad de los fragmentos del suelo expuestos a un estrés. La estabilidad estructural y la de los fragmentos son comúnmente usadas como sinónimos (Díaz-Zorita et al., citado por Zanettini 2002). Sin embargo, los fragmentos son normalmente más estables que la estructura del suelo La estabilidad de los fragmentos es un atributo de calidad sensible que indica tendencias al deterioro o recuperación del suelo

Según Castro (2003) Frecuentemente, la estabilidad se mide por tamizado en húmedo seguido de la determinación de la proporción de material que se encuentra por encima de un límite de tamaño determinado o, alternativamente, de la

distribución de los fragmentos que se originan después del tratamiento (Henin *et al*; citado por castro. 1958).

La forma de expresar los resultados de un ensayo depende de la naturaleza del método de medida. En aquellos ensayos en que se determina la distribución media de los fragmentos, la estabilidad se suele expresar por el diámetro medio ponderal (DMP). Otros índices usados habitualmente para expresar el estado de agregación de un suelo son el diámetro medio geométrico (DMG) o el índice de estabilidad de los agregados (IEA). (Castro 2003)

Castillo (2007), Afirma que la destrucción de los agregados del suelo es el inicio del proceso erosivo y ha sido usado como índice de erodabilidad. La evaluación de su estabilidad es muy útil para determinar el impacto de las prácticas de manejo sobre el suelo.

El mantenimiento de un buen estado de agregación y estabilidad de los agregados y consecuentemente, de una buena estructura es condición primordial para garantizar altas productividades agrícolas (Carpenedo y Mielniczuck, citado por Castro 1990). Suelos desestructurados y compactados generalmente presentan valores bajos de porosidad dificultando la penetración de las raíces y la difusión del oxígeno, además de disminuir la infiltración y favorecer por tanto la aparición de fenómenos de sellado en la superficie y la formación de escorrentía.

Según Jordán (2006) La formación de agregados se inicia con la formación de unidades de fábrica o micro agregados. La presencia de partículas cargadas eléctricamente permite explicar la interacción entre las partículas del suelo y el agua o entre las partículas minerales y los grupos funcionales de la materia orgánica humificada.

#### **2.1.8. Reacción del suelo (pH)**

Según Miranda (2004) La reacción de un horizonte del suelo hace referencia al grado de acidez o basicidad del horizonte, generalmente se expresa por medio de un valor pH. De esta manera el pH varía de 0 a 14, mientras que las varianzas del

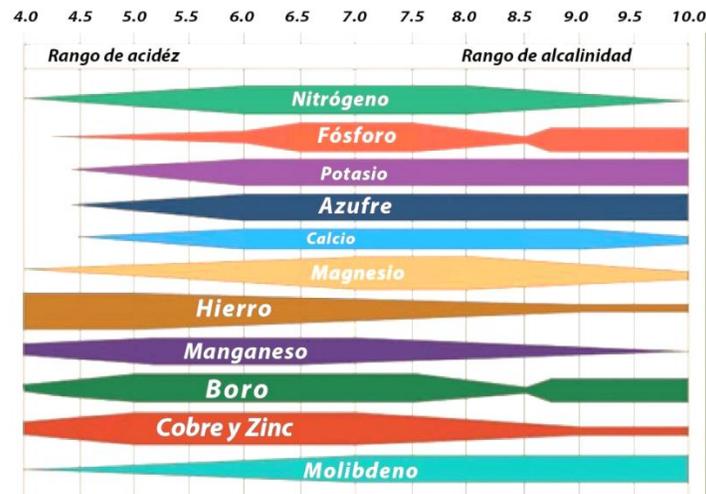
pH en el suelo fluctúan entre 3,5 a 8,5. La tabla 5 se muestra los valores de pH presentes en el suelo.

**Tabla 5. Valoración del pH en el suelo**

clases de pH en el suelo	
Valoración	VALOR
extremadamente ácido	3,5-4,4
muy fuertemente ácido	4,5-5,0
fuertemente ácido	5,1-5,5
moderadamente ácido	5,6-6,0
ligeramente ácido	6,1-6,5
neutral	6,6-7,3
ligeramente alcalino	7,4-7,8
moderadamente alcalino	7,9-8,4
fuertemente alcalino	>8,5

**Fuente:** ALBA, 2012

El efecto del pH sobre el crecimiento de las plantas ocurre a nivel de la nutrición. El pH del suelo influye en la tasa de liberación de nutrientes por meteorización, en la solubilidad de todos los materiales del suelo y en la cantidad de iones nutritivos almacenados en los sitios de intercambio catiónico. El pH es, pues una buena orientación para predecir cuales son los nutrientes que pueden encontrarse en estado deficitario (Gostinéar *et al.* 2006) la figura 1 muestrada a continuación demostrara las disponibilidad de nutrientes en los diferentes pH existentes en el suelo.



**Figura 1.** Rango de pH del suelo y su relación con la disponibilidad de nutrientes.

**Fuente:** Gostinéar *et al.* (2006)

Ibáñez (2007) afirma que el pH de un suelo es el resultado de múltiples factores, entre los que cabe destacar:

- Tipo de minerales presentes en un suelo
- Meteorización (de tales minerales y los que contiene la roca madre)
- Humificación en sentido amplio (descomposición de la materia orgánica)
- Dinámica de nutrientes entre la solución y los retenidos por los agregados
- Propiedades de los agregados del suelo y en especial lo que se denomina intercambio iónico

### 2.1.9. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la facilidad que ofrece el suelo al paso de la corriente eléctrica. La unidad se expresa en mmhos/cm, ds/m. indica la cantidad de sales presentes en el suelo. La USDA (1999), afirma que todos los suelos contienen algo de las sales, las cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo un exceso de sales inhibe el crecimiento de las plantas al afectar el equilibrio suelo-agua. Suelos que contengan exceso de sales aparecen naturalmente y también como resultado del uso y manejo del suelo. Las mediciones de conductividad eléctrica detectan la cantidad de cationes o aniones (sales) en soluciones. Cuando mayor es la cantidad de aniones y cationes tanto mayor será la lectura de la conductividad eléctrica. Los iones generalmente asociados con salinidad son  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$  (cationes) ó  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{OH}^-$  (aniones). La Tabla 6 muestra los valores de conductividad y su categorización de cada uno de ellos.

**Tabla 6. Valores de conductividad del suelo.**

C.E. $\text{mS cm}^{-1}$ milisiemens por cm	valoración
<0,6	no salino
0,6-1,2	poco salino
1,2-2,4	salino
2,4-6,0	muy salino
>6,0	hipersalino

**Fuente:** Gostinéar et al. (2006)

### 2.1.10. Capacidad de intercambio catiónico

Los minerales silicatos de las arcillas la alofana y el humus, reciben el nombre de complejo arcillo-húmico. Estos componentes sólidos del suelo poseen toda la importancia característica conocida por la capacidad de intercambio cationes o C.I.C. (Gostinéar *et al.* 2006)

Según Jordán (2006) La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) puede definirse como la capacidad total de los coloides del suelo (arcilla y materia orgánica) para intercambiar cationes con la solución del suelo. Según Sposito (1989) esta capacidad se ve influenciada por factores como la temperatura, la presión, la composición de la fase líquida y la relación de masa de suelo / solución.

La CIC se expresa en  $\text{cmol kg}^{-1}$ . Para cada sustancia, su valor depende de la densidad de carga superficial y de su superficie específica, de modo que puede variar de unos coloides a otros. En el caso de la fracción mineral, la distinta superficie específica condiciona la baja CIC de limos y arenas, frente al elevado valor que presentan las arcillas. Dentro de las arcillas, a su vez, la carga superficial varía enormemente de un tipo a otro. En el caso de la materia orgánica, sin embargo, la CIC se ve condicionada por el grado de humificación / descomposición que presenta. (Jordán, 2006). En la siguiente tabla 7. Se podrá observar los rangos que llevan las arcillas y el humus.

**Tabla 7. Capacidad de intercambio catiónico de arcillas y humus.**

ARCILLAS Y HUMUS	VALOR REPRESENTATIVO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) meq/100g suelo
Humus	200	100-300
Vermiculita	150	100-200
Alofana	100	50-200
Motmorillonita	80	60-100
Ilita	30	20-40
Clorita	30	20-40
Turba	20	10-30
Caolinita	8	3-15

**Fuente:** Gostinéar *et al.* (2006)

Estos cationes adsorbidos por el complejo arcilla- humico serán la fuente de los nutrientes para el desarrollo de los vegetales. La capacidad de intercambio cationico es vital para el crecimiento del mundo vegetal (Gostinéar et al. 2006); la siguiente tabla 8 de muestra los diferentes CIC encontrados en el suelo.

**Tabla 8. Valores de CIC presentes en el suelo**

CIC meq/100g suelo	valoración
<5	Pobre
5-10,0	Bajo
10-15,0	normal bajo
15-20	normal alto
25-40	Alto
>40	muy alto

**Fuente:** Gostinéar *et al.* (2006)

### 2.1.11.Materia orgánica

Según Jordán (2006). La materia orgánica del suelo constituye un sistema complejo y heterogéneo, con una dinámica propia e integrada por diversos grupos de sustancias. La materia orgánica del suelo se compone de vegetales, animales y microorganismos vivos, sus restos, y las sustancias resultantes de su degradación físico-química. Normalmente representa del 1 al 6% en peso, aunque esta proporción puede ser muy variable dependiendo del momento del año, tanto en suelos agrícolas (por causa de la fenología del cultivo o la época de cosecha) como naturales (dependiendo en este caso de la presencia de especies caducifolias o perennes, por ejemplo). Es de gran importancia por su influencia en la estructura, en la capacidad de retención de agua y nutrientes, y en los efectos bioquímicos que causa sobre los vegetales.

El concepto de materia orgánica del suelo se usa generalmente para referirse a los componentes de origen orgánico del suelo, incluyendo los tejidos animales y vegetales, los productos de su descomposición parcial y la biomasa del suelo. La dinámica de este complejo sistema está determinada por:

1) El continuo aporte al suelo de restos orgánicos de origen vegetal y animal. Los compuestos orgánicos que son aportados al suelo según cualquiera de estas vías

sufren en primer lugar una alteración mecánica, por acción de la fauna y los microorganismos del suelo.

2) Su continua transformación bajo la acción de factores de tipo biológico, físico y químico. Así, las moléculas orgánicas complejas (como proteínas o polisacáridos) son degradadas para obtener moléculas más sencillas (como aminoácidos u oligosacáridos). Algunos productos de esta degradación pueden sufrir la acción de procesos de reorganización por causa de los microorganismos del suelo.

#### **2.1.12.Relación C/N**

Según Gostinéar et al. (2006) Los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica fresca obteniendo energía con la oxidación del carbono orgánico desprendiendo dióxido de carbono y agua. Al obtener energía, los microorganismos se reproducen (generalmente por división), con lo que sus necesidades de nitrógeno aumentan (para la formación de nuevos organismos necesitan proteínas). Este nitrógeno puede provenir de dos fuentes, o directamente de los restos orgánicos, o ser extraído directamente de los minerales del suelo.

Delgado (2006) afirma que el C fijado por la biomasa proviene del CO<sub>2</sub> atmosférico, reducido durante el proceso de fotosíntesis por las plantas, y suele oscilar en torno a un 50 – 60% de la materia orgánica (el C orgánico representa entre el 0.6 y el 1.7% del suelo). Sin embargo, el porcentaje de N es mucho menor y más variable. Por el N entran en competencia las raíces de las plantas y los microorganismos, por lo que puede ser un factor limitante. La presencia de N en el suelo depende de varios factores, como el contenido en N de las plantas que colonizan el suelo. En la tabla 9. Se podrá entender la relación de carbono nitrógeno existente en el suelo.

**Tabla 9. Relación de C/N en suelos**

Relación C/N del suelo	Interpretación
<5	Excesiva mineralización. El contenido en materia orgánica es bajo. Escasa fertilidad.
5-8,0	Tendencia hacia la mineralización de la materia orgánica. La fertilidad es de baja a moderada.
8-12,0	Equilibrio entre mineralización y humificación. La fertilidad es elevada.
>12	tendencia a la humificación

**Fuente:** Delgado (2006)

### **2.1.13. Ácidos húmicos y fulvicos**

Según Payeras (s.f.) define que los ácidos húmicos y fúlvicos son complejas agrupaciones macromoleculares en las que las unidades fundamentales son compuestos aromáticos de carácter fenólico procedentes de la descomposición de la materia orgánica y compuestos nitrogenados, tanto cíclicos como alifáticos sintetizados por ciertos microorganismos presentes en suelo.

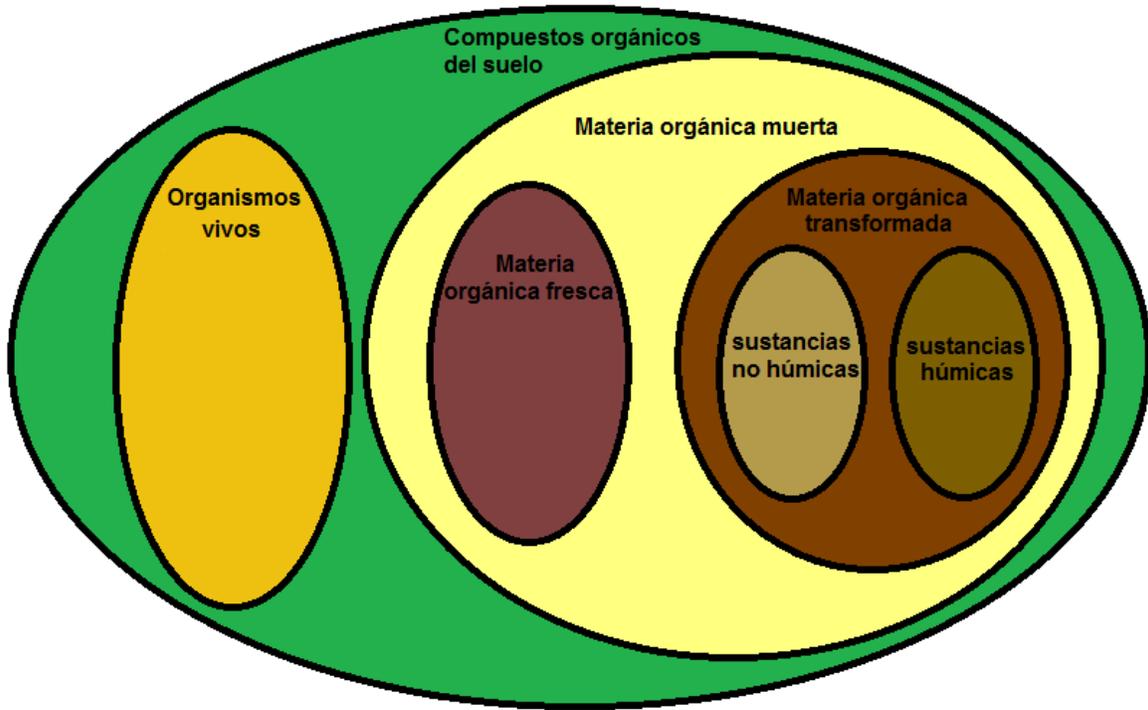
Para poder entender de mejor manera a los ácidos húmicos y fulvicos tendríamos que entender el proceso de transformación que tiene los compuestos orgánicos del suelo. Entonces se ve necesario entender el principio de los mismos. Delgado (2006) conceptualizo que la materia orgánica del suelo constituye un sistema complejo y heterogéneo, con una dinámica propia e integrada por diversos grupos de sustancias. La materia orgánica del suelo se compone de vegetales, animales y microorganismos vivos, sus restos, y las sustancias resultantes de su degradación físico-química. Normalmente representa del 1 al 6% en peso, El hecho de su constante transformación sirve como criterio de clasificación, atendiendo a su grado de evolución. De este modo, se puede agrupar el conjunto de la materia orgánica del suelo de la siguiente forma:

- 1) **Vegetales y animales vivos** De una manera muy general, en este grupo se incluyen básicamente las plantas (raíces), así como la biomasa microbiana, la fauna del suelo, etc. Este grupo constituye aproximadamente el 5 % de la materia orgánica del suelo.

- 2) **Materia orgánica muerta.** Constituye la mayor parte de la materia orgánica del suelo (95 %). Contribuye tanto a la fertilidad química como a la fertilidad física del suelo.
- a. **Materia orgánica fresca, o materia orgánica lábil.** Constituida por los restos animales y vegetales que se incorporan al suelo y transformados de manera incompleta, junto a otros materiales incorporados por el hombre, como los restos de cultivos enterrados, compost, estiércol, basuras, abonos verdes, purines, etc.
- **Los residuos de las plantas** Los tejidos vegetales vivos sufren ya el ataque de organismos, entre los que se encuentran los saprófitos. Al mismo tiempo tienen lugar una serie de procesos bioquímicos en los tejidos senescentes que afectan a sus propiedades (síntesis de enzimas, oxidación, degradación de las membranas celulares, síntesis de polímeros fenólicos, etc.).
  - **Restos de animales.** La materia de origen animal que llega al suelo está constituida por los cadáveres y las deyecciones de los animales.
- b. **Materia orgánica transformada.** Productos procedentes de la descomposición inicial de la materia orgánica.
- **Sustancias no húmicas.**
    - **Compuestos hidrocarbonados** (formados por C, H y O), tales como azúcares solubles, almidón, celulosa, lignina, grasas, resinas, taninos, etc. El grupo más abundante es el de los polisacáridos (celulosa, hemicelulosa, almidón, etc.).
    - **Sustancias nitrogenadas**, sobre todo en forma de aminoácidos, péptidos, proteínas, aminoazúcares, etc. Son sustancias que se componen de C, H, O, N, P y S, básicamente.
    - **Productos transitorios.** Son sustancias resultantes de la degradación y la descomposición de las moléculas orgánicas complejas, que originan productos químicos sencillos. Corresponden a los eslabones de esta cadena de transformaciones, desde los materiales orgánicos frescos hasta los compuestos minerales, así como sustancias resultantes de la reorganización bioquímica de algunos de estos productos químicos sencillos. Algunas de las sustancias más importantes de este grupo son polisacáridos.

- **Sustancias húmicas.** Se originan a partir de los productos transitorios mediante reacciones bioquímicas de síntesis que ocurren en el suelo. Estas sustancias son el humus y las huminas. Este grupo de sustancias es exclusivo del suelo. El concepto de humus o sustancias húmicas engloba a su vez dos tipos de sustancias: los ácidos húmicos y las huminas.
- **Los ácidos húmicos** constituyen la fracción soluble del humus. Son compuestos de carácter anfótero formados por un núcleo central. Este grupo de sustancias puede subdividirse en otros dos:
  - a. **Ácidos húmicos** (en sentido estricto). La fracción de las sustancias húmicas solubles en el agua a pH neutro o básico. Pueden extraerse de los suelos mediante diversos reactivos y precipitan en medio ácido. Los ácidos húmicos son el principal componente extractable de las sustancias húmicas. Poseen un color pardo oscuro a negro. El peso molecular de los ácidos húmicos es superior a 60.000.
  - b. **Ácidos fúlvicos.** Constituyen la fracción de sustancias húmicas solubles en el agua, independientemente del pH. Permanecen en la solución después de la precipitación de los ácidos húmicos tras la acidificación del medio. Posiblemente esto ocurre debido a la menor proporción de estructuras aromáticas por cada cadena lateral. Los ácidos fúlvicos son de color amarillo claro a pardo amarillento. Su peso molecular es menor de 60.000, y su reactividad es mucho más elevada.
- **Huminas.** Son sustancias húmicas insolubles en el agua. Presentan un color oscuro. Se trata de moléculas de más difícil degradación (como algunos polisacáridos, proteína insolubilizada, quitina, etc.).

La figura 2. Muestra este proceso, en que los ácidos húmicos y fúlvicos del suelo son el resultado del proceso de mineralización y se encuentra muy ligado a los microorganismos, para que este proceso se realice.



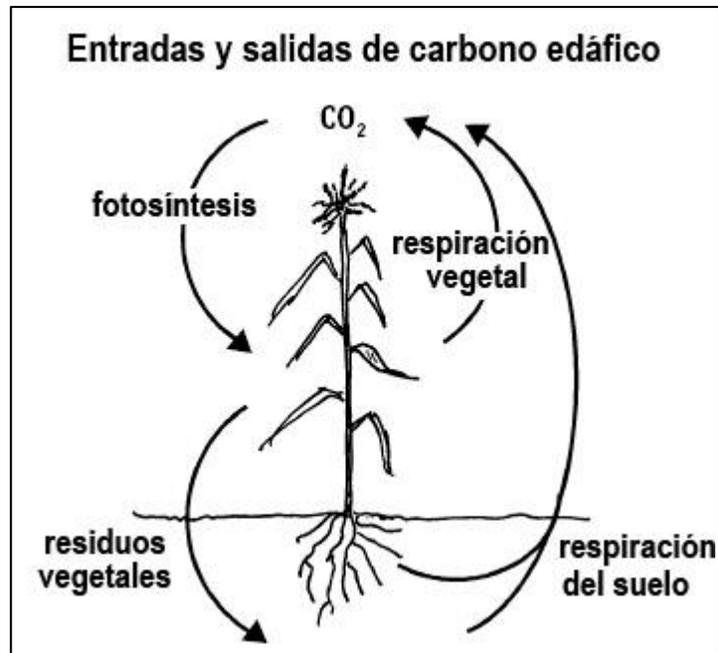
**Figura 2.** Proceso de transformación de los compuestos orgánicos

**Fuente:** Delgado. 2006

#### **2.1.14. Producción de dióxidos de carbono del suelo**

Según USDA (1999). La respiración es la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como resultado de la actividad biológica en el suelo, realizada por microorganismos, raíces vivas, y macro organismos tales como lombrices, nematodos o insectos (Parkin *et al*, 1996). El dióxido de carbono emitido desde el suelo es un gas incoloro e inodoro que entra en la atmósfera y anualmente supera la cantidad emitida por todas las actividades humanas (Volk, 1994). La actividad de organismos en el suelo es considerada como un atributo positivo para la calidad y salud del suelo.

La respiración es uno de los parámetros más frecuentemente usados para cuantificar actividad microbiana en el suelo (Zagal y col, 2002) y que está directamente relacionada con la descomposición de residuos orgánicos provenientes de distintas fuentes (Sylvia citado por Celis 2009). La actividad metabólica que realizan los microorganismos en cualquier proceso de descomposición puede ser cuantificada por medición de la producción de CO<sub>2</sub> o por el consumo de O<sub>2</sub> (Alef citado por Celis 2009).



**Figura 3.** Proceso de la respiración del suelo

**Fuente:** Lessard et al (2008)

Son muchas las metodologías empleadas para la determinación de la producción de  $\text{CO}_2$  del suelo, la metodología usada por la USDA. No requiere de reactivos pero es necesario tener Draeger-tubes® como también un anillo de acero de 6" de diámetro y otros materiales figura 4, el método usado por Lessard et al (2008). Emplea algunos dispositivos "in situ" con agentes químicos, los cuales capturan el  $\text{CO}_2$  y son valorados en laboratorio figura 5, otro método de análisis es el método del equipo de vida del suelo Solvita que con ayuda de un frasco y paletas podríamos tener por medio de la coloración diferentes concentraciones de  $\text{CO}_2$  figura 6. El método usado en esta investigación es incubación, el cual hace referencia a que la muestra del suelo sea analizada en un laboratorio teniendo controlados la temperatura y la humedad del suelo siendo que este método nos permitirá medir solo la producción de  $\text{CO}_2$  de los microorganismos aeróbicos presentes en determinada muestra. Esto se refleja en la figura 7.



Figura 4. Método usado por USDA tubos drager



Figura 5. Método utilizado por Lessard Robert.



Figura 6. Kit de equipo Solvita.



Figura 7. Método de incubación.

## 2.2. Análisis cualitativo de suelos

### 2.2.1. Cromatografía de suelos

La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, con aplicación en las distintas ramas de la ciencia. Es un

conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla para identificar y en muchos casos determinar las cantidades de dichos componentes (Respreto y Pinheiro. 2011).

La cromatografía permite determinar la vida del suelo y su relación entre minerales, microbiología, materia orgánica, humificación, carbono del suelo, desequilibrios y equilibrios nutricionales, respiración del suelo, compactación, residuos tóxicos, entre otros (Pinheiro, 2011).

### **2.2.1.1. Procedimiento de elaboración de la cromatografía**

#### **2.2.1.1.1. Procedimiento de campo**

- Se realiza el muestreo del suelo a una profundidad adecuada según el investigador, tener en cuenta que esté libre de contaminantes y que no tenga un riego anterior, en lo posible la muestra debe ser tomada en la época que el suelo no este removido
- Se realiza el secado de la muestra que tiene que estar indirectamente al sol o a media sombra, no se recomienda el secado de las muestras en hornos ya que es de mucho riesgo cuando no se tiene el control de la temperatura.
- Luego se secan submuestras de 100 g a 150 g que se cola en un tamiz de plástico, con la finalidad de lograr una mejor uniformidad; nunca se debe colar con tamices metálicos, ya que el metal se oxida y puede afectar la precisión del análisis.
- Luego se pesan 5g de la muestra tamizada para el análisis de laboratorio.

#### **2.2.1.1.2. Procedimiento en laboratorio**

- Se prepara una solución de hidróxido de sodio al 1% en agua destilada
- Se prepara una solución de nitrato de plata al 0,5%, se recomienda elaborar la cantidad necesaria ya que esta muestra es muy sensible a la luz y al calor.
- Se demarca a los 4 a 6 cm del centro para la impregnación con las soluciones.
- Se elaboran los palibos cortando con una tijera unos cuadrados que tenga 2 cm por lado, esto con el mismo papel filtro

- Para la preparación del papel filtro circular. Se utiliza papeles número 1, 4 y 41 de 12.5 y 15 cm de diámetro, se perfora al centro del papel de un diámetro de 2 mm aproximadamente. se empieza a impregnar con el nitrato de plata hasta los 4 cm del centro del papel circular.
- Se deja secar en una cámara oscura los papeles filtros impregnados con nitrato de plata
- Se disuelve los 5 g de la muestra de suelo en 50 ml de la solución de hidróxido de sodio al 1%
- Agitamos la solución del suelo constantemente con giros de derecha a izquierda y de izquierda a derecha. Deben hacerse series de 7 giros, durante uno o dos minutos hasta completar 49 giros. Dejamos la muestra reposar por unos 15 min y volvemos a agitar de la misma manera, nuevamente dejamos reposar por 1 hora y repetimos el procedimiento. Finalmente se guarda la muestra, debidamente protegida mínimo por 6 horas en pleno reposo y no se vuelve a agitar más la muestra.

Una observación que se realiza en las muestra. Cuando estas estén en malas condiciones (mala salud), es necesario dejar la muestra de suelo en la solución de sosa hasta que reaccione por más tiempo (hasta 12 horas o más)

- Una vez cumplido el tiempo desecado del papel filtro se realiza la última corrida impregnando la muestra de suelo hasta la marca de 6 cm ya establecida.

Si se quiere tener copias se recomienda hacer las impregnaciones de las muestra simultáneamente ya que las muestras están expuestas a factores externos

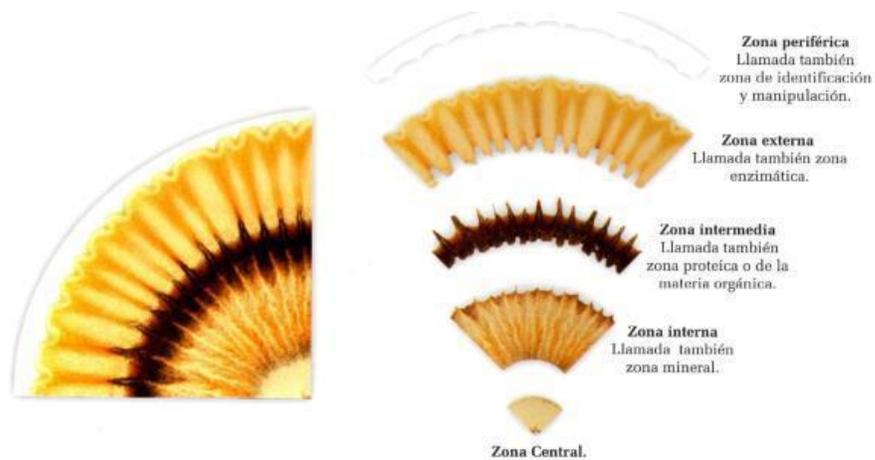
### **2.2.1.1.3. Interpretación de la cromatografía**

Para el análisis cromatográfico tomaremos en cuenta la interpretación de Jairo Restrepo y Sebastino Pinheiro, 2011.

Dentro de la evaluación del cromatograma se tiene diferentes zonas que cada una tiene diferentes características para su interpretación:

- **Zona central** o llamada zona de aireación
- **Zona interna** o llamada zona mineral
- **Zona intermedia** o llamada zona proteica
- **Zona externa** o llamada zona enzimática

- **Zona de periférica** o zona de identificación y manipulación



**Figura 8.** Zonas de una cromatografía

**Fuente:** Jairo Restrepo y Sebastino Pinheiro, 2011

### **Zona central.**

Llamada también zona de oxigenación o aireación. Esta zona no se manifiesta en suelos que han tenido mal manejo, sea por maquinaria pesada, agroquímicos y/o exposición directa al sol. Otra característica es la compactación, pérdida de estructura e inexistencia de materia orgánica (Restrepo y Pinheiro, 2011).

### **Zona interna.**

Denominada zona mineral, en esta zona se evidencia la concentración de la mayoría de minerales. Cuando se encuentra la presencia del color pardo negruzco, desde la zona central, sin hacer distinción entre zonas, con terminaciones en puntas, es indicador que el suelo está altamente mineralizado y destruido, con ausencia de materia orgánica y baja actividad biológica (Restrepo y Pinheiro, 2011).

### **Zona intermedia.**

Denominada zona proteica o de materia orgánica. La presencia de este anillo, es indicador de la presencia de materia orgánica más no de la integración al suelo de la misma (Restrepo y Pinheiro, 2011).

## Zona externa.

Denominada zona enzimática o nutricional (humus permanente). Cuando en esta zona se observa lunares suaves o nubes onduladas muy tenues, se está frente a un suelo de calidad ideal. La presencia de estas formas indica la diversidad y variación nutricional disponible en el suelo. (Restrepo y Pinheiro 2011).

### 2.3. Cultivo de soya

La soja pertenece a la familia de las Leguminosas (o *Fabaceae*), subfamilia Papilionoideae y género *Glycine*. La forma cultivada *Glycine max.* (L.), se utiliza tanto para consumo directo como insumo de industrias agrícolas y químicas o como combustible. En la tabla 10. Se puede observar que en el ámbito global es el cuarto producto entre los cereales y oleaginosos de mayor consumo humano más importante en producción y comercio mundial.

**Tabla 10. Área cultivada, producción, consumo y exportación de los principales granos del mundo.**

CULTIVO	Área En Ha x10 <sup>6</sup>	% DE SUPERFICIE	TONELADAS x10 <sup>6</sup>
Arroz	162,7	23,74	741,5
Maíz	184,8	26,96	103,8
Soja	117,5	17,14	306,5
Trigo	220,4	32,16	729,0

Fuente: FAO (2014)

#### 2.3.1. Descripción botánica

La soja es una planta que varía de 60 cm. a 1,5 m. de altura, herbácea, anual, erecta. Su sistema radicular, consta de una raíz principal pivotante, con ramificaciones, ricas en nódulos la profundidad que alcanza se estima entre 25 – 30 cm. Las hojas están dispuestas en forma alternada y con pecíolos largos. Las flores son axilares o terminales, de coloración blanca, amarilla o violeta, según su variedad. Los frutos están provistos de vainas cortas, de color ceniza amarillentas o negras y encierran 2 a 5 semillas. Estas son generalmente elípticas y achatadas, de color amarillo, verde o negro, dependiendo de la variedad. ( Villar Vera, 1998).

### 2.3.2. Composición química

La composición nutricional del cultivo de soya mostrada en la tabla 11. Demuestra el gran valor que contiene este cultivo y los altos de contenidos de proteína.

**Tabla 11. Composición Química de soya en 100 g. de grano**

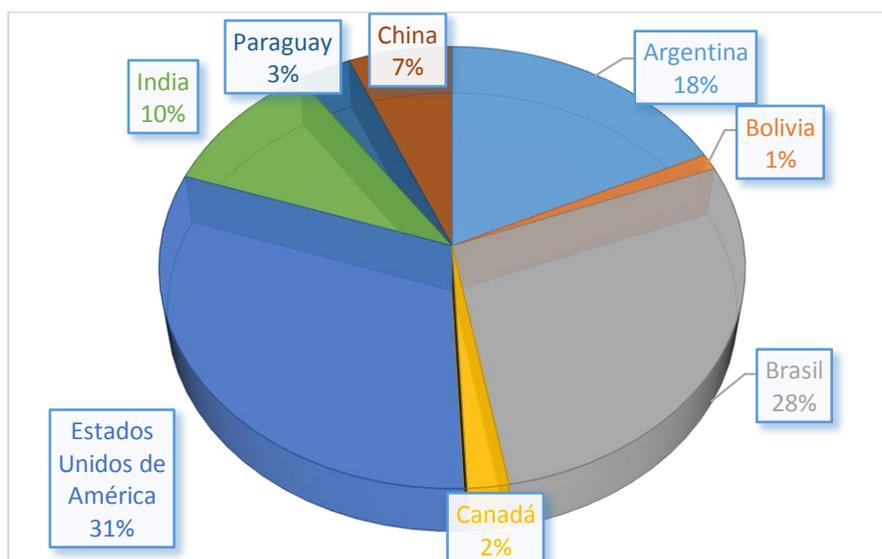
<b>Composición por 100 gramos de semilla de soja madura y cruda<sup>1</sup></b>	<b>%CDR<sup>2</sup></b>
<b>ENERGÍA</b>	446 kcal
<b>PROTEÍNAS</b>	36,5 g
<b>LÍPIDOS TOTALES</b>	19,9 g
<b>Ácidos grasos saturados</b>	2,9 g
<b>Ácidos grasos monoinsaturados</b>	4,4 g
<b>Ácidos grasos poliinsaturados</b>	11,2 g
<b>Omega-3</b>	1,3 g
<b>Omega-6</b>	9,9 g
<b>Colesterol</b>	0 mg
<b>GLÚCIDOS TOTALES</b>	30,2 g
<b>Azúcares</b>	7,3 g
<b>FIBRA DIETÉTICA</b>	9,3 g
<b>SODIO</b>	2 mg
<b>CALCIO</b>	277 mg
<b>VITAMINA A</b>	22 IU
<b>VITAMINA D</b>	0 µg

Fuente: USDA (2017)

### 2.3.3. Expansión agrícola de la soya

El cultivo de soya en los últimos años ha tenido un crecimiento de gran importancia esto producto del mercado existente en china que es el principal importador de este grano. Siendo que los principales productores de soya son los siguientes países. Mostrados en la gráfica 1.

**Gráfico. 1. Principales productores de soya**



Fuente: FAO (2014)

#### 2.3.4. Soya agrícola de Latinoamérica

El caso de Latinoamérica, la soya es de gran importancia para el desarrollo agronómico y tecnológico de los países de sud américa (FAO 2014), La producción de soya representa una fracción muy importante en el PBI de todo el agro negocio del Mercosur, que demuestra la importancia económica para estos países. Prácticamente los países del Mercosur, conforman el 47,31% del total sembrado en el mundo. Esto se refleja en la tabla 12.

**Tabla 12. Área sembrada, producción y total mundial**

Países de mayor área cultivada en Sudamérica	Tonelada x10 <sup>6</sup>	%Tonelada NIVEL MUNDIAL	Área En Ha x10 <sup>6</sup>	% de sup. (Ha) nivel mundial
Argentina	53,4	17,4	19,3	16,38
Bolivia	2,9	0,9	1,3	1,08
Brasil	86,8	28,3	30,3	25,75
Paraguay	10,0	3,3	3,5	2,98
Uruguay	3,2	1,0	1,3	1,12
<b>TOTAL DE PAISES</b>	<b>156,2</b>	<b>51,0</b>	<b>55,61</b>	<b>47,31</b>
Total mundial	306,5		117,55	

Fuente: FAO (2014)

### 2.3.5. Expansión de la soya en Latinoamérica

Para el caso de América Latina la expansión de la frontera agrícola, fue en un crecimiento acelerado desde 1980, según Melgar et al (2011), En el periodo 1980-2007, los países del Mercosur ampliaron su área sembrada con soya en unas 29 millones de hectáreas, Esta área se expandió a partir de polos de producción establecidos en la década del setenta, en Brasil, Paraguay y Argentina, a una tasa media anual del 5% en el periodo, la tabla 13 demuestra esta misma tasa por país.

**Tabla 13. Área sembrada con soya y tasas de expansión anual en países del Mercosur**

PAÍS	1970	1980	1990	2000	2007	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2007
	ha x 1000					tasa media anual %			
<b>Brasil</b>	1319	8774	11487	13640	20638	12	3	4	5
<b>Argentina</b>	26	2030	4962	8638	16100	29	9	6	6
<b>Paraguay</b>	28	475	900	1176	2308	21	8	7	8
<b>Bolivia</b>	1	38	143	580	960	30	15	9	7
<b>Uruguay</b>	1	40	29	12	462	24	-2	0	27

Fuente: FAO (2010)

### 2.3.6. Expansión de soya en Bolivia

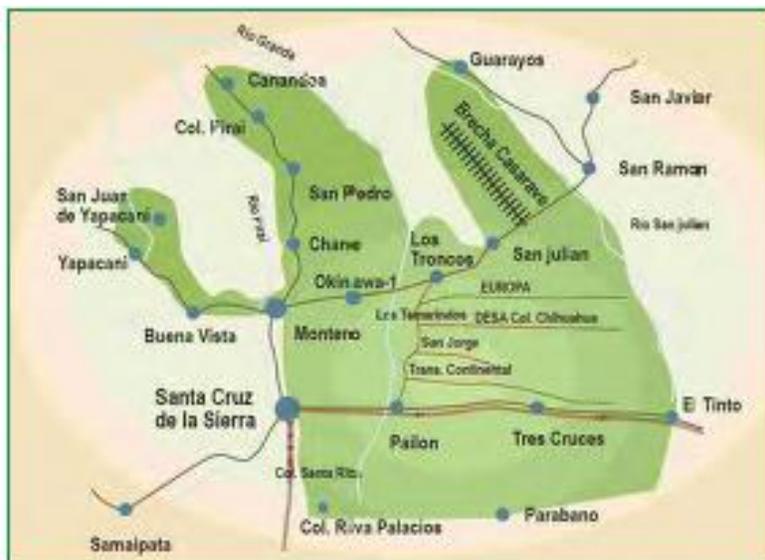
La soya como cultivo potencial en su expansión del territorio Boliviano ocupó en un corto tiempo grandes extensiones de los departamentos como Santa Cruz, Beni, La Paz y Tarija. Siendo el departamento de Santa Cruz el de mayor área cultivada en Bolivia. A la cual le damos su estudio en particular. En esta región el área de cultivo está dividida en dos: El norte integrado y la zona de expansión del este, Tabla 14.

**Tabla 14. Zonas productoras de Santa Cruz**

ZONA	SUBZONA
ZONA ESTE	Pailón
	Cuatro Cañadas
	San Julián
	El Puente
	Guarayos
	San Jose de Chiquitos
ZONA INTEGRADA	Sur Integrada
	Central Integrada
	Montero- Okinawa
	Minero-Peta Grande
	Montero- Yapacani

**Fuente:** AEMP (2012)

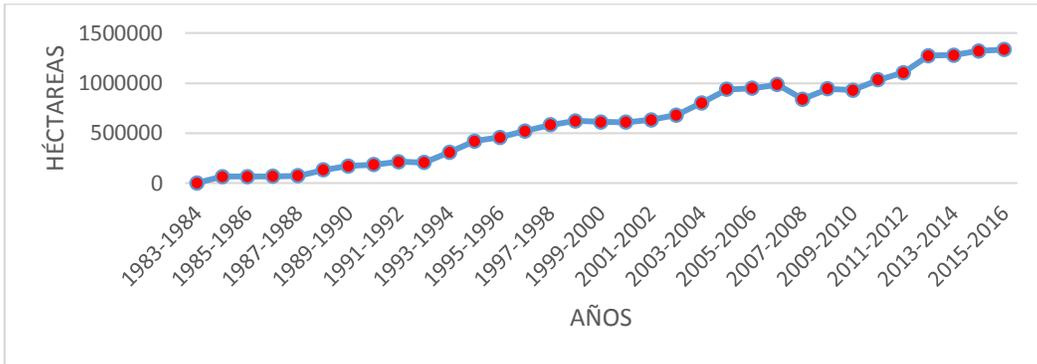
Este cultivo creció en grandes extensiones desde los 80, aumentando en gran medida las hectáreas de soya. En el grafico 2 se podrá identificar los datos expuestos por el INE para el crecimiento de la superficie sembrada en Bolivia.



**Figura 9. Zonas productoras de soya en Santa Cruz**

**Fuente:** ANAPO (s.f.)

**Gráfico. 2. Crecimiento del cultivo de soya en Bolivia, ha.**



Fuente: INE (2017)

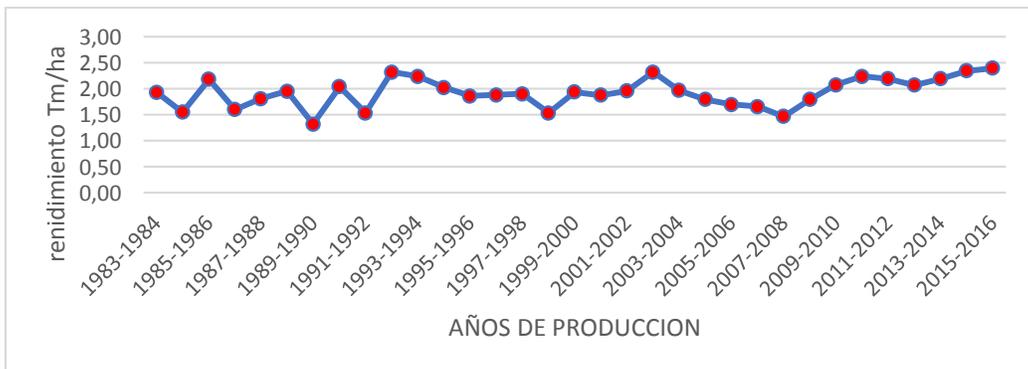
### 2.3.7. Épocas de siembra de a soya en Bolivia

Existen dos épocas de siembra según. (Melgar *et al*; 2011), entre octubre y diciembre, que es la más importante y comprende el 70% del total y el resto, sembrado en invierno entre mayo y julio.

### 2.3.8. Rendimiento de soya en Bolivia

Los rendimientos obtenidos en el transcurso del tiempo en Bolivia no obtuvieron una gran variación dándonos a entender que existe diferentes factores que no permiten aumentar el rendimiento de este cultivo ya que entre los países de Latinoamérica tenemos el rendimiento más bajo con una media nacional oscilante entre 1.9 y 2.2 TM /ha. (Melgar *et al*; 2011), Entre estos factores tenemos la latitud, las precipitaciones, las temperaturas, el manejo del cultivo, la fertilización, el manejo de variedades entre otros. Que influyen en este valor. El grafico 3. Muestra los rendimientos fluctuantes de Bolivia.

**Gráfico. 3. Rendimiento de la soya en Bolivia Tm/ha**



Fuente: INE (2017)

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Materiales

Dentro de los materiales utilizados para cada uno de las actividades se obtuvieron los siguientes:

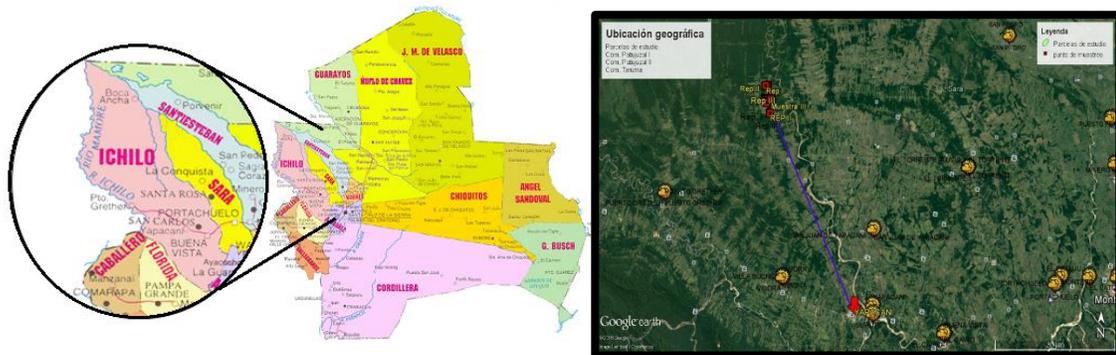
PARAMETRO	MATERIALES	PARAMETRO	MATERIALES
<b>Ubicación</b>	GPS	<b>Respiración del suelo</b>	frasco de vidrio de 1000ml
	Cámara fotográfica		frasco de vidrio de 100ml
<b>generales</b>	pala		frasco de plástico de 100ml
	muestreador barreno		soporte metálico
	reglas		balanza de precisión 0,01 g
	flexómetro		hidróxido de sodio
	espátula		ácido clorhídrico
<b>Densidad aparente</b>	anillos de acero de 5 cm ø		fenolftaleína
	balanza de precisión de 0,01		cloruro de bario
	cuchillo de hoja fina		<b>Ácido húmicos fulvicos</b>
	bolsa de polipropileno	balanza de precisión 0,01 g	
<b>densidad real de partículas</b>	balanza de precisión de 0,01	agitador de mesa	
	picnómetro de 50ml clase A	centrifugadora	
	hornilla	hidróxido de sodio	
	crisol de porcelana	ácido clorhídrico	
	varilla de vidrio	<b>pH</b>	potenciómetro
embudo	agua destilada		
piseta	vaso de precipitado de 150 ml		
<b>Textura</b>	balanza de precisión de 0,01	<b>materia orgánica</b>	Erlenmeyer 500ml
	vaso de precipitado de 250 ml		balanza de precisión 0,01 g
	agitador mecánico		agua destilada
	piseta		probetas de 100 y 10 ml
	agitador de mano		pipetas de 10 y 5 ml
	probeta de 1000ml		bureta de 50 ml
	termómetro 0 °C a 150 °C		tamiz de 0,5mm
	hidrómetro H152		ácido sulfúrico concentrado
	Hexametáfosfato de sodio		dicromato de potasio
agua destilada	sulfato ferroso amoniacal		
<b>CE</b>	agua destilada	ácido fosfórico concentrado	
	balanza de precisión de 0,01	indicador di fenilamina	
	conductímetro	<b>Nitrógeno total</b>	ácido sulfúrico concentrado
<b>Cromatografía de suelos</b>	papel filtro cuantitativo		catalizador
	placas Petri de 10 y 5 cm de ø		hidróxido de sodio
	hidróxido de sodio		equipo de digestión buchi
	jeringas de 10 ó 20 ml		destilador buchi
	nitrato de plata	ácido bórico con indicador	
<b>Estabilidad de agregado</b>	tamices de 4-2-0,25-0,053 mm	Erlenmeyer 125ml	
	bañadores de > de 20cm		
	probeta de 1000ml		
	agua destilada		
	vaso de precipitado 150ml		
	estufa		
recipientes metálicos			

Fuente: propia

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Localización

El área en estudio está ubicada en el departamento de Santa Cruz en el municipio de Yapacani que se encuentra a 126 km. de Santa Cruz de la Sierra, más precisamente a 52 km del municipio A una latitud aproximada de  $-16^{\circ}57'29,80''$  y longitud aproximada de  $-64^{\circ}06'08,73''$  con respecto de las parcelas en estudio. La figura 10. Muestra la ubicación de las parcelas en el municipio de Yapacani.



**Figura 10.** Ubicación de parcelas en el municipio de Yapacani

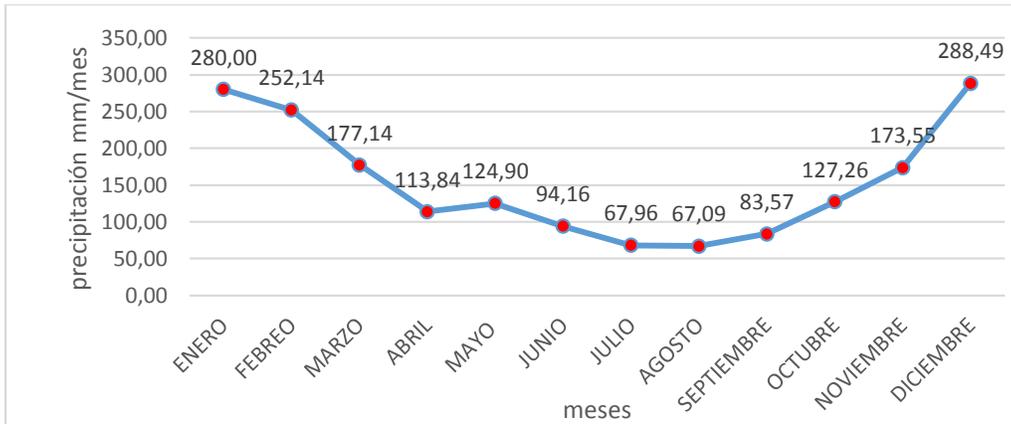
**Fuente:** Google earth (2017)

#### 3.2.1.1. Características Climáticas

La estación meteorología seleccionada para la toma de datos de temperaturas y precipitaciones fue de la Comunidad de San Juan de Yapacani. Ubicado a 39.3 kilómetros aproximadamente al sureste de las parcelas en estudio con una latitud  $-17^{\circ}14'59,93''$  longitud  $-63^{\circ}49'59,98''$  y una altitud de 280 m.s.n.m. con un historial de más de 40 años.

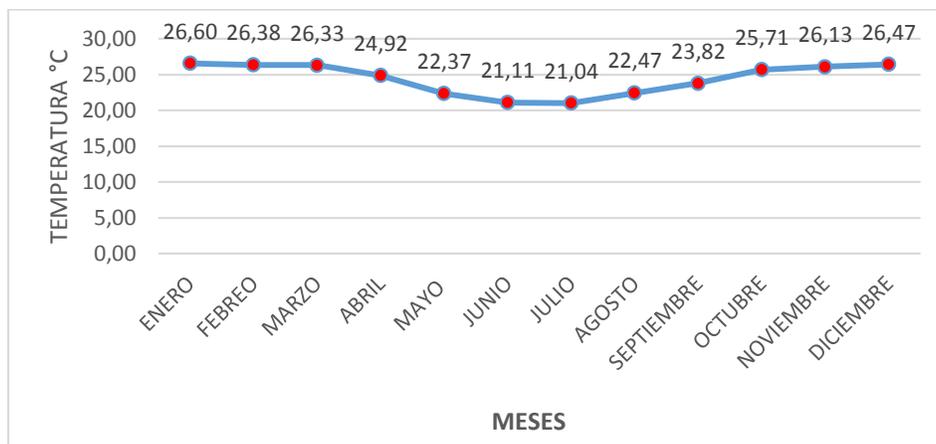
De acuerdo a los datos de la estación meteorológica seleccionada, la temperaturas oscilan en entre los  $24,45^{\circ}\text{C}$ , con una precipitación pluviales correspondientes a 1850,11 mm/año y una altitud promedio de 250 m.s.n.m. El gráfico 4. Y grafico 5. Se observa las precipitaciones promedio mensual, como también las temperaturas promedio de la zona.

**Gráfico. 4. Precipitaciones pluviales de la zona. Estación meteorológica San Juan de Yapacani**



Fuente: SENAMHI Bolivia (2017)

**Gráfico. 5. Temperaturas de la zona en estudio. Estación meteorológica San Juan de Yapacani**



Fuente: SENAMHI Bolivia (2017)

Las parcelas de estudio están ubicadas en tres comunidades **PATUJUJAL I** (1 parcela), **PATUJUJAL II** (2 parcelas), **TARUMA** (1 parcela) y las muestras de monte virgen corresponden a la zona de Patujuzal II. Los datos de georreferenciación tanto del muestreo como para la delimitación del área en estudio (parcela) se encuentran en los anexos 1. Los puntos determinados se encuentran con un equipo GPS. De la marca: Garmin. Etrex 20, La tabla 15. Muestras las parcelas seleccionadas que fueron resultado de las encuestas realizadas.

**Tabla 15. Parcelas seleccionadas**

Comunidad	Nombre de propietario	Tiempo de manejo	Código	Punto georreferenciado
Taruma	Julian Torrico	3 años	T1	16°55'44,9" S 64°06'47,5" W
Patujuzal II	Guillermo Diaz	8 años	T2	16°59'28,4" S 64°06'09,9" W
Patujuzal II	Norberto Caba	12 años	T3	16°57'43,5" S 64°06'39,1" W
Patujuzal I	Marcelino Diaz	23 años	T4	16°59'29,5" S 64°06'04,1" W

- **Parcela 1 (parcela de Julian Torrico con 3 años de manejo)**

Esta parcela se encuentra en la comunidad de Taruma a una altitud promedio de 224,25 m.s.n.m. con un área estimada de 17,2 hectáreas sembradas de soya. La figura 11 muestra la parcela descrita.



**Figura 11.** Parcela de 3 años con cultivo de soya comunidad Taruma

**Fuente:** Google Earth (2017)

- **Parcela 2 (Parcela de Guillermo Díaz con 8 años de manejo)**

Esta parcela se encuentra en la comunidad de Patujuzal II a una altitud promedio de 229,2 m.s.n.m. con un área estimada de 17,7 hectáreas sembradas del cultivo de soya. La cual se presenta en la figura 12.



**Figura 12.** Parcela con 8 años de manejo con cultivo de soya comunidad Patujuzal II

**Fuente:** Google Earth (2017)

- **Parcela 3 (Parcela de Norberto Caba con 12 años de manejo)**

Esta parcela se encuentra en la comunidad de Patujuzal II a una altitud promedio de 224,3 m.s.n.m. con un área estimada de 21,5 hectáreas sembradas del cultivo de soya. La parcela se muestra a continuación en la figura 13.



**Figura 13.** Parcela de 12 años de manejo de cultivo de soya comunidad Patujuzal II.

**Fuente:** Google Earth (2017)

- **Parcela 4 (Parcela de Marcelino Díaz con 23 años de manejo)**

Esta parcela se encuentra en la comunidad de Patujuzal I a una altitud promedio de 227,83 m.s.n.m. con un área estimada de 5.34 hectáreas sembradas del cultivo de soya. En la figura 14 se puede observar la misma.



**Figura 14.** Parcela de 23 años de manejo de cultivo de soya comunidad de Patujuzal I.

**Fuente:** Google Earth (2017)

- **Área de monte (tierra virgen sin intervención del hombre, 0 años de producción).**

La ubicación de los puntos fue seleccionada con los comunarios de Patujuzal II, el área en estudio goza de una gran vegetación con diferentes variedades de flora y fauna, propias de las zonas tropicales la clasificación predominante de estas áreas para (Sanchez, 1981) corresponde a bosque pluvial ya que existe grandes precipitaciones. La altitud promedio es de 233 m.s.n.m. La misma se observa en la figura 15.

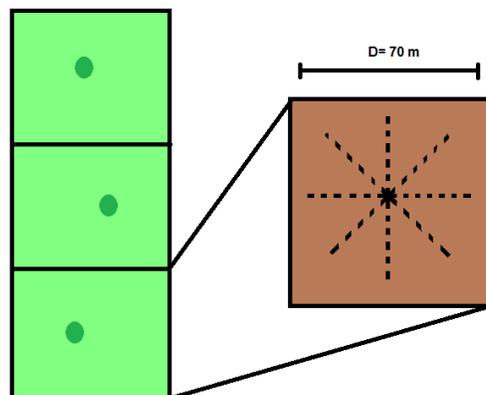


**Figura 15.** Puntos de muestreo en el monte.

**Fuente:** Google Earth (2017)

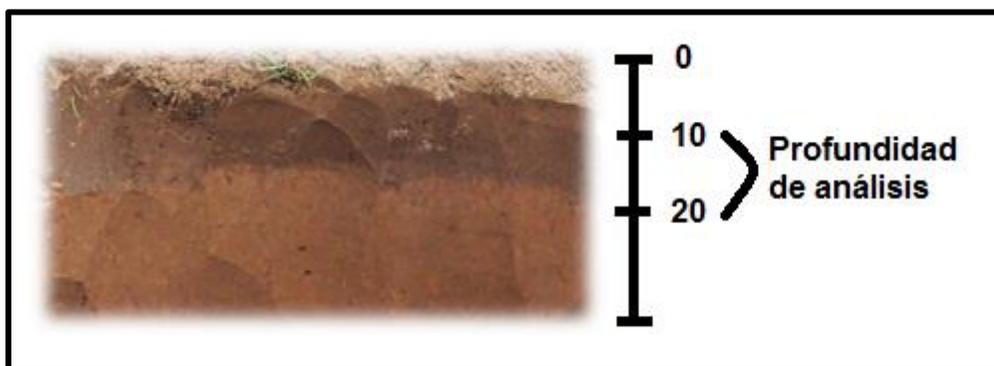
### 3.2.2. Metodología del muestreo del suelo

La toma de muestras de suelo se realizó en la estación de invierno después de la cosecha de la soya donde no se cuenta con muchas precipitaciones pluviales. Se obtuvo mediante un barreno muestreador. Para lo cual la parcela se dividió en tres sub parcelas creando un punto denominado (base) el mismo que se encuentra georreferenciado, se obtuvieron 60 sub muestras alrededor del punto para obtener una muestra compuesta estas se cuartearon y se extrajeron un peso promedio de 1, 2 Kg de suelo. La figura 16. Denota la forma de muestreo realizada en cada una de las parcelas.



**Figura 16.** Toma de muestra alrededor del punto base, división en sub parcelas

La profundidad de muestreo fue de 10 a 20 cm, Debido a que en esta profundidad se encuentra la mayor concentración de la parte radicular de la planta ( Villar Vera, 1998) la figura. 17 muestra la profundidad que se extrajo para los posteriores análisis.



**Figura 17.** Profundidad de muestreo

### 3.2.3. Caracterización de los sistemas de producción

Para realizar la caracterización del sistema de producción que manejan los agricultores en las comunidades de Patujuzal I, Patujuzal II, Taruma, se realizó entrevistas, seminarios. El formato de entrevista se encuentra en los anexo 2.

### 3.2.4. Metodología para la determinación de propiedades físicas, químicas, biológicas y cromatograficas.

Para la evaluación de los parámetros convencionales de suelos tanto físicos como químicos se describe las metodologías empleadas para este fin, tabla 16.

**Tabla 16. Metodologías de análisis de laboratorio**

	PARAMETROS	METODOLOGÍAS	FUENTES
FÍSICO	Textura	Bouyucos	Cochrane, T; Barber, R. (1993)
	Densidad aparente	Extracción de suelo con cilindros de 5 cm de altura y 5 cm de diámetro. Secado en horno a 105°C.	Henríquez y Cabalceta (1999)
	Densidad real	picnómetro	Miranda, R; Caballero A. (2015)

	Porosidad	ecuación: $\%P = \left(1 - \frac{D_{ap}}{D_r}\right) * 100$	Chilón E. (s.f.)
	DMP	Tamizado en húmedo. (sumersión del agregado en el suelo)	CIMMYT (2013)
	Humedad gravimétrica	cilindro y estufa durante 24 horas a 105°C	Miranda, R; Caballero A. (2015)
<b>QUÍMICO</b>	Materia Orgánica	Oxidación húmeda (Walkley and Black)	Aguilar A; Etchevers, J; Castellanos, J (1987)
	Nitrógeno total	kjeldahl	Aguilar A; Etchevers, J; Castellanos, J (1987)
	C/N	C/N = % C total / % N total	Delgado (2006)
	P disponible	Bray II (pH < 7)	Cochrane, T; Barber, R. (1993)
	pH	Potenciómetro. Relación 1:2,5	INIA (2006)
	Conductividad eléctrica	conductivimetro relación 1:2,5	INIA (2006)
	Calcio	Determinación con solución extractante de: acetato de amonio 1 mol/l a pH 7,0 y lantano. determinación por espectrofotometría de absorción y emisión atómica,	INIA (2006)
	Magnesio		
	Sodio		
	Potasio		
	Capacidad de intercambio catiónico	CIC= cationes + acidez de cambio	Aguilar A; Etchevers, J; Castellanos, J (1987)
Ácidos Húmicos	extracción alcalina con NaOH 0,5 M	Dolores, M. (2008)	
Ácidos Fúlvicos			

<b>BIOLÓGICO</b>	Respiración del suelo	incubación en frascos de 1 litro de capacidad con una trampa de NaOH de 10 días a temperatura de 20°C	Miranda, R; Caballero A. (2015)
	Cromatografía de suelo	cromatografía en papel filtro, con hidróxido de sodio 1% y nitrato de plata 0,5%	Restrepo, J ; Pineira, S. (2011)

**Fuente:** Propia

### 3.2.5. Metodologías para el cálculo de índice de calidad y salud del suelo

Para la determinación del índice de calidad del suelo se utilizó los siguientes pasos descritos por (Peralta, 2012):

**Paso 1:** Se realizó el análisis de indicadores físicos químicos y biológicos, tomando en cuenta las características óptimas para el cultivo de soya.

**Paso 2:** Los valores reportados por el laboratorio se estandarizaron a una escala calificativa que va de 1 – 5 teniendo que el valor 5 representa los mejores valores de calidad y salud del suelo, los mismos se rigieron a las escala propuesta por (Delgado, 2012); con lo cual las variables adquieren el nombre de indicadores y cada uno aporta con determinada calificación. Se tomó en cuenta el cuadro situado en anexos 6 de grado de limitación. Que nos indica los parámetros de evaluación para cada uno de los indicadores de calidad y salud del suelo. Estos rangos fueron obtenidos por el trabajos realizados de Peralta (2012), siendo que se complementaron los rangos que no existía en dicha investigación

**Paso 3:** La integración de los indicadores tanto físicos, químicos y biológicos se obtuvo mediante la determinación del promedio de los tres indicadores. La suma de estos indicadores dio como resultado el índice de calidad y salud del suelo de cada parcela en estudio.

### 3.2.6. Metodología del análisis cromatografico.

La metodología realizada para las cromatografías de suelos se determinó según la guía extendida por los autores de **Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo** descrito por Sebastian Pineira y Jairo Restrepo el 2011.

### 3.2.7. Análisis estadístico cromatográfico

#### Regresión lineal

Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal, en el cual ponderamos los resultados obtenidos en los valores de la escala planteada en los cromatogramas.

Las variables que se tomaran en cuenta, para la evaluación cualitativa de la cromatografía. Fueron: el color, forma radial, la terminación y la relación entre zonas. Dándole valores de.

Color	}	Bajo = 1
Forma radial		Medio = 2
Interacción entre zonas		Alto = 3
Terminación		

El modelo se determinó de la siguiente fórmula:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots \dots \dots \varepsilon$$

Y= variable dependiente

$x_1 + x_2 + \dots \dots \dots x_k = \text{variables independientes}$

$y = \beta_1 + \beta_2 + \dots \dots \dots \beta_k = \text{parametros, que miden la influencia de las variables}$

$\varepsilon = \text{Error}$

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización de los sistemas de producción

En base a las parcelas seleccionadas con cultivo de soya de 3, 8, 12, 23 años de manejo en las comunidades Patujuzal I, Patujuzal II y Taruma. Se ha determinado el siguiente sistema de producción.

#### 4.1.1. Cultivos

En las comunidades estudiadas los productores identificaron que el cultivo principal es el cultivo de soya, así mismo el cultivo de arroz está siendo relegado ya que en los últimos años este cultivo fue disminuyendo debido a los precios establecidos y a la sobre importación de este producto a nuestro país. Gracias a estas condiciones los productores pasaron de ser productores de arroz y productores de soya, a un mono cultivo de soya esto por su alta remuneración económica, como al contar con un mercado estable.

Por lo antes mencionado las variedades de soya transgénica que pueden ser cultivadas tanto en la época de invierno como en la época de verano. Son las siguientes. Ver tabla 17.

**Tabla 17. Variedades del cultivo de soya transgénica**

Variedades	Características agronómicas		Reacción a enfermedades	
Tornado	Días de floración	43	Cancro del tallo	Resistente
	Maduración (días)	108	Mildiu	Moderadamente resistente
	Altura de la planta (cm)	59	Oídio	Moderadamente resistente
	Altura de vaina (cm)	15	Mancha anillada	Moderadamente resistente
	Acame planta	1,1	mancha purpura	Resistente
	Peso 100 granos (g)	17,5	Roya	Susceptible
	Rendimiento (t/ha)	3,35	Pudrición de raíz	Susceptible
Paraná	Días de floración	-	Cancro del tallo	Susceptible
	Maduración (días)	130	Mildiu	Susceptible
	Altura de la planta (cm)	82	Oídio	-
	Altura de vaina (cm)	20	Mancha ojo de rana	Resistente
	Acame planta	-	mancha purpura	Resistente
	Peso 100 granos (g)	14	Roya	Susceptible
	Rendimiento (t/ha)	3,55	Pudrición de raíz	Susceptible

#### 4.1.2. Prácticas culturales

- **Campaña agrícola.-** Las campañas agrícolas del cultivo de soya, están muchas veces influenciadas por el régimen de lluvias presentes en la zona, por ello muchas veces los productores esperan las lluvias para realizar la siembra, las fechas establecidas en el la tabla 18, no corresponden a fechas fijas más aun contemplan todas las prácticas culturales (preparación del terreno, siembra, aplicación de fertilizantes y pesticidas, cosecha y otros) realizadas para el cultivo de soya. El año agrícola esta divide en dos campañas agrícolas:

**Tabla 18. Año agrícola de los productores**

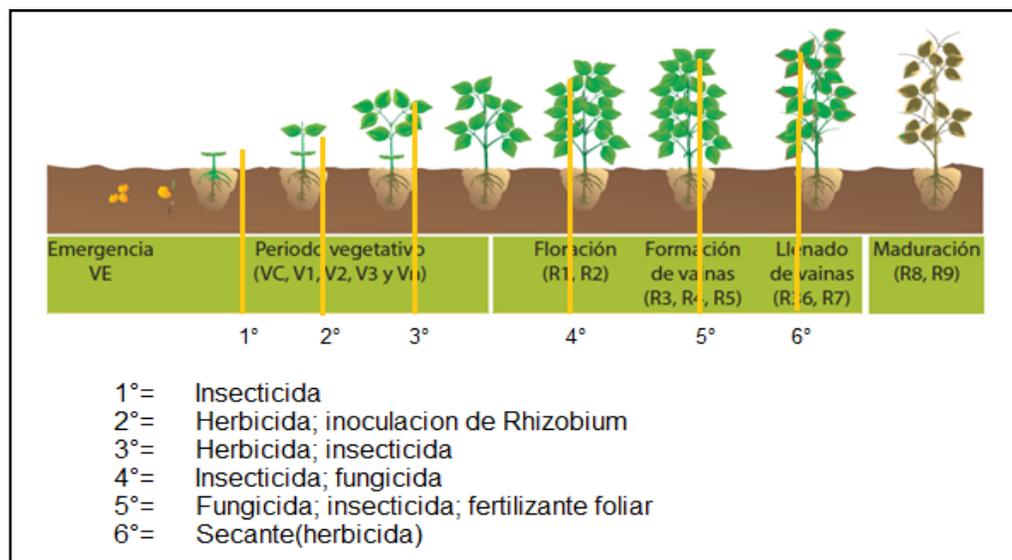
EPOCA	preparacion del terreno	siembra	aplicación de agroquimicos					Cosecha	
			Insecticida	Herbicida, inoculacion	Herbicida insecticida	Insecticida funguicida	funguicida insecticida, fertilizante foliar		secante (herbicida)
invierno	junio-julio	julio	julio	agosto	agosto	septiembre	octubre	octubre - noviembre	noviembre
verano	diciembre	diciembre-enero	enero	febrero	febrero	marzo	marzo- abril	abril	mayo

- **Preparado del suelo.-** El suelo tiene características en su preparación de contar con maquinaria agrícola (tractor) las mismas se realizan con la el volteo del pan de suelo con arrado de disco la remoción se realiza a los primeros 15 cm de profundidad, luego del volteo del pan de tierra, se utiliza las rastras para poder desterronar, nivelar y realizar la posterior siembra para este fin el suelo tiene que contar con una humedad adecuada para no tener problemas en la preparación de la parcela.
- **Siembra.-** Para la siembra se utiliza la semilla certifica de los proveedores como también se utiliza semilla de los productores, su siembra se realiza con una sembradora a chorrillo la cual esta calibrada a una profundidad de 5 cm a una distancia entre surcos de 15 cm y se siembran 18 semillas en un metro lineal. Las características del suelo para la siembra es contar con una humedad adecuada.
- **Plagas, enfermedades y aplicación de agroquímicos.-** Las plagas y enfermedades consideradas en las comunidades de Patujuzal I, Patujuzal II, y Taruma, corresponden a las siguientes características citadas en la tabla 19.

**Tabla 19. Plagas, enfermedades y plaguicidas utilizados por los comunarios**

Característica	Julian Torrico	Guillermo Diaz	Norberto Caba	Marcelino Diaz
Plagas presentes en la parcela	Pulgón, chinche, petita.	Cuarateador, chinche, petita, acaro.	Gusano, petita, chinche.	Gusano, petita, acaro.
Enfermedades presentes en la parcela	Roya	Roya mancha anillada	Roya mancha anillada	Roya mancha anillada
Plaguicidas que se utiliza en la parcela	<b>Herbicidas</b>			
	Glifosato	Glifosato	Glifosato	Glifosato
	<b>Fungicida</b>			
	Exprint elotios	Aspire max cripton alto 100	Funguer	-
	<b>Insecticida</b>			
	Novo	Novo escorial novogol	Novo	novo novo gol

La forma de aplicación está dada por las fumigadoras agrícolas arrastradas por un tractor, es necesario mencionar que las fuentes de agua para el funcionamiento y preparación de los agroquímicos vienen del río (agua estancada).



**Figura 18.** Aplicación de agroquímicos de las parcelas en estudio

Fuente: Propia

- **Cosecha.-** Se realiza cuando ya se ha aplicado el Secante (herbicida) que ayuda a tener una uniformidad con el contenido de humedad y así poder favorecer la cosecha de la soya, se utiliza cosechadoras segadora-trilladora, luego de obtener el grano son transportadas en camiones de alto tonelaje. Los restos vegetales (rastros de cosecha) son amontonados en pequeñas cantidades por el agricultor y posteriormente son quemados en la misma parcela.
- **Rendimiento y post cosecha**  
Los datos de rendimientos se detallan a continuación en la tabla 20, se puede evidenciar que los suelos con mayores años de producción son los que registran menor cantidad de Rendimiento.

**Tabla 20. Rendimientos de la Soya en las parcelas estudiadas**

Característica	Julian Torrico (3 años)	Guillermo Diaz (8 años)	Norberto Caba (12 años)	Marcelino Diaz (23 años)
Rendimiento de las parcelas	<b>VERANO</b>			
	2,3 Tn/Ha	1,75 Tn/Ha	2 Tn/ha	2,5 Tn/Ha
	<b>INVIERNO</b>			
	3,2 Tn/ Ha	2,85 Tn/Ha	2,5 Tn/Ha	1,5 Tn/Ha
<b>Total rendimiento</b>	<b>5,5 Tn/Ha</b>	<b>4,7 Tn /Ha</b>	<b>4,5 Tn/Ha</b>	<b>4,0 Tn/Ha</b>

El manejo de la producción de la soya (post cosecho) es llevado a las instalaciones de acopiadoras de grano de soya ubicadas en la misma ciudad de Yapacani.

## 4.2. Propiedades físicas

### 4.2.1. Textura

De acuerdo al análisis textural que se puede denotar en la tabla 21 los suelos de las parcelas tienen diferentes clases texturales. Aun dentro de la misma parcela. Esta cualidad demuestra que se obtuvieron diferentes comportamiento en contenido de humedad gravimétrica debido a las bajas y altas precipitaciones, siendo favorables para las parcelas con altos contenidos de arcillas en época secas (2016), y malas en años con bastantes precipitaciones pluviales (2017).

Según las investigaciones que se realizaron por (Rosas 1991), describe que el cultivo de soya se desarrolla de mejor manera en los suelos de textura mediana con

contenidos de arcilla superiores al 20% y menores a 60%. Ya que proporciona buenas cantidades de nutrientes requeridas por el cultivo de soya.

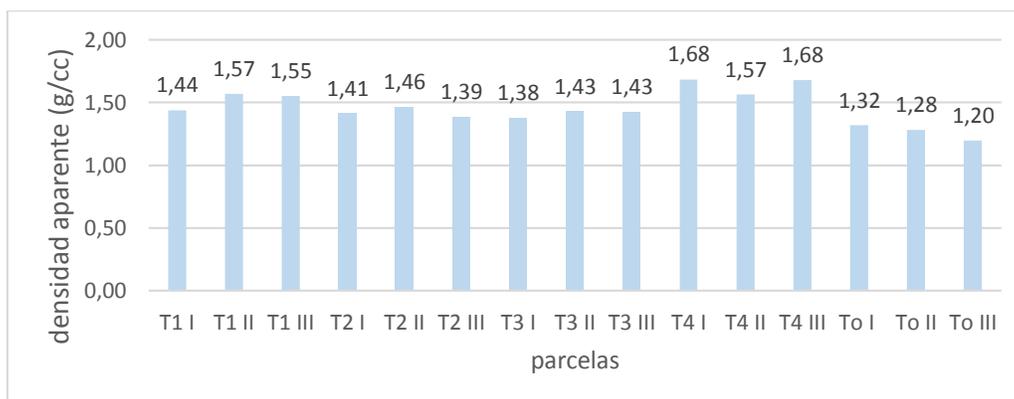
**Tabla 21. Clases textural de las parcelas en estudio con cultivo de soya**

Comunidad	Código de parcelas	Clase textural		
		Muestra I	Muestra II	Muestras III
Taruma	T1 (3 años)	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Patujuzal II	T2 (8 años)	Arcilloso limoso	Arcilloso limoso	Franco arcilla limoso
Patujuzal II	T3 (12 años)	Arcilloso limoso	Franco arcilla limoso	Franco arcilla limoso
Patujuzal I	T4 (23 años)	Franco	Franco	Franco
Patujuzal II	T0 (monte virgen)	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso

#### 4.2.2. Densidad aparente

Referente a los valores obtenidos en la densidad aparente a una profundidad de (20- 25 cm), se ha podido determinar que la parcela de T4 (23 años) obtiene valores más altos con un promedio la Dap es de 1.64 g/cm<sup>3</sup>. Esto probablemente se deba al mayor uso de esta parcela con cultivo como al mayor uso de maquinaria, mientras que los valores obtenidos en las muestras de monte virgen (T0) presentan los menores valores con un valor promedio de 1.27 g/cm<sup>3</sup>, esto debido a que el suelo no estaría siendo influenciado por el manejo producido por el hombre la gráfica 6. Muestra estos valores.

**Gráfico. 6. Valores de densidad aparente en las parcelas de diferentes años con cultivo de soya**

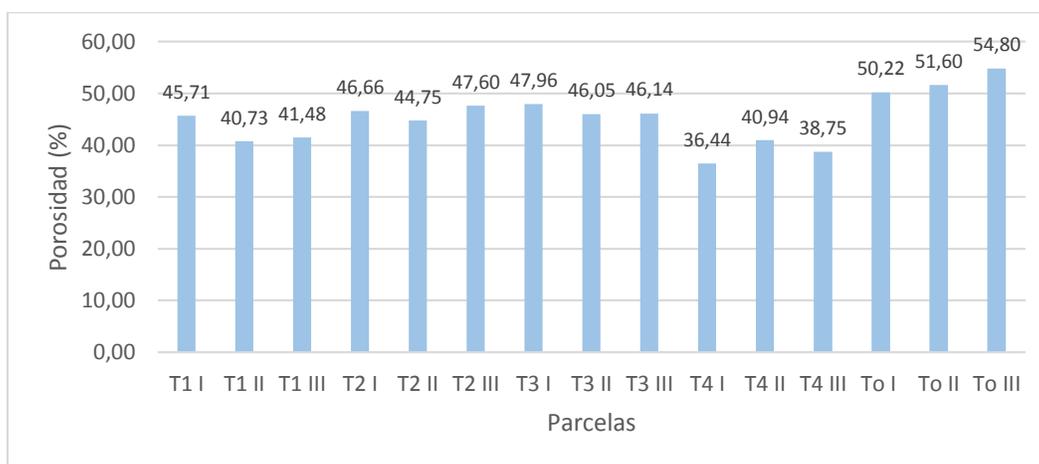


Comparando los datos encontrados en las parcelas con 23 años con cultivo de soya y en base a los estudios realizados por (Trowse y Humbert, 1961) afirman que cambios relativamente bajos de Dap. Pueden producir un efecto devastador en las raíces de muchos cultivos. Valores como 1.52 g/ cm<sup>3</sup> en suelos latosoles llegarían hacer muy críticos para los rendimientos, tal es el caso de la T4 (23 años). Que denota valores muy altos.

### 4.2.3. Porosidad

Los datos de porosidad encontrados en los suelos estudiados presentan valores relacionados entre óptimos y regulares siendo que las parcelas T1 (3 años); T2 (8 años); T3 (12 años); T4 (23 años) y T0 (Monte virgen) y de acuerdo en el grafico 7 presentan valores promedios que corresponden a 44.80%; 44.50%; 46,44% 40.23% y 54.13%; respectivamente. Obtienen la mejor cantidad de porosidad en el T0 (optimo) debido al nulo impacto de la mecanización sobre estos suelos mientras la T4 presenta porosidad (pobre) del suelo esto debido a la utilización de maquinaria pesada y que las mismas generan una capa compactada( suela de arado) que no permite el desarrollo normal de la parte radicular del suelo.

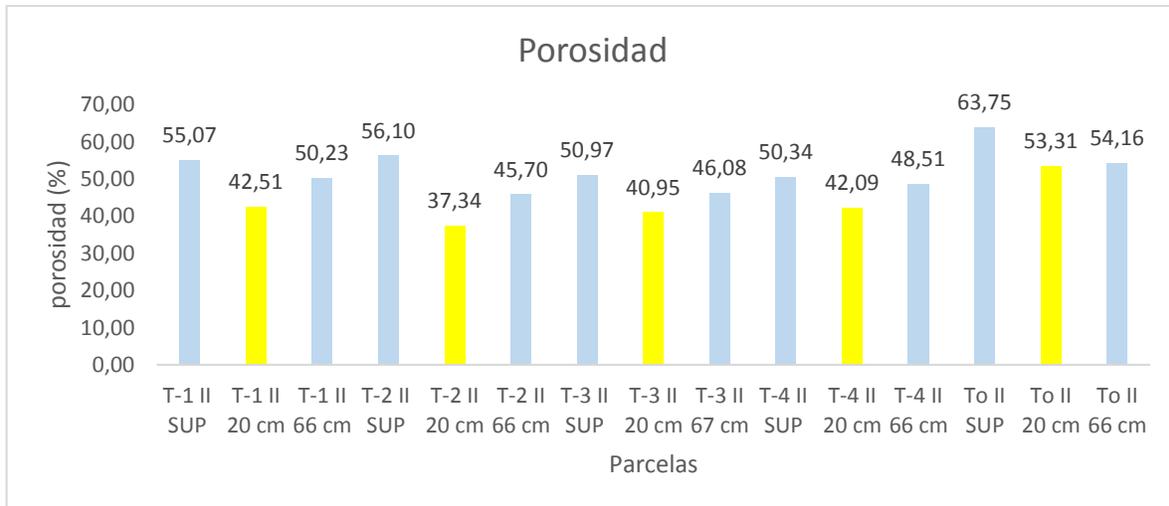
**Gráfico. 7. Porosidad de las parcelas en las parcelas de diferentes años con cultivo de soya**



De acuerdo a la comparación de la porosidad de las parcelas se ha podido evidenciar que existe una mayor porosidad de 0-5 cm de profundidad y mientras que a una profundidad de 20-25 la misma disminuye en todas las parcelas, esto

debido a la formación de la suela de arado, siendo que la porosidad vuelve a incrementarse a mayores profundidades. El gráfico. 8 esta comparación podría estar influenciado por el excesivo manejo de maquinaria pesada. (Tractores, fumigadores, sembradores cosechadores, entre otros)

**Gráfico. 8. Comparación de los suelos en estudio a diferentes profundidades**

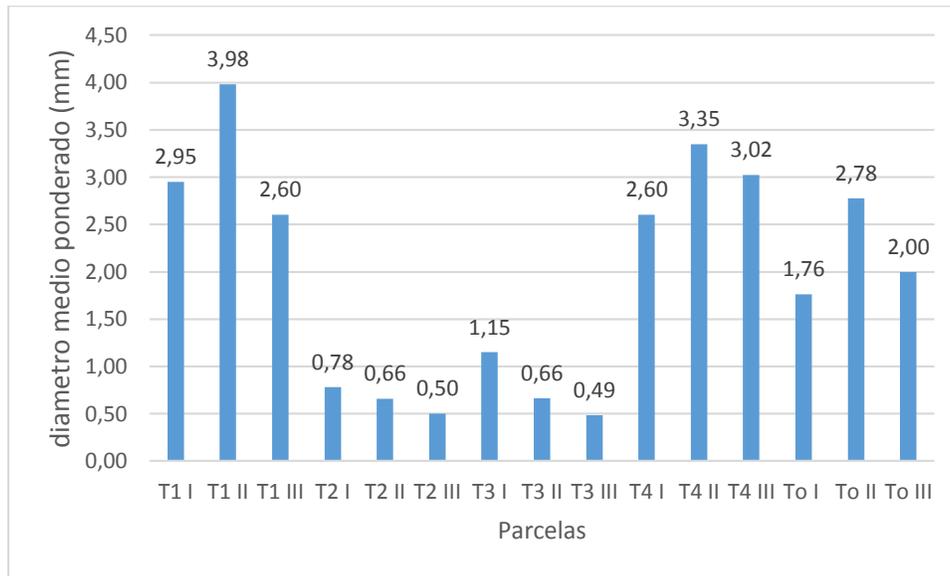


#### 4.2.4. Estabilidad estructural (diámetro medio ponderado de los agregados)

El análisis de la estabilidad estructural de los suelos estudiados. Nos muestra que la parcela de mejor estabilidad estructural es el T1 con un valor promedio de 3,18 mm, el segundo valor más alto corresponde a T4 con un valor promedio de (2,99 mm); El T0 obtuvo un valor promedio de 2.18 mm; mientras que los valores menores se puede apreciar en T2 (8 años) y T3 (12 años) con los promedios de 0.65 mm y 0.77 mm respectivamente.

Los valores de la T1 (3 años) podrían estar muy influenciados por su alto contenido de materia orgánica por otro lado los estudios realizados por (Cagauan y Uehara, 1965), nos dan una pauta de que la estabilidad estructural de suelos estaría estrechamente ligados al contenido de óxidos de hierro libres, el contenido de materia orgánica, el porcentaje de arcilla y la orientación de las partículas de arcilla (anisotropía).

**Gráfico. 9. Diámetro medio ponderado de las partículas de las parcelas**



Según Sánchez (1981) se cree erróneamente que los suelos tropicales estarían siendo afectados por la labranza y que muchos son los factores que determinan este cambio estructural. Que varía de acuerdo con las propiedades del suelo y las prácticas de manejo. La tabla 22 muestra los resultados obtenidos por (Grohmann 1960) que demuestra el efecto de cultivo intenso

**Tabla 22. Efecto de cultivo intensivo en suelos Brasileños**

tamaño de agregados (mm)	Terra Rosa legitima (Oxisol)	
	Bosque (%)	Cultivo (%)
> 2	84,2	48,2
2,0-1,0	1,1	13,2
1,0-0,5	0,5	13
0,5-0,21	0,5	15,1
<0,21	13,7	10,5

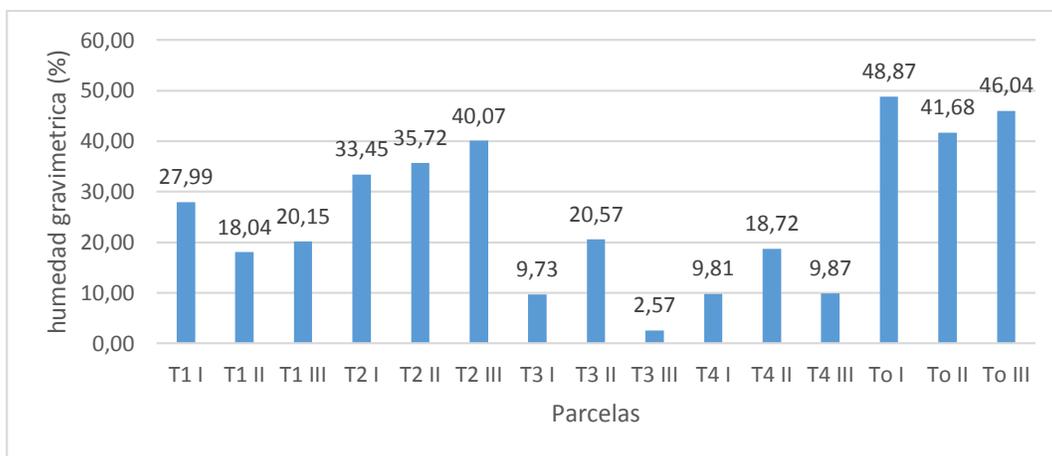
**Fuente:** Grohmann (1960)

#### 4.2.5. Humedad gravimétrica

La humedad gravimétrica evaluada luego de la cosecha de soya muestra que los mayores contenidos de humedad se encuentran en el bosque esto debido a la cobertura vegetal y que Los suelos de cada parcela no presentan dicha cobertura

los valores promedios que corresponden a 22,06%; 36,41%; 10,96%; 12,80% y 45,53%; respectivamente para la T1; T2; T3 y T4. T0; Grafica 10. Para este análisis tenemos que tener en cuenta que los datos pueden ser muy influenciados por las clases texturales existentes en cada uno de los suelos. Así mismo (Sánchez, 1981) afirma que las áreas de bosques pluviales cuentan con características de tener menores temperaturas y que solo alrededor del 15% de la radiación solar llegue al suelo, permitiendo que estas áreas no desmontadas conserven una humedad elevada.

**Gráfico. 10. Humedad gravimétrica de los suelos estudiados.**



### 4.3. Propiedades químicas

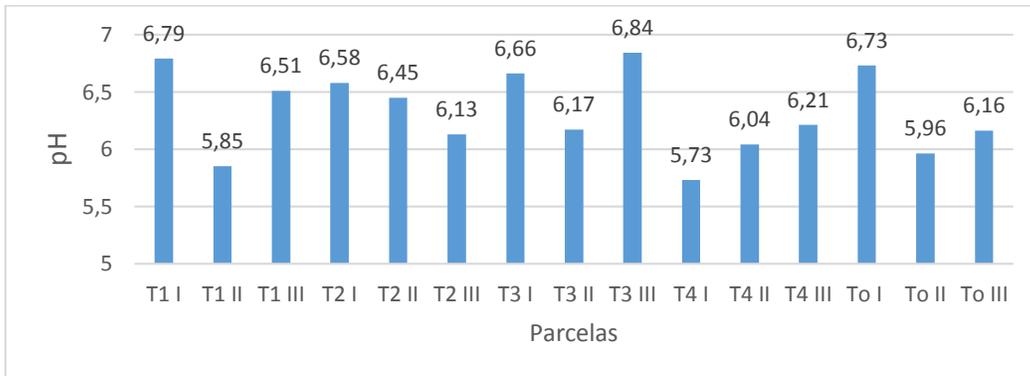
#### 4.3.1. pH

Los suelos de las parcelas estudiados tienen un pH superior de 5,5 este dato nos hace entender que no es necesario realizar un análisis de aluminio y hierro, ya que según los estudios realizados por (Sánchez, 1981) indica que el aluminio intercambiable es más frecuente con valores menores de 5,5. Por lo tanto los suelos evaluados presentaron datos por encima de este pH y se encuentra poca cantidad de aluminio intercambiable.

Las características obtenidas en el análisis de pH de los suelos estudiados nos demuestran que los mismos no estarían muy alejados del valor adecuado propuestos por (Rosas, 1991) que para el cultivo de soya correspondería a un pH 6. Siendo que los valores más bajos se obtuvieron en la parcela T4 (23 años) con

un valor promedio de 5.99 esto debido probablemente a los años de manejo que pudieran producir una acidificación de estos suelos. El valor obtenido en la T0 (monte virgen) con un promedio de 6,28 podría estar ligado a los procesos de mineralización de la materia orgánica que generarían que el pH disminuya. El grafico 11 muestra los valores de pH en las parcelas estudiadas.

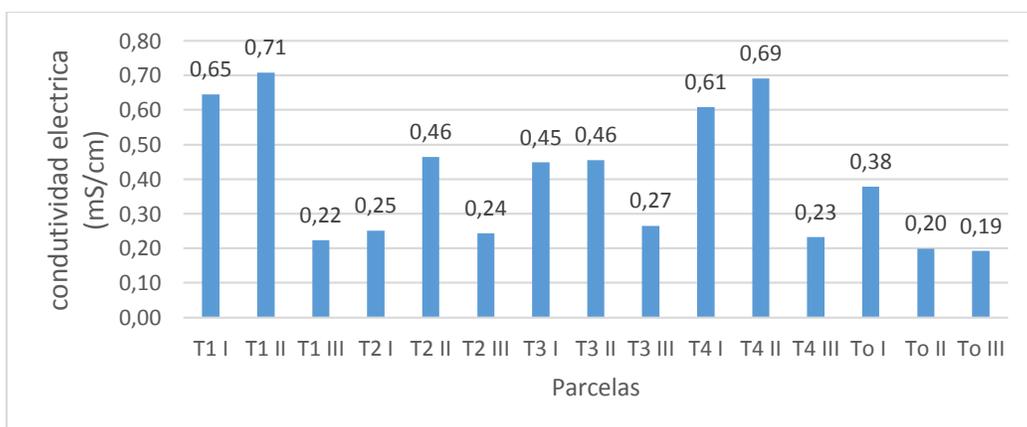
**Gráfico. 11. pH de suelos estudiados**



#### 4.3.2. Conductividad eléctrica

Los valores encontrados en las parcelas de estudio nos demuestran que no existiría problemas de salinidad y los datos de la conductividad eléctrica representan valores relativamente bajos con promedios como 0.26 mS/cm para el monte virgen (T0) y 0.53 mS/cm para la parcela de 3 años de manejo (T1) estos datos estarían muy influenciados debido a las altas precipitaciones pluviales generadas en la zona las cuales producirían un lavado de las sales existentes en el suelo. El grafico 12 muestra estos datos.

**Gráfico. 12. Conductividad de suelos estudiados**



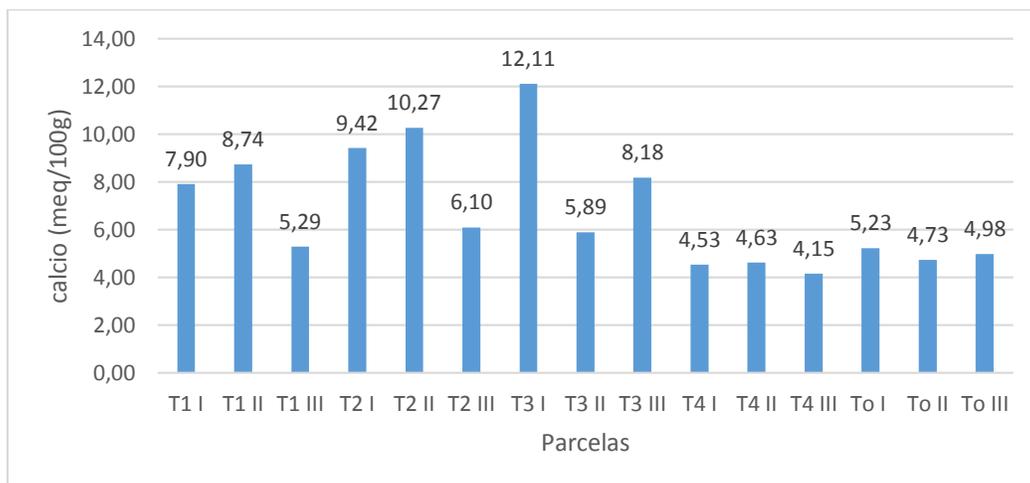
### 4.3.3. Bases Intercambiable

La cantidad de bases intercambiables encontradas en los suelos de las parcelas estudiadas cuenta con valores de calcio, magnesio, sodio y potasio en tienen una fluctuación de bajas y medias demostrándonos que no existe en gran cantidad las mismas es por ello que es necesario realizar un análisis de los tipos de arcillas que contarían las parcelas evaluadas

#### 4.3.3.1. Calcio

Las valores encontradas de calcio intercambiable en los suelos de las parcelas estudiadas muestran valores que medios a bajos siendo que de la T2 y T3 contienen valores promedio de 8.60 meq/100g y 6.06 meq/100g, respectivamente. Así mismo los suelos con más bajas cantidades de calcio corresponderían a T4 con 4.44 meq/100g, como también lo suelos de monte virgen con un valor promedio de 4.98 meq/100g. Los valores de calcio encontrados en el monte virgen (T0) pueden ser muy influenciadas por la cercanía a la fuente de agua y por consiguiente su lavado teniendo que existiría un arrastre superficial y como también (Fassbender 1987) explica que el calcio tiene la capacidad de penetrar en el suelo hasta 80 cm de profundidad después de cuatro años de producción, siendo que esto generaría una acumulamiento de  $\text{CaCO}_3$  en horizontes más profundos. El grafico 13 muestra los valores obtenidos en las parcelas.

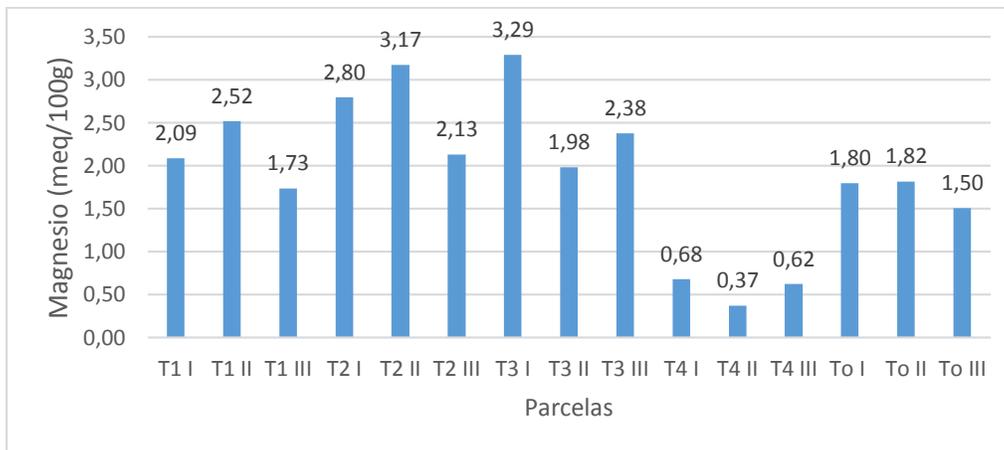
**Gráfico. 13. Calcio en suelos estudiados**



### 4.3.3.2. Magnesio

Los valores obtenidos para cada uno de los suelos se representan en el gráfico 14. Teniendo que los mayor cantidad de magnesio fueron la T2 (8 años) con un valor de 2,75 meq/100; 2,55 meq/100g para T3 (12 años); 2,1 meq/100g para el T1( 3 años); mientras que el suelo T0 (monte virgen) 1,71 meq/100g estos valores estarían en concentraciones altas a muy altas de magnesio los valores promedios del T4 (23 años) 0.56 meq/100g. Se encontraría valores relativamente bajos. esto debido a los años de manejo ya que se estima que las cosechas se extrae entre 10 a 60 kg/ha Mg (Fassbender 1987), esto no es una excepción con respecto a las leguminosas como es el caso de la soya que también requieren cantidades apreciables de Mg.

**Gráfico. 14. Magnesio de suelos estudiados**

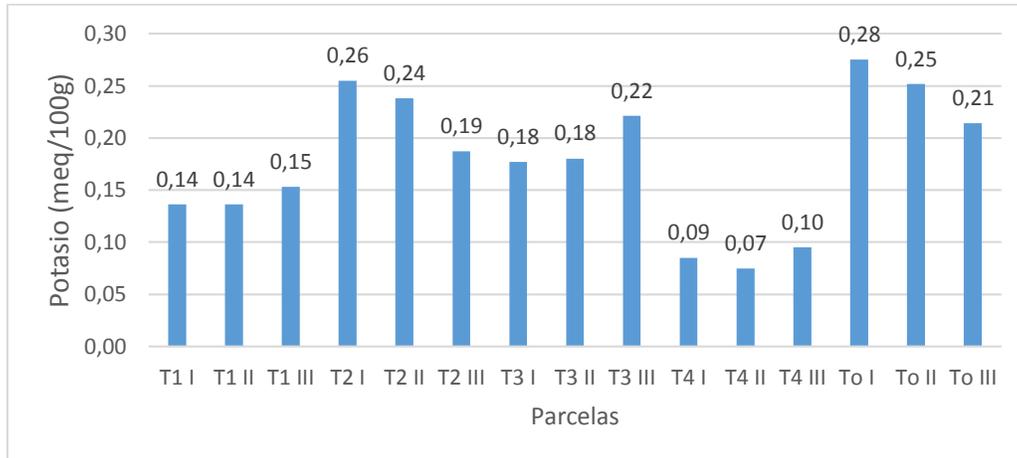


### 4.3.3.3. Potasio

Los datos representados en el gráfico 15. Demuestran que los suelos con mejores cantidades de potasio se encontrarían fluctuando entre valores medios a bajos, la parcelas de monte virgen (T0) tendría un valor promedio de 0.25 meq/100g; el T2 (12 años) con 0.23 meq/100g; el T3 (8 años) con un valor de 0.19 meq/100g y las parcelas con menores cantidades encontradas de potasio corresponderían a las parcelas T1 y T4 con valores de 0.14 y 0.09 meq/100g respectivamente, las cantidades encontradas de potasio en las parcela T1 estarían influenciadas a los diferentes tipos de minerales que no presentarían contenidos altos de K el valor

promedio de la T4 (23 años) sería también influenciado por los años de producción y explotación.

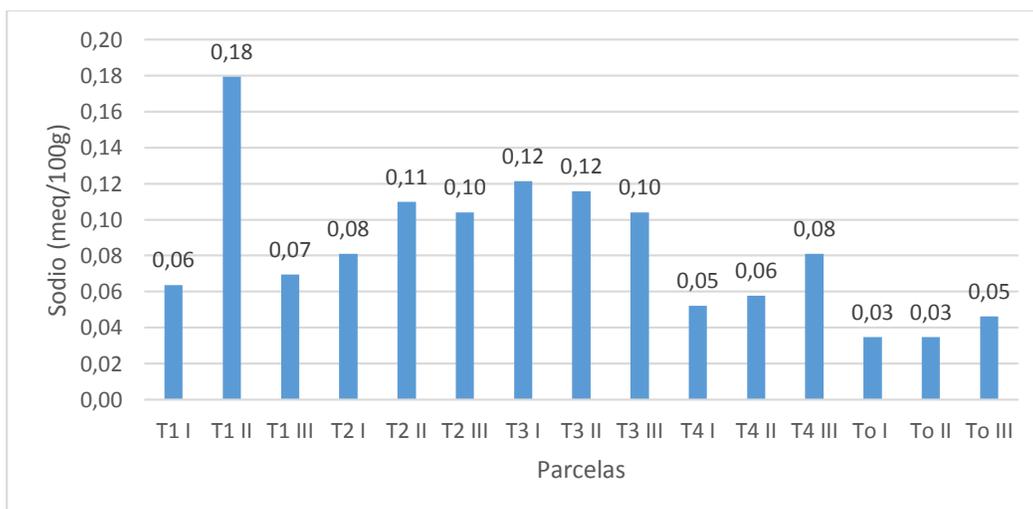
**Gráfico. 15. Potasio de suelos estudiados**



#### 4.3.3.4. Sodio

La cantidad encontrada de sodio se presenta en el grafico 16. No se encontraría mucha importancia en suelos ácidos como son los suelos estudiados ya que los valores estarían fluctuando en un rango bajo a muy bajo de la presencia de Sodio, debido a que el mismo son muy fáciles de lavar con las precipitaciones existentes en la zona siendo que su presencia es muy minima en las parcelas en estudio.

**Gráfico. 16. Sodio de suelos estudiados**

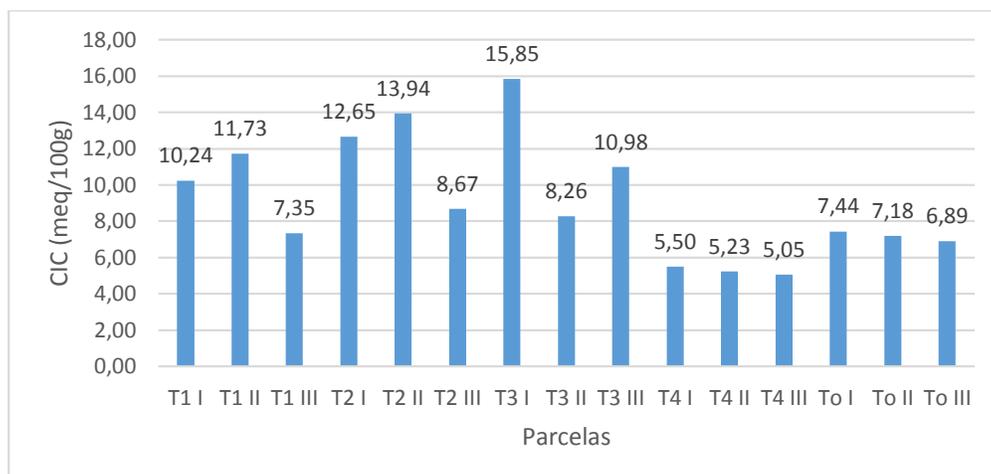


#### 4.3.4. Capacidad de intercambio catiónico

Las parcelas en estudio demuestran que se encontraron valores más altas de capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los T2 (8 años) y T3 (12 años) gráfico 17, esto estaría influenciado a las cantidades de arcillas en su textura, como también las cantidades de MO. En el caso del suelo del monte virgen podríamos mencionar que son muy bajos, debido que podrían existir diferentes tipos de arcillas mineralógicas.

Es importante mencionar que los suelos de las parcelas de 8 años y 12 años son suelos que después de la cosechar de soya los rastrojos son quemados generando más cantidades de bases de cambio.

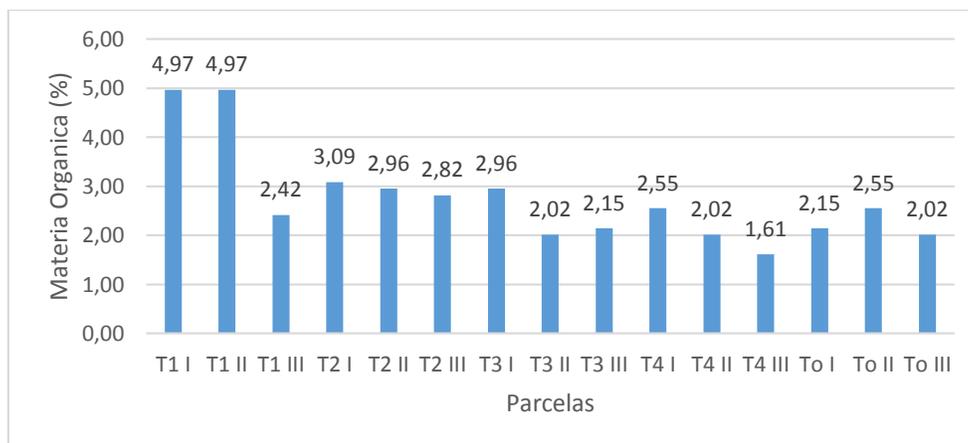
**Gráfico. 17. Capacidad de Intercambio Catiónico en suelos estudiados**



#### 4.3.5. Materia orgánica

Se puede apreciar que las parcela de reciente aprovechamiento agrícola (T1), tiene Mayor cantidad de materia orgánica esto debido al efecto residual del bosque y a la remoción del suelo, incorporando así materia orgánica. Para el caso de T0 los valores de M.O. registrados un valor promedio de 2.24% las parcelas T2, T3 y T4 contienen un valor promedio de 2.96%, 2.38, 2.06; la gráfica 18 muestra M.O. en las parcelas estudiadas.

**Gráfico. 18. Materia orgánica total en suelos evaluados.**



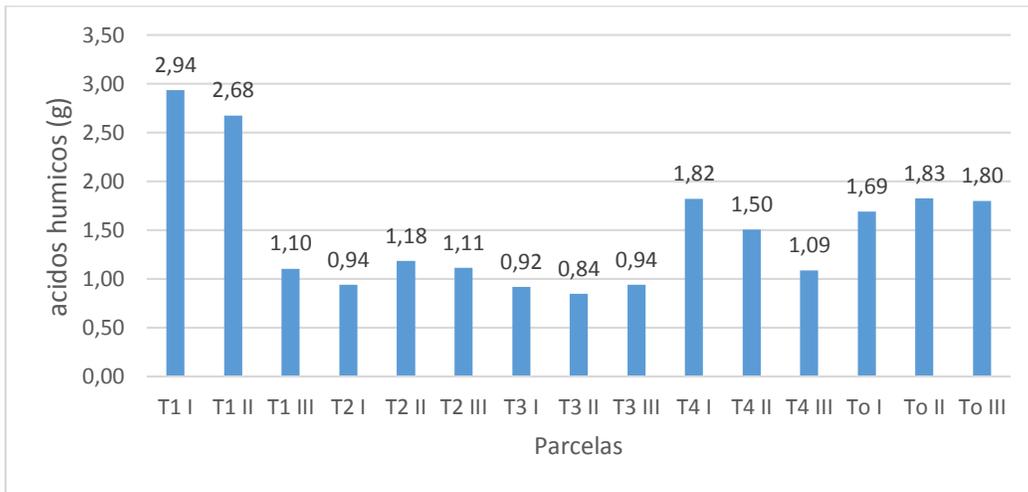
El análisis realizado de materia orgánica en esta investigación hace necesario mencionar que los resultados obtenidos fueron realizados a una profundidad entre 10-20 centímetros. Si bien el monte virgen contaría con valores medios es necesario mencionar que la superficie cuenta con bastante hojarasca siendo que la toma muestras estarían siendo influenciadas por parte de esta profundidad ya que estos suelos no contarían con una incorporación de materia orgánica por alguna remoción del suelo.

El ecosistema del suelo en la rizosfera de monte virgen, es un sistema que contiene raíces vivas y que estarían en constante simbiosis con la microbiología del suelo. Esto no quiere decir que los suelos trabajados serán más fértiles, sino que su fertilidad se incrementaría en los primeros años de aprovechamiento y que con la sobreexplotación de la misma su degradación se haría mucho más rápida.

#### **4.3.5.1. Ácidos húmicos y fulvicos**

Las parcelas que fueron evaluadas obtuvieron mayor cantidad de ácidos húmicos en los suelos de T1 con 2.24 g promedio y que los suelos de la T3 contienen las menores cantidades con un promedio de 0.90 g. Estos datos se representan en el gráfico 19.

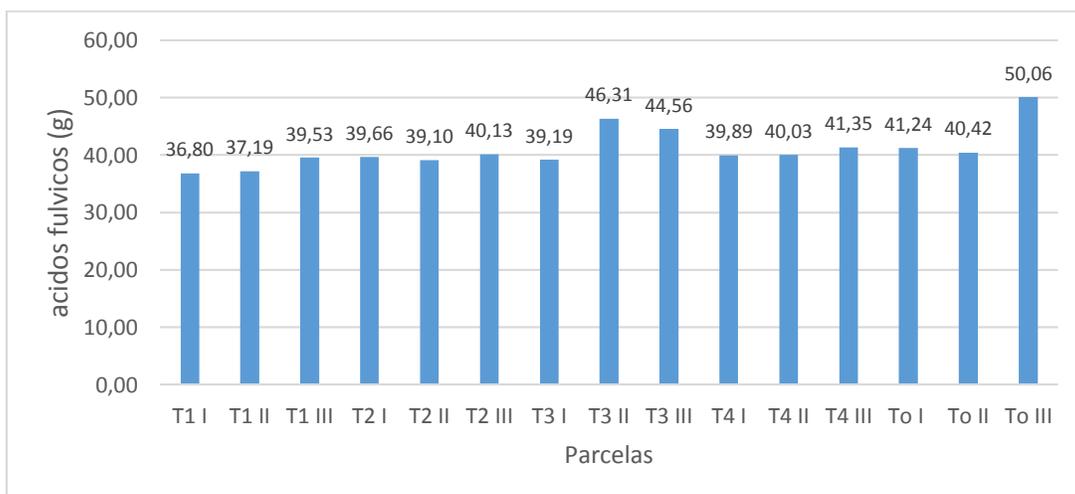
**Gráfico. 19. Ácidos húmicos en suelos evaluados**



La relación existente de los datos obtenidos con los ácidos húmicos está muy ligados a los datos obtenidos con los porcentajes de Materia orgánica. Los valores de ácidos húmicos estarían muy influenciados por la presencia de materia orgánica. Tal como indica (Dolores, 2008).

Los datos obtenidos por los ácidos fulvicos no obtuvieron muchos cambios en las parcelas en estudio como se puede observar en el grafico 20. Esto debido que se requiere otros procedimientos que son necesarios para poder extraerlos y ser más específicos en su clasificación como en su valoración.

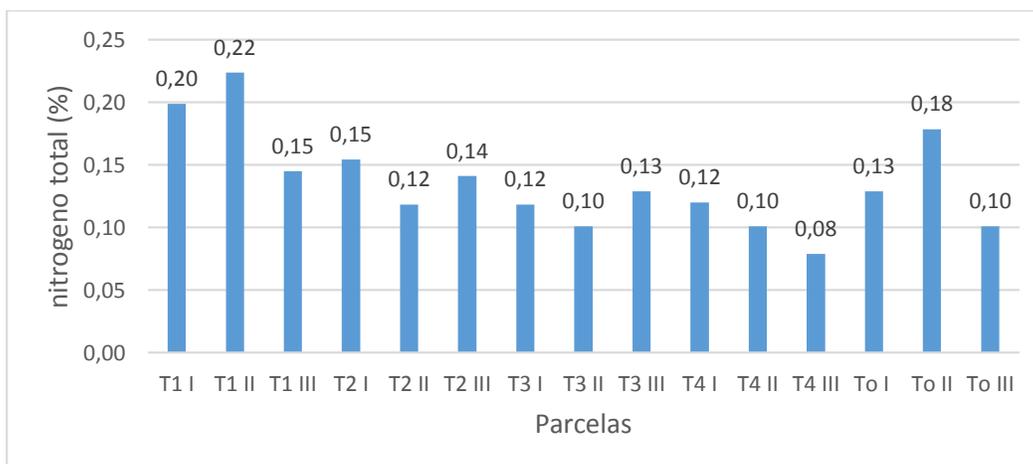
**Gráfico. 20. Ácidos fulvicos en suelos evaluados**



#### 4.3.6. nitrógeno

Los contenidos de nitrógeno total obtenido en los suelos de las parcelas en estudio demuestran que los suelos estarían fluctuando entre medios y altos, teniendo que el T1 obtuvo el valor promedio más alto de 0,19% de nitrógeno, los tratamientos T0 y T2 obtuvieron un promedio de 0,14% mientras que los datos de T3 obtuvieron un promedio de 0,12% en nitrógeno total, el valor más bajo se obtuvo en la T4 con 0,10% en promedio de nitrógeno. Estos últimos valores pueden estar posiblemente influenciado por los años de manejo que tienen las parcelas con cultivo de soya. Como también al no aportar algún insumo de origen orgánico u otro que aporte con nitrógeno al suelo. Los mismos se pueden observar en el grafico 21.

**Gráfico. 21. Nitrógeno total de suelos estudiados**

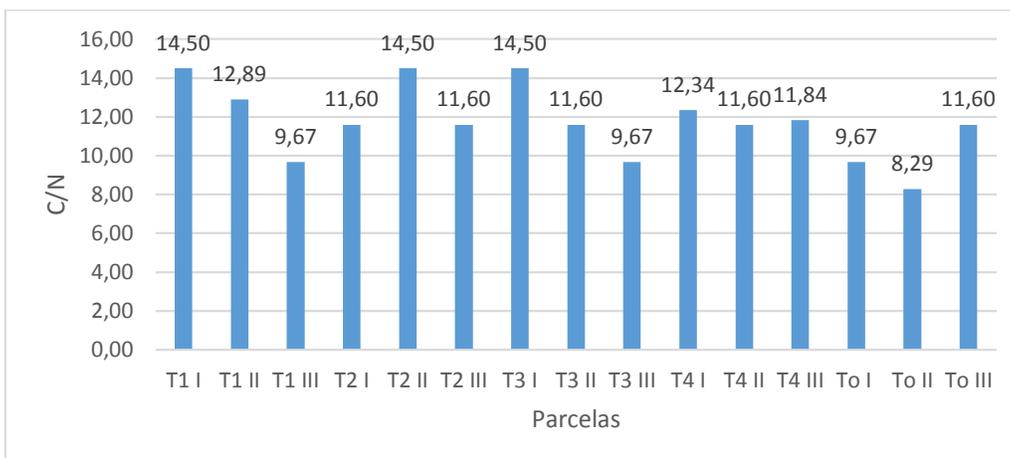


De alguna manera el cultivo de soya es auto suficiente en nitrógeno, ya que la misma puede fijar las cantidades de nitrógeno necesarias para su desarrollo, esto como se sabe es debido a la simbiosis que existe entre las plantas y la bacteria Rhizobium. En las parcelas en estudio se pudo evidenciar que existiría la inoculación de esta bacteria.

#### 4.3.7. Relación carbono/Nitrógeno

La relación de carbono/nitrógeno obtenido en las parcelas de estudio denota que todas tienen un valor fluctuante y que no existirían problemas o la competencia con los microorganismos y por ende existiría la descomposición e incorporación de los residuos vegetales y animales a la materia orgánica. Grafico 22.

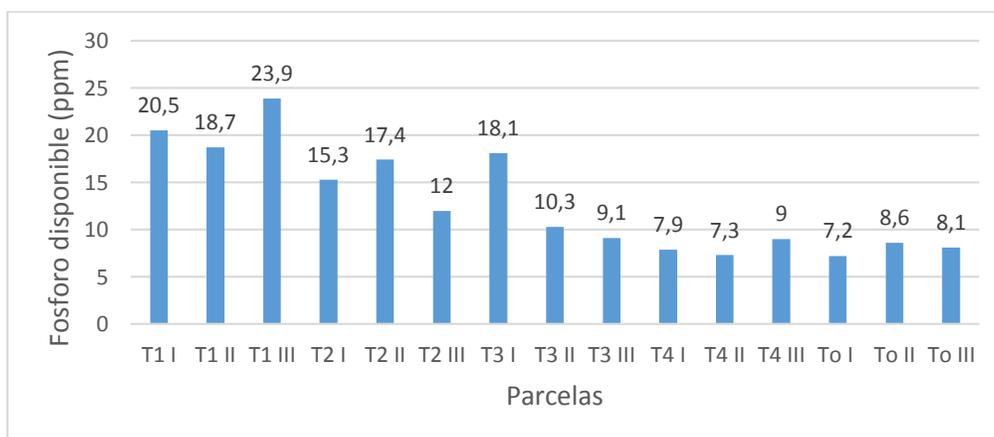
**Gráfico. 22. Relación carbono nitrógeno en suelos evaluados**



#### 4.3.8. Fosforo disponible

Los datos obtenidos de las parcelas en estudio demuestran que fosforo disponible se encontrarían en valores bajos y medios estos valores se representadas en el grafico 23 y muestran que las parcelas con mayor cantidad de fosforo son la de T1 (3 años) que tienen un valor promedio de 21.03 ppm y que los suelos de menor cantidad de fosforo encontrado fueron la de T0 (monte virgen) con un valor promedio de 7.97 ppm.

**Gráfico. 23. Fosforo disponible en suelos estudiados**



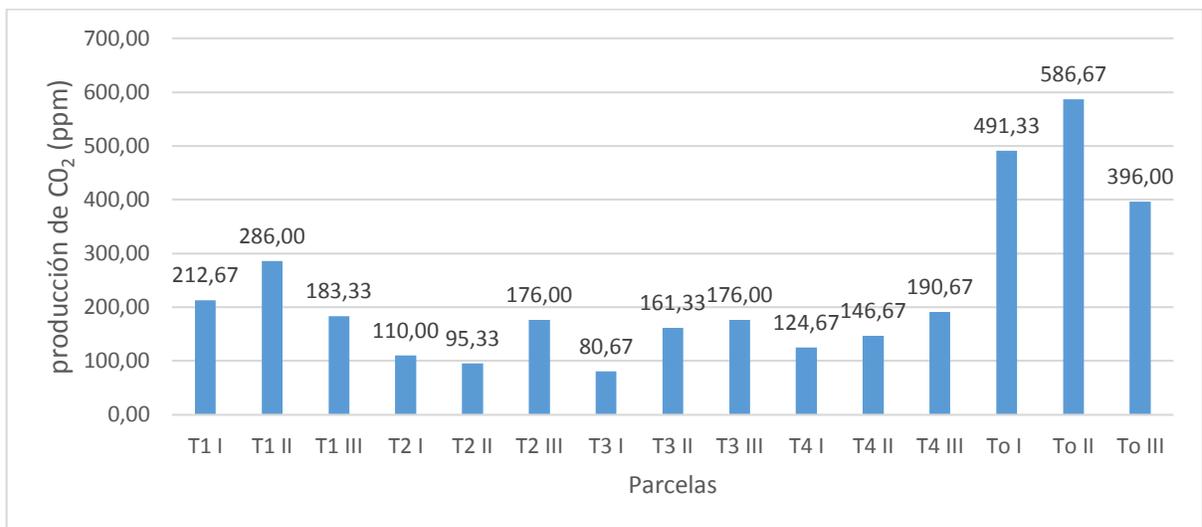
#### 4.4. Propiedades biológicas

##### 4.4.1. Respiración del suelo

Respecto a la evaluación de la producción de CO<sub>2</sub> de los suelos estudiados. En el grafico 24 se puede apreciar que los valores del monte virgen tienen una mayor

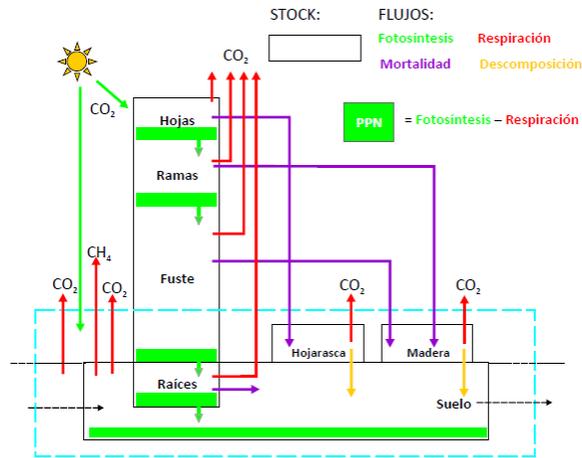
cantidad de CO<sub>2</sub> producido con un valor promedio de 491.3 ppm y que las parcelas estudiadas cuentan con una producción mínima de CO<sub>2</sub> no encontrando mucha diferencia entre parcelas. La parcela de 8 años (T2) cuenta con los valores más bajos con un valor promedio de 127.11 ppm de CO<sub>2</sub>, esto debido seguramente a la intervención del ecosistema del suelo con la aplicación de muchos agroquímicos que generarían una baja actividad microbiología del suelo.

**Gráfico. 24. Producción de CO<sub>2</sub> en suelos evaluados**



Es importante mencionar que muchas de las características de la producción de CO<sub>2</sub> estarían ligadas a los diferentes tipos de interacción existentes entre los microorganismos como a la parte radicular de la plantas y que conociendo como funcionaria un sistema en constante flujo del carbono, podríamos entender de mejor manera estos resultados.

Muchas de las características del suelo en los bosques tropicales de la zona necesitan ser tomadas en cuenta. Realizando un análisis de flujo de carbono podemos entender la importancia para la evaluación de la producción de CO<sub>2</sub> del suelo, y cuanto de carbono es retenido en los diferentes stocks que existen tanto para los suelos agrícolas como para los suelos de monte virgen.



**Figura 19.** Flujo de carbono en el sistema de bosque tropical

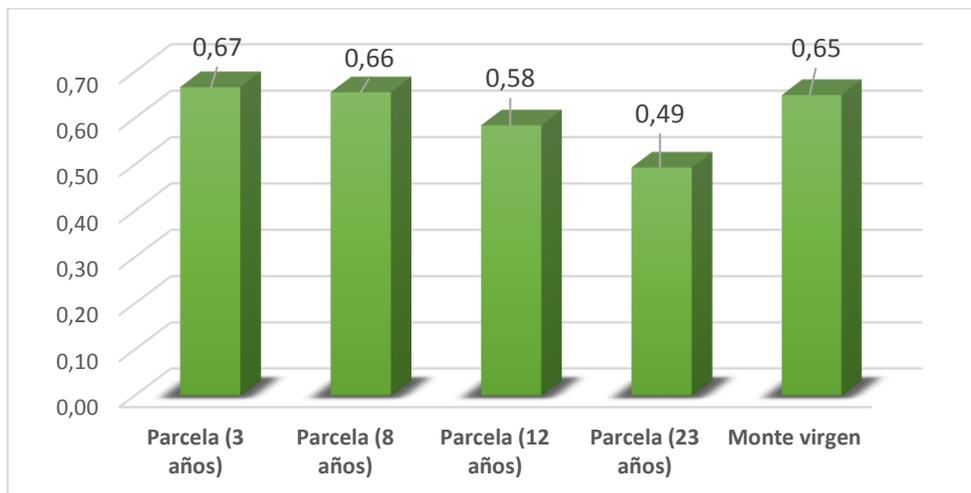
**Fuente:** Honorio (2010)

La característica importante para la evaluación de la producción de CO<sub>2</sub> del suelo, radica en cuanto de carbono es retenido en los diferentes stocks que existen tanto para los suelos agrícolas como para los suelos de monte virgen.

#### 4.4.2. Índice de calidad y salud del suelo

El análisis de calidad y salud el suelo para las parcelas estudiadas se refleja en el grafico 25 los datos de cálculo se encuentran en el anexo 4. Este índice de calidad y salud del suelo global (ICSSG) se interpretaron de acuerdo a la escala propuesta por Delgado (2010).

**Gráfico. 25.** Valores de índice de calidad y salud del suelo global



El suelo de mejores características según la escala propuesta se encuentra la parcela 1 que corresponde a una parcela de: 3 años de manejo esto debido a que al tratarse de una parcela nueva y que al habilitar la misma se obtuvo buena cantidad de MO, porosidad con la remoción del suelo (preparado del suelo) y que las condiciones indican que la fertilidad de la misma es buena.

La segunda parcela que obtuvo un valor alto fue la T2 que corresponde a una parcela de: 8 años de manejo esto debido a que las características tomadas en cuenta para la textura preferencial de la soya y que la misma presenta alta cantidad de arcillas aumentando la disponibilidad de nutrientes.

Las parcelas obtenidas para los suelos de monte virgen obtuvieron un valor de 0,65 este valor no es despreciable y se encuentra muy cercano a las parcelas de 3 años y 8 años de manejo, existen muchos factores que requieren mucha mayor investigación para que se pueda apreciar los valores del monte virgen algunos como la mineralogía de las arcillas existentes en este monte estudiado.

En el caso de los suelos correspondientes a T3 Y T4 de 12 años y 23 años respectivamente. La T3 es un suelo que tiene un ICSSG relativamente bajo pero que en la escala corresponde a una parcela de buena calidad según el ICSS con respecto al caso de T4 la parcela cuenta con el valor más bajo de entre todas las parcelas estudiadas esto seguramente debido a los años de producción que tiene esta parcela, al uso de maquinaria como también al de un sistema de producción convencional que degrada el recurso suelo.

#### **4.5. Evaluación del método cromatografico del suelo para el diagnóstico de la salud del suelo**

Siendo la evaluación cromatografico un análisis cualitativo del suelo, es necesario presentar las imágenes de cada uno de las muestras las cuales fueron posteriormente calificadas para que sean evaluadas esta calificación e interpretación se describe en metodología.



**Figura 20.** (T1 I): Parcela con 3 años de manejo

La imagen cromatografía de la muestra T1 I muestra que existe una aeración adecuada, no presenta una compactación fuerte, pero la zona interna demuestra que los minerales no estarían disponibles en su totalidad, la zona de materia orgánica nos denota que existiría gran cantidad de compuestos orgánicos y que los mismos estarían en proceso de mineralización, la zona enzimática muestra que existiría actividad biológica.



**Figura 21.** (T1 II): Parcela con 3 años de manejo

La cromatografía de T1 II, nos demuestra que existe una zona de aireación, la zona mineral muestra que existiría un proceso de disponibilidad de los minerales, la zona de materia orgánica, nos da a entender que los nutrientes estarían asimilables para las plantas, la zona externa demuestra que existiría actividad biológica



**Figura 22.** (T1 III): Parcela con 3 años de manejo

La cromatografía de T1III la zona central muestra que existiría un suelo con aireación, la zona mineral no estaría muy asimilable para la planta, la zona de materia orgánica está todavía en proceso para ser asimilable para las plantas y la zona externa estaría provista de actividad biológica.



**Figura 23.** (T2 I): Parcela con 8 años de manejo

La parcela de 8 años de manejo presentaría una zona central de buena aireación la zona mineral cuenta con las características de presentar un anillo en la perimetral y que no se denotaría muy bien esta zona esto indicaría que no excitaría muchos nutrientes todavía disponibles para la planta. La zona intermedia no contaría con las condiciones de disponibilidad ya que el color de la cromatografía se encontraría entre café oscuro. La zona de externa se encontraría con actividad biológica limitada.



**Figura 24.** (T2 II): Parcela con 8 años de manejo

La zona central se encontraría en condiciones de presentar buena aireación; la zona mineral presentaría condiciones desfavorable ya que no se encontraría esta asimilable porque presentaría un anillo y no se encontraría una armonía en el corrido, la zona de materia orgánica estaría con una cantidad de materia organica ya mineralizada y que en la zona enzimática no se contaría con mucho actividad biológica.



**Figura 25.** (T2 III): Parcela con 8 años de manejo

La cromatografía expuesta en la figura 25. Muestra que se cuenta con una zona central provista de aeración y que la zona mineral tendría una coloración no deseada como también no contaría con una integración armónica, la zona de materia orgánica contaría con una asimilación muy favorable. Y que la zona externa no contaría con mucha actividad biológica.



**Figura 26.** (T3 I): Parcela con 12 años de manejo

La imagen cromatografica de la figura 26. Muestra que el suelo tendría una buena aeración en la parte central y que la zona mineral se tendría algunos nutrientes que no estaría en disponibilidad para la planta, la zona de materia orgánica constaría de poseer muchas cualidades deseables para la planta debido a que la zona estaría integrada en su totalidad, la zona externa presentaría un anillo de color oscuro el cual indicaría presencia de pesticidas y con muy poca cantidad de actividad biológica.



**Figura 27.** (T3 II): Parcela con 12 años de manejo

En la figura 27 la zona central de un color marrón claro la misma integrada con la zona mineral nos indica que los mismos no estarían con una buena disponibilidad para poder ser aprovechados debido a la coloración no deseada, como también que el suelo presentaría materia orgánica asimilable para las plantas, la zona externa presenta un anillo oscuro el cual indica la presencia de pesticidas entre otros, como también la baja cantidad de actividad microbiológica.



**Figura 28.** (T3 III): Parcela con 12 años de manejo.

En la figura 28. Se puede observar que el suelo cuenta con una zona de aireación amplia que contaría con una zona interna y que estaría asimilable para las plantas, la zona intermedia costaría de materia orgánica en un proceso avanzado de maduración, la zona externa presentaría un anillo oscuro que podría ser la presencia de agroquímicos y que la imagen cromatografica tendría bajos niveles de actividad microbiológica.



**Figura 29.** (T4 I): Parcela con 23 años de manejo

La cromatografía mostrada en la figura 29 demuestra que la zona central presenta signos de escasa aireación como también muestra que la formación de un anillo presente delimitando la zona mineral, la cual indicaría que los suelos presentan problemas de encontrados en procesos para que los minerales sean disponibles para las plantas, también no presenta materia orgánica muy apreciable se puede evidenciar que existe una zona periférica que denota que existiría muy poca cantidad de actividad biológica con una mancha oscura claramente visible que denota contaminación de agroquímicos.



**Figura 30.** (T4 II): Parcela con 23 años de manejo

El análisis muestra que el suelo estudiado para la T4 II, cuentan con muy baja cantidad de aireación y que la zona mineral estaría constituida por los materiales edáficos que estarían en proceso de meteorización, no pudiendo estar disponible para las plantas. La cantidad de materia orgánica presente en la zona intermedia nos demuestra que los valores no elevados; la zona periférica no cuenta con características de presentar actividad biológica y el anillo perimetral denotaría la presencia de agroquímicos acumulados en la parcela.



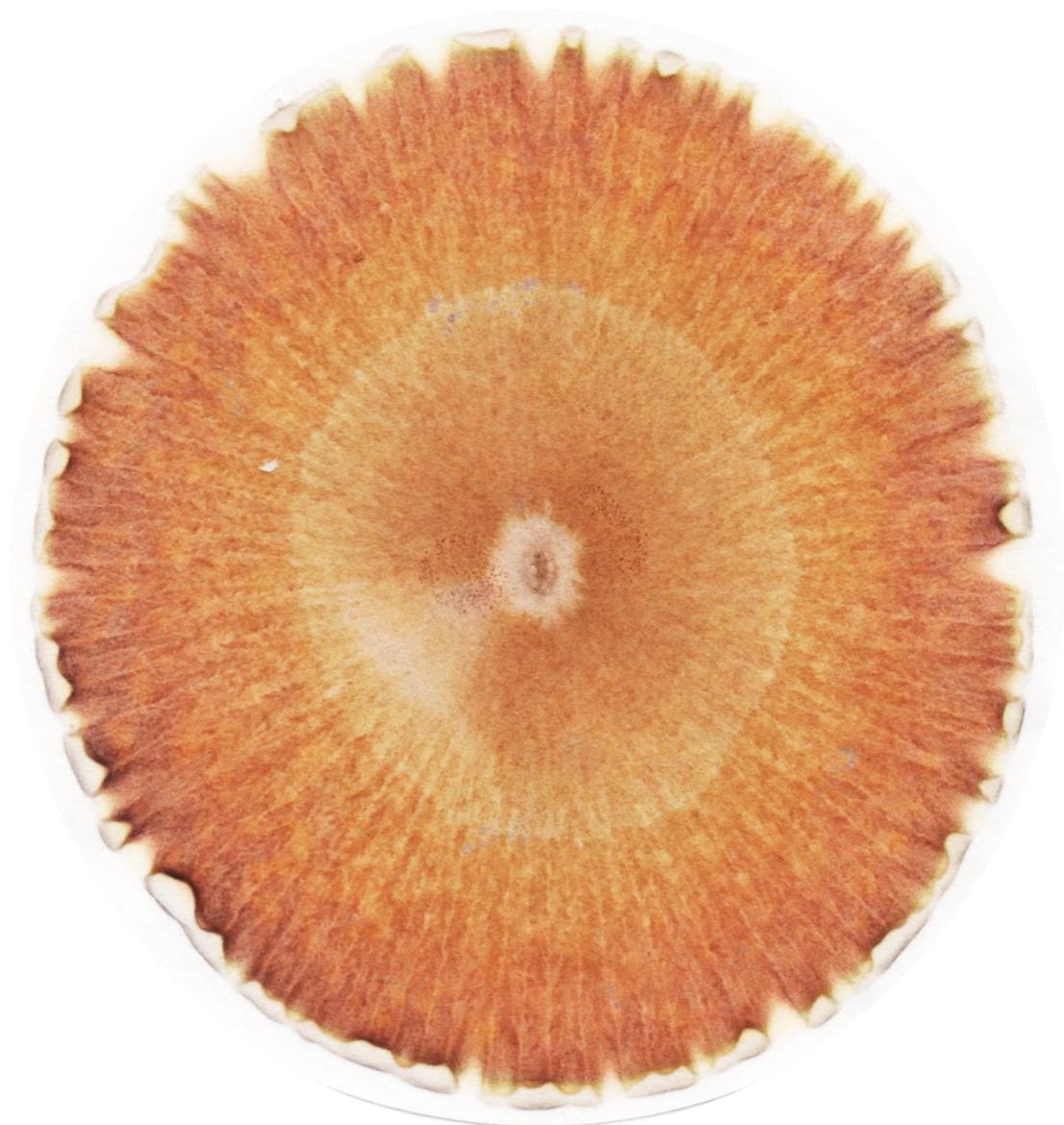
**Figura 31.** (T4 III): Parcela con 23 años de manejo

Los valores apreciables visualmente en la cromatografía presente en la figura 26. Demuestran que la zona central presentaría poca aireación y que la zona interna presentaría rasgos de aportar con nutrientes para las plantas y que la zona intermedia no presentaría grandes cantidades de materia orgánica. La zona externa presentaría una deficiencia de actividad biológica. Como también un anillo perimetral que reflejaría la presencia de agroquímicos.



**Figura 32.** (To I): monte virgen

La cromatografía indica que existe una zona central que presenta condiciones favorables en aeración del suelo y que la zona mineral se encuentra disponible para la planta ya que existiría una armonía del corrido cromatografico. La zona intermedia nos hace entender que existiría una maduración óptima de la materia orgánica y que esta puede ser disponible para la planta. En la zona enzimática se puede apreciar que existe una gran cantidad de actividad microbiana



**Figura 33.** (T0 II): Monte virgen

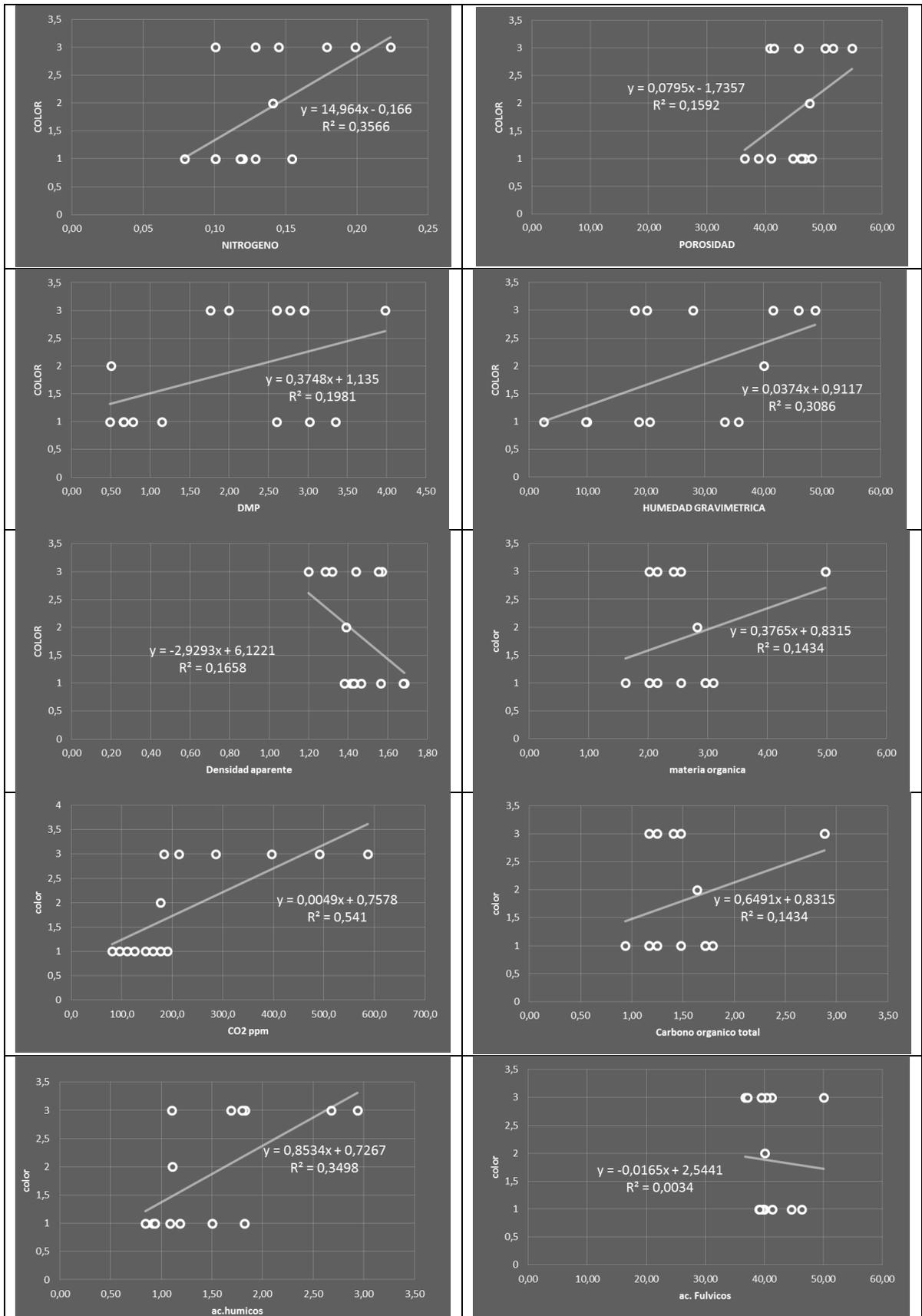
La cromatografía descrita en la T0 II, nos indica que la materia orgánica del suelo demuestra que la zona central estaría prevista por aeración y que se encuentra con la zona mineral asimilable para las plantas pero no contaría con la armonía en la corrida del suelo. La zona de materia orgánica se encuentra disponible para las plantas. Y que existe gran cantidad de actividad biológica en el suelo esta se puede apreciar en la zona externa.



**Figura 34.** (T0 III): Monte virgen

La cromatografía mostrada en la figura 33. Nos demuestra que existiría un suelo con una buena aeración y que la zona mineral asimilable para las plantas, la zona intermedia muestra que estaría en el proceso mineralógico que ayudaría a para que los nutrientes se encuentren disponibles para la planta. La zona externa estaría compuesta de bastante actividad biológica lo que indicaría una buena característica para la cromatografía.





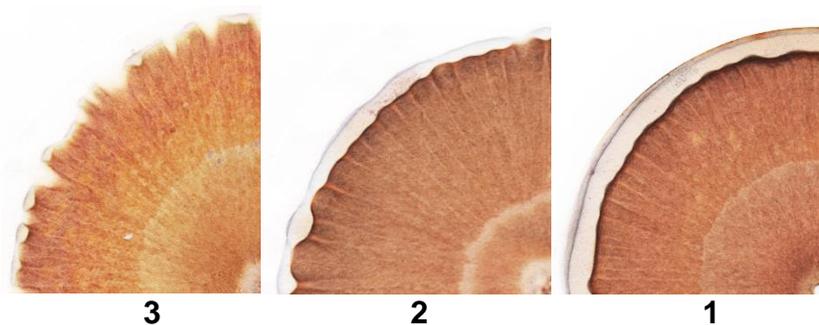
Los datos de la regresión y correlación entre los parámetros físicos y químicos con el color de la cromatografía de suelos corresponderán a los siguientes resultados presentados en la tabla 23.

**Tabla 23. Resumen de regresión y correlación de color**

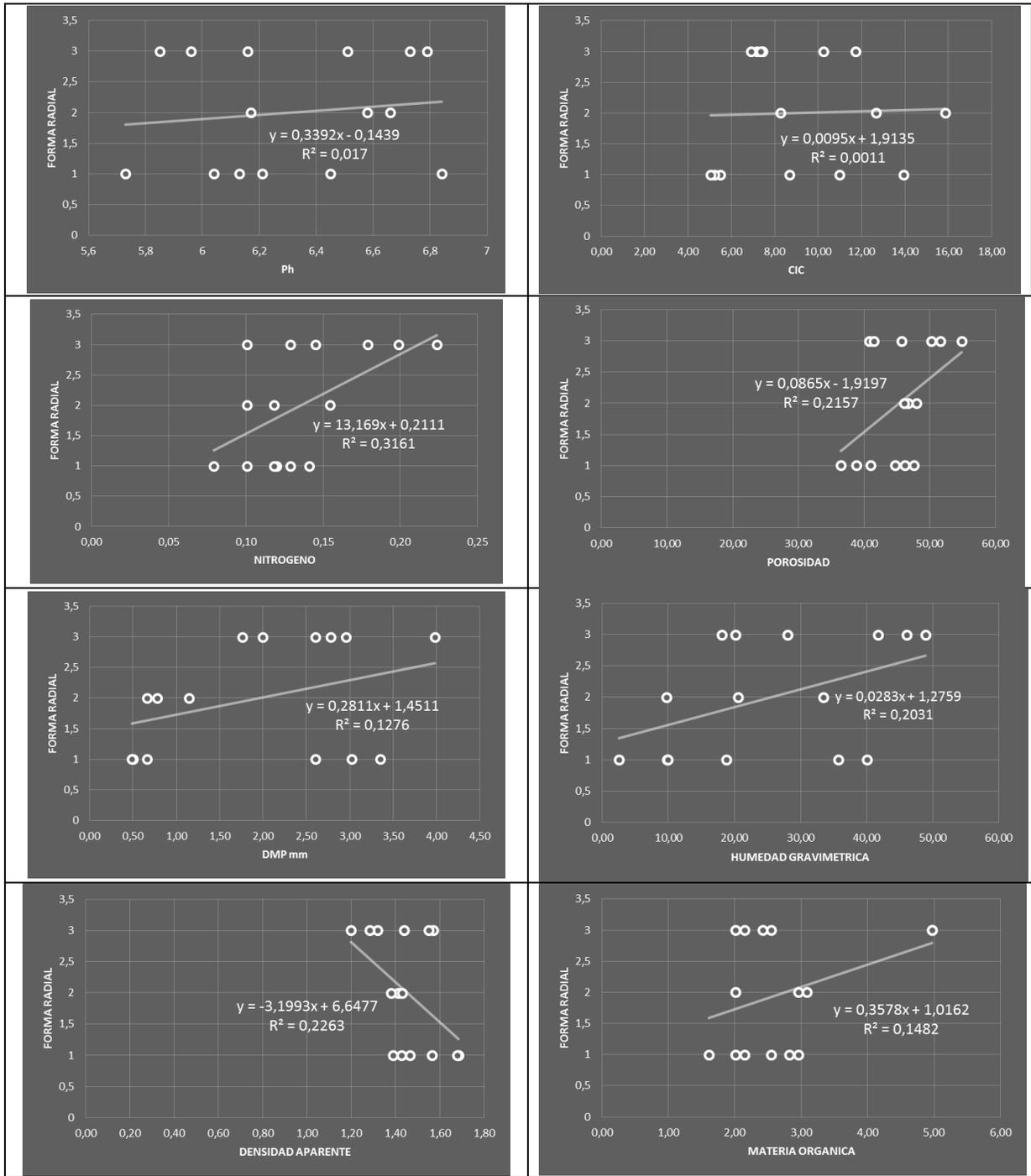
REGRESION DE COLOR	R2	R2 %	CORRELACION
COLOR/ pH	0,00006	0%	-0,01
COLOR/ CIC	0,03	3%	-0,18
COLOR/ Nt	0,29	29%	0,54
COLOR/POROSIDAD	0,16	16%	0,40
COLOR/DMP	0,20	20%	0,45
COLOR/HUMEDAD GRAVIMETRICA	0,31	31%	0,56
COLOR/ Dap	0,17	17%	-0,41
COLOR/M.O.	0,14	14%	0,38
COLOR/CO2	0,54	54%	0,74
COLOR/COT	0,14	14%	0,38
COLOR/ ACIDOS HUMICOS	0,42	42%	0,65
COLOR/ ACIDOS FULVICOS	0,0034	0%	-0,06

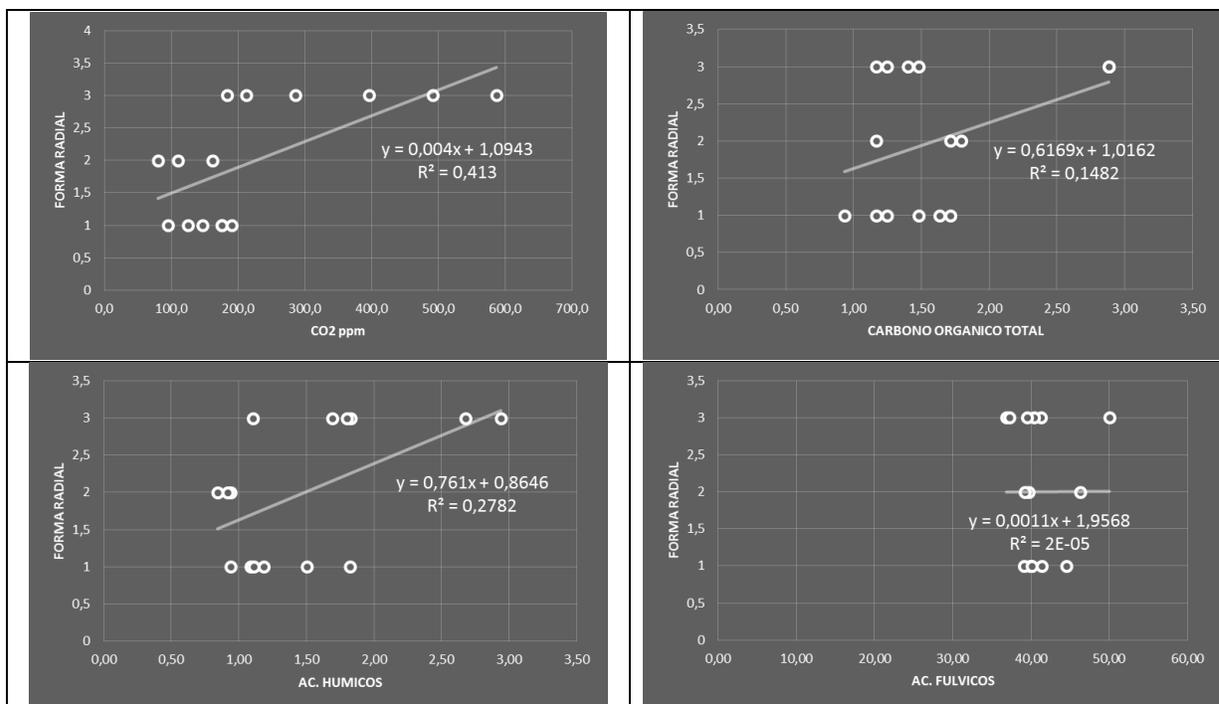
**Forma radial:**

Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:



**Gráfico. 27. Regresión de la formación radial**





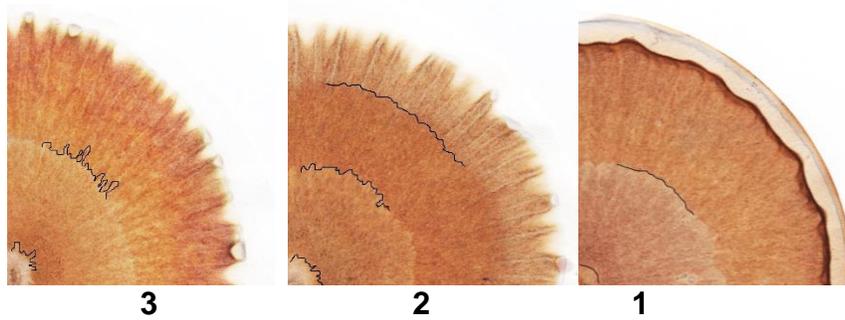
Los datos de la regresión y correlación existente entre los parámetros físicos y químicos con la forma radial en la cromatografía de suelos corresponderán a los siguientes resultados presentados en la tabla 24.

**Tabla 24. Resumen de regresión y correlación de forma radial**

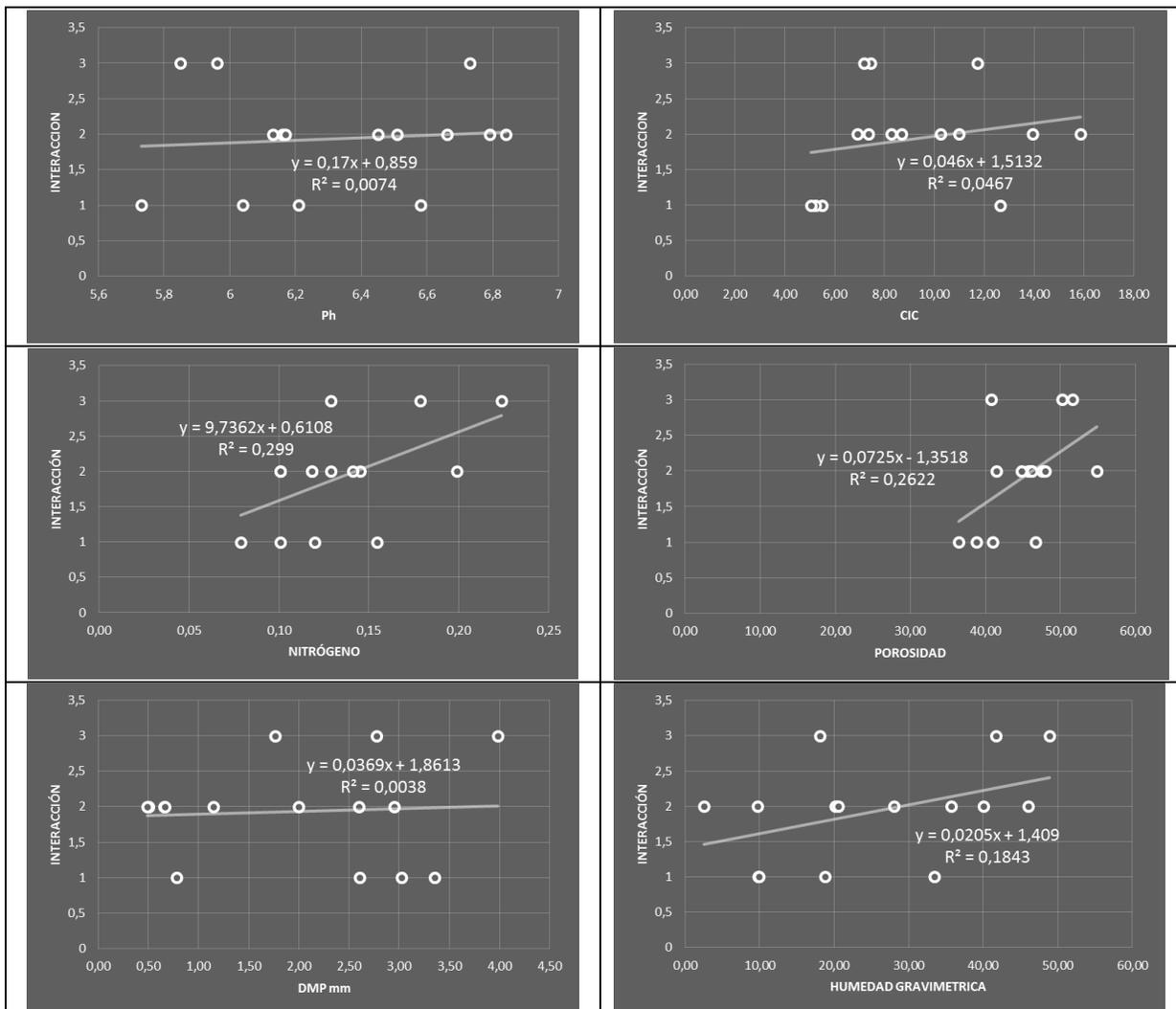
REGRESION DE FORMA RADIAL	R2	R2 %	CORRELACION
FORMA RADIAL/ pH	0,02	2%	0,13
FORMA RADIAL/ CIC	0,00	0%	0,03
FORMA RADIAL/ Nt	0,30	30%	0,54
FORMA RADIAL/POROSIDAD	0,22	22%	0,46
FORMA RADIAL/DMP	0,13	13%	0,36
FORMA RADIAL/HUMEDAD GRAVIMETRICA	0,20	20%	0,45
FORMA RADIAL/ Dap	0,23	23%	-0,48
FORMA RADIAL/M.O.	0,15	15%	0,38
FORMA RADIAL/CO2	0,41	41%	0,64
FORMA RADIAL/COT	0,15	15%	0,38
FORMA RADIAL/ ACIDOS HUMICOS	0,28	28%	0,53
FORMA RADIAL/ ACIDOS FULVICOS	0,00002	0%	0,00

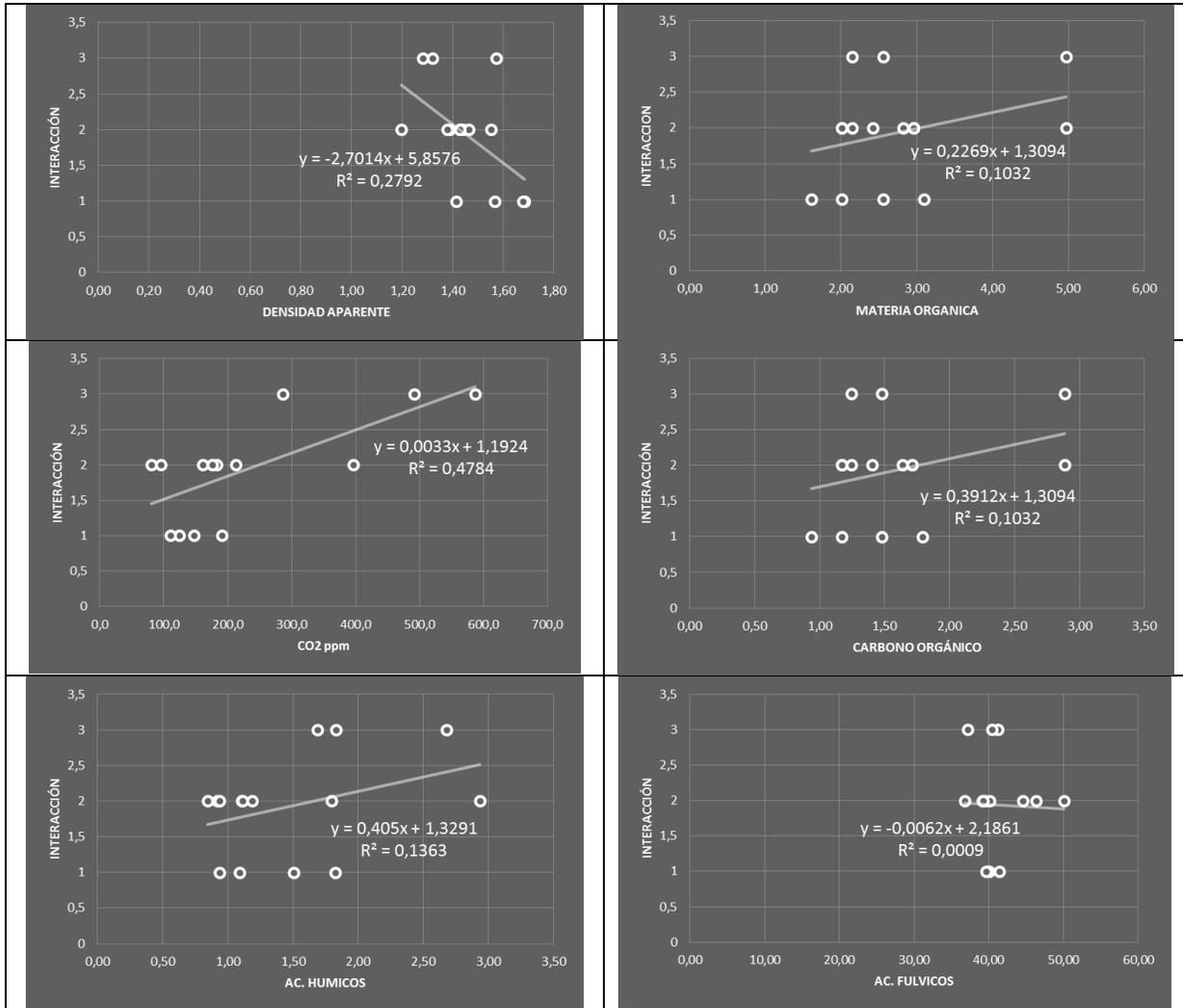
## Interacción:

Las características de evolución de la integración de las zonas están basada en siguientes imágenes y su ponderación



**Gráfico. 28. Regresión de interacción con parámetros**





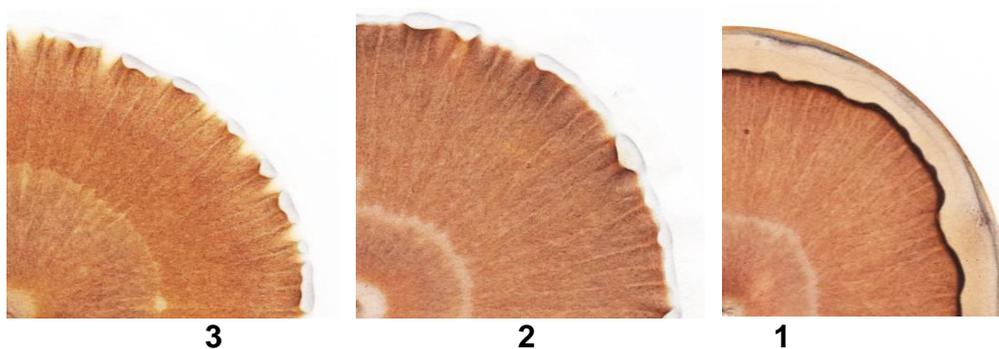
Los datos de la regresión y correlación existente entre los parámetros físicos y químicos con la interacción de las zonas en la cromatografía de suelos corresponderán a los siguientes resultados presentados en la siguiente tabla 25.

**Tabla 25. Resumen de regresión y correlación con la interacción**

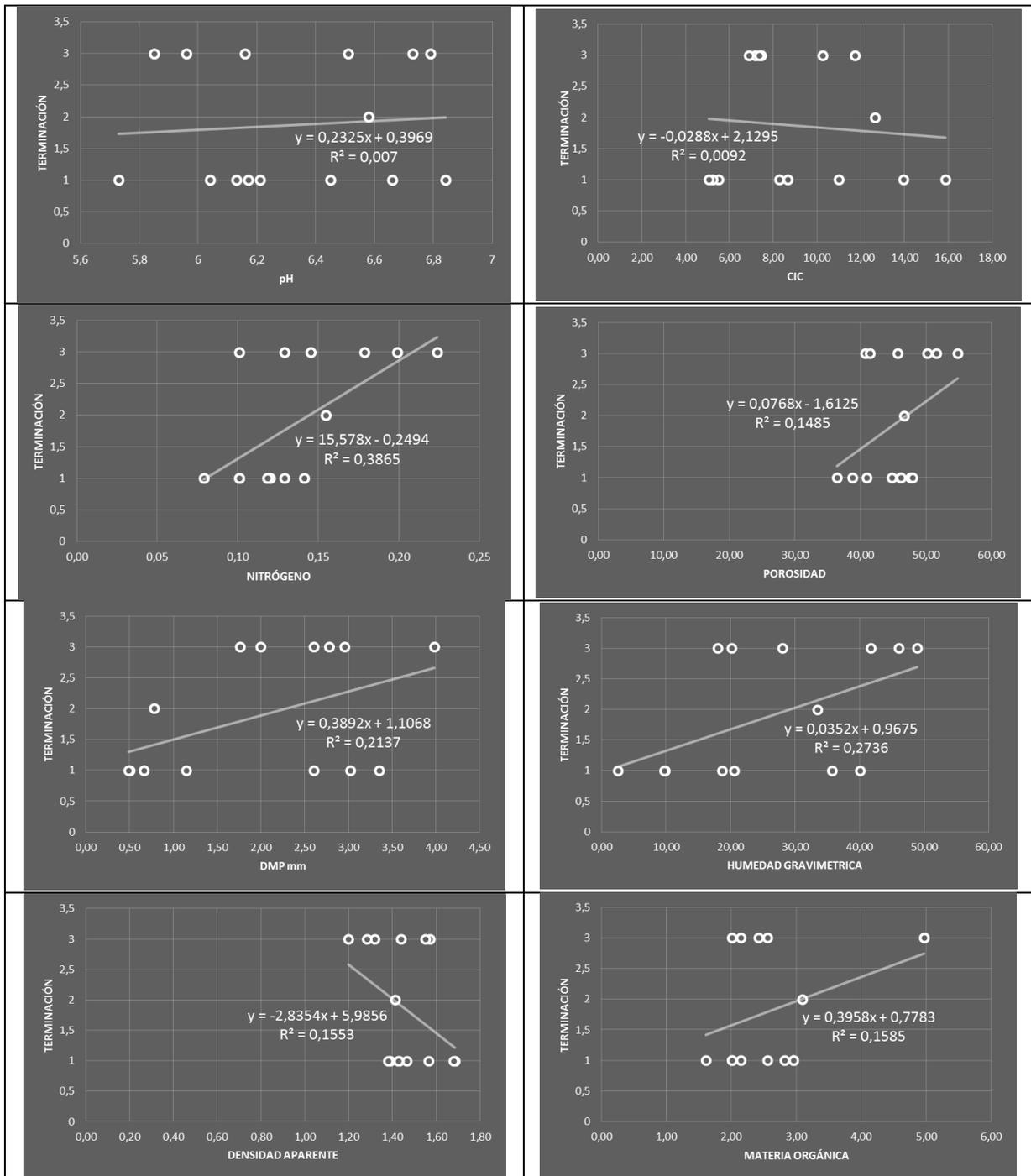
REGRESION DE INTERACCION	R2	R2 %	CORRELACION
INTERACCIÓN/ pH	0,00737101	1%	0,09
INTERACCIÓN/ CIC	0,05	5%	0,22
INTERACCIÓN/ Nt	0,04	4%	0,19
INTERACCIÓN/POROSIDAD	0,26	26%	0,51
INTERACCIÓN/DMP	0,0038	0%	0,06
INTERACCIÓN/HUMEDAD GRAVIMETRICA	0,18	18%	0,43
INTERACCIÓN/ Dap	0,28	28%	-0,53
INTERACCIÓN/M.O.	0,10	10%	0,32
INTERACCIÓN/CO2	0,48	48%	0,69
INTERACCIÓN/COT	0,10	10%	0,32
INTERACCIÓN/ ACIDOS HUMICOS	0,14	14%	0,37
INTERACCIÓN/ ACIDOS FULVICOS	0,00092752	0%	-0,03

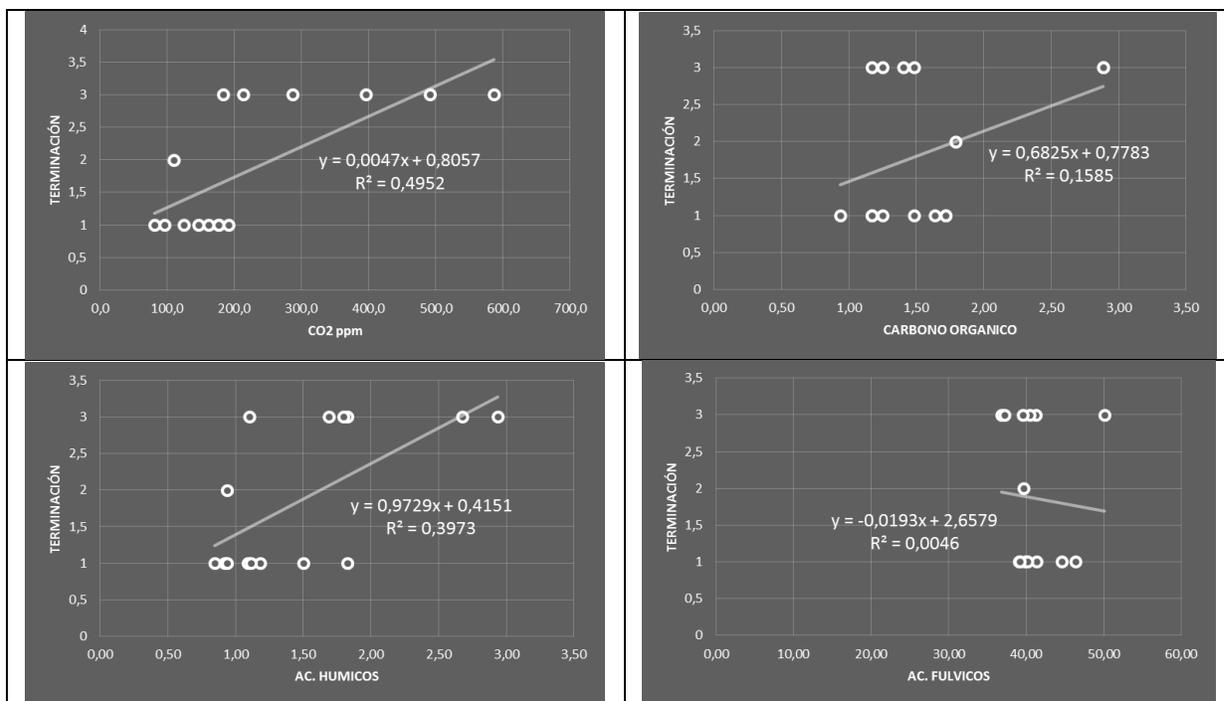
**Terminación:**

Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros para realizar la ponderación de cada una de las imágenes siguientes.



**Gráfico. 29. Regresión de terminación con parámetros**





Los datos de la regresión y correlación existente entre los parámetros físicos y químicos y biológicos con la terminación en la cromatografía de suelos corresponderán a los siguientes resultados presentados en la tabla 26.

**Tabla 26. Resumen de regresión y correlación con la terminación**

REGRESION DE TERMINACIÓN	R2	R2 %	CORRELACION
TERMINACIÓN/ pH	0,00696482	1%	0,08
TERMINACIÓN/ CIC	0,01	1%	-0,10
TERMINACIÓN/ Nt	0,29	29%	0,54
TERMINACIÓN/POROSIDAD	0,15	15%	0,39
TERMINACIÓN/DMP	0,2137	21%	0,46
TERMINACIÓN/HUMEDAD GRAVIMETRICA	0,27	27%	0,52
TERMINACIÓN/ Dap	0,16	16%	-0,39
TERMINACIÓN/M.O.	0,16	16%	0,40
TERMINACIÓN/CO2	0,50	50%	0,70
TERMINACIÓN/COT	0,16	16%	0,40
TERMINACIÓN/ ACIDOS HUMICOS	0,40	40%	0,63
TERMINACIÓN/ ACIDOS FULVICOS	0,0045866	0%	-0,07

Los datos obtenidos con la cromatografía muestran que existirían muchas características importantes a tomar en cuenta si realizamos un análisis de los datos

obtenidos en la regresión podremos ver que existiría una relación entre los parámetros:

**Tabla 27. Valoración de la regresión y correlación de importancia**

REGRESION DE TERMINACIÓN	R2	R2 %	CORRELACION
<b>COLOR</b>			
NITROGENO	0,29	29%	0,54
HUMEDAD GRAVIMETRICA	0,31	31%	0,56
PRODUCCION DE CO <sub>2</sub>	0,54	54%	0,74
ACIDOS HUMICOS	0,42	42%	0,65
<b>FORMA RADIAL</b>			
NITROGENO	0,30	30%	0,54
PRODUCCION DE CO <sub>2</sub>	0,41	41%	0,64
ACIDOS HUMICOS	0,28	28%	0,53
<b>INTERACCIÓN</b>			
DENSIDAD APARENTE	0,28	28%	0,53
PRODUCCION DE CO <sub>2</sub>	0,48	48%	0,69
<b>TERMINACIÓN</b>			
NITROGENO	0,29	29%	0,54
HUMEDAD GRAVIMETRICA	0,27	27%	0,52
PRODUCCION DE CO <sub>2</sub>	0,50	50%	0,70
ACIDOS HUMICOS	0,40	40%	0,63

Si bien los valores obtenidos en las regresiones de los parámetros físicos, químicos, biológicos no son muy altos con las características de color; forma radial; interacción y la terminación. Muchos de estos valores son tomados en cuenta para la obtención de una buena cromatografía, esto es confirmado en los trabajos realizados por (Abad 2014), quien obtuvo similares valores registrados en este trabajo tanto para los parámetros Nitrógeno, Materia orgánica y actividad microbiana.

#### **4.6. Propuesta de manejo sostenible del suelo para el cultivo de soya**

Considerando que la soya es un cultivo muy importante en el oriente del país, en razón que genera ingresos económicos importantes por su exportación es necesario un manejo adecuado del recurso suelo y así evitar su deterioro ya que los suelos son en si el sustento económico de la actividad agrícola. Para ello se

recomiendan las siguientes actividades, esto con el objetivo de tener en un largo plazo suelos sanos y de buena calidad.

- **Contar con un historial de las parcelas agrícolas.-** Según el estudio que se realizó en parcelas con diferentes años de uso sería importante contar con el historial de producción para que el agricultor o los técnico de la gobernación o de los municipios pueda contar con herramientas que le permita diagnosticar los problemas de degradación u otros y que las prácticas que se vayan a realizar tengan un seguimiento y control. En anexos 7. se deja un formato de historial sugerido para el manejo de este cultivo.
- **Contar con técnicos comunitarios.-** se sugiere tener técnicos capacitados en el manejo de los sistemas de producción local o regional, estos podrían ser propios de las comunidades o de la federación de las comunidades indígenas de Yapacani, estos técnicos tendrían el manejo y control de calidad, sanidad entre otros, para lograr rendimientos sostenibles de cualquier cultivo.
- **Acopiadoras Comunitaria.-** Se sugiere tener acopiadoras comunitarias las cuales serían muy útiles para poder generar una venta directa ya sea para las exportación como también para la venta a empresas nacionales, no contando con los intermediadores (acopiadores particulares). Esto generaría mayores ingresos para los comunarios como también contarían con la posibilidad de abrir otros mercados.
- **Rotación de cultivos.-** Para la obtención de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de soya se recomienda la rotación de cultivos evaluados y certificados por la ANAPO. Esta corresponde a que se realice la rotación con:

**Tabla 28. Rotación agrícola de la soya propuesta por la ANAPO**

Parcela dividida en tres partes	Año 1		Año 2		Año 3	
	Verano 1	Invierno 1	Verano 2	Invierno 2	Verano 3	Invierno 3
1	Soya	Sorgo	Soya	Trigo	Maíz	Girasol
2	Soya	Trigo	Maíz	Girasol	Soya	Sorgo
3	Maíz	Girasol	Soya	Sorgo	Soya	Trigo

**Fuente: D.T.S ANAPO**

- **Siembra directa.-** el manejo de los suelos con siembra directa son recomendados en la zona ya que permitirá que los suelos mantengan sus características físicas, químicas y biológicas para la preservación de los suelos.
- **Eliminación de la capa compactada.-** Los suelos que presentaron una elevada malformación de las raíces (Taruma, Patujuzal I) debido a la formación de la suela del arado tendrían que realizar la eliminación de la capa compactada para ellos según la ANAPO (2011), se recomienda utilizar el subsolador y el cincel escarificador para permitir un buen desarrollo de las raíces y evitar el encharcamiento de la capa superficial del suelo y obtener buenos resultados con respecto a los suelos compactados.
- **Realizar estudios de fertilidad periódicos.-** Es necesario realizar los análisis previos para cada una de las parcelas de las comunidades productoras de soya, para que los mismos nos ayuden a tener un mejor aporte de nutrientes y se pueda evaluar la fertilidad existente de los suelos por campaña agrícola y así tener un balance de los nutrientes existentes en cada una de las parcelas.
- **Parcelas experimentales.-** Es necesario y prudente implementar parcelas experimentales para que los productores de la zonas puedan evaluar directamente innovaciones en los sistemas de producción, como también variedades, resistencia a plagas y enfermedades, sequias y otros

## 5. CONCLUSIONES

El presente estudio de investigación realizado el año 2016 en parcelas con cultivo de soya (con diferentes años de manejo) en el municipio de Yapacani y en base a los objetivos y resultados ha permitido determinar las siguientes conclusiones:

- Las características del sistema de producción de zona en estudio nos determinó que la producción agrícola está predominado por el cultivo de soya en las determinando que se utilizan dos variedades de soya transgénica tornado y Paraná, la campaña agrícola está dividida por la campaña de verano y la de invierno, las prácticas culturales consisten en la preparación del suelo, la siembra, aplicación de los agroquímicos para el control de las plagas y enfermedades y la cosecha.
- De acuerdo a las propiedades físicas, químicas y biológicas de las parcelas estudiadas (3, 8, 12 y 23 años bajo cultivo de soya ), se puede evidenciar que presentan una menor fertilidad a medida que las parcelas tienen un mayor tiempo de uso, al determinar y evaluar la salud del suelo por medio del índice ponderado de la calidad y salud de los suelos en las parcelas con diferentes años de producción, nos demuestran que estos se encuentran de en el rango de “buenos” esto quiere decir que los suelos se encuentran por el momento con una buena fertilidad a pesar que tendrían años continuos de explotación.
- Según los análisis cromatograficos realizados en los suelos (parcelas estudiadas) se ha podido evidenciar que las regresiones obtenidas muestran que existen relaciones entre algunos parámetros físicos, químicos y biológicos. Los valores más sobresalientes de estas relaciones estarían situadas por la producción de CO<sub>2</sub> (actividad microbiana), ácidos húmicos, nitrógeno total con en los otros ya mencionados. Esto nos permite sugerir que la cromatografía podría aplicarse de una manera sencilla y practica para la determinación de la salud y calidad de los suelos. También se puede afirmar que la cromatografía es la representación gráfica de la integración entre los parámetros físicos, químicos y biológicos. Es de allí que los valores del índice de calidad y salud del suelo no se reflejarían en la imagen cromatografica.

- Se ve conveniente realizar manejo sostenible del recurso suelo esto se realizara con ayuda de diferentes prácticas, tales como el manejo de historial de parcelas agrícolas, la incorporación de técnicos comunitarios, contar con acopiadoras comunitarias, realizar una rotación de cultivo, empezar a tomar en cuenta la siembra directa, como también la eliminación de la capa compactada del suelo, realizar estudios de fertilidad periódicos. Y la incorporación de parcelas experimentales.

## 6. RECOMENDACIONES

A fin de conocer con mayor precisión los cambios en la calidad y salud de los suelos sometidos a un uso intensivo como en el oriente del país, se recomienda realizar un estudio minucioso y periódico de las características físico químicas en los suelos para que se pueda generar un balance del aprovechamiento y requerimiento de los mismos.

Se recomienda necesario profundizar los estudios relacionados a la presencia y relación entre los ácidos húmicos y fulvicos, estabilidad estructural, respiración de suelos, mineralogía de arcillas, entre otros ya que en esta investigación solo se pudo obtener información de manera preliminar

Para realizar el análisis cromatografico es necesario tener mucho cuidado al realizar el procedimiento, ya que los mismos cuentan con características importantes y que los resultados de la cromatografía dependerían de muchas factores a tomar en cuenta, tales como el papel filtro, reactivos químicos de pureza analítica, Entre otros factores. Esto para obtener una buena imagen y por ende una buena interpretación del suelo con la cromatografía.

Es recomendable tener mucho cuidado al extraer la muestra para la realización de los análisis tanto físicos, químicos y biológicos siendo que la actividad microbiana necesita ser evaluada a la mayor prontitud posible como también para no contaminar la muestra para los parámetros químicos y físicos.

Es necesario recomendar en tener las metodologías de análisis estandarizados para que su uso sea más confiable y de calidad, tanto para los análisis físicos químicos y biológicos.

La evaluación de la salud del suelo debería ser replicados en otras partes del territorio nacional. Ya que esto nos permitiría tener mejor criterio de la incidencia de los diferentes sistemas de producción y poder tener un mejor manejo del suelo. Pudiendo definir de mejor manera cuáles serían las prácticas más adecuadas para para su conservación

## BIBLIOGRAFIA

- Abad F. 2014. Evaluación cualitativa mediante cromatografía, de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales. Tesis Lic. Ing. Agr. Ecuador. Cuenca, 174 p.
- AEMP. 2012. Estudio del productor primario de la soya (en línea). La Paz, BO. Consultado 13 de ene. 2017. Disponible en <http://www.autoridadempresas.gob.bo/descargas?download=190:estudio-del-productor-primario-de-la-soya>.
- Aguilar A; Etchevers, J; Castellanos, J. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Chapingo, MX. 217 p.
- ALBA. 2012. Fertilidad del suelo y manejo de riego. Consultado 30 de mar 2017. Disponible en: [www.ecoagricultor.com/wp.../Fertilidad-del-suelo-organico-y-manejo-de-riego.pdf](http://www.ecoagricultor.com/wp.../Fertilidad-del-suelo-organico-y-manejo-de-riego.pdf)
- Banegas, N. 2014. Calidad y salud del suelo: catedra de edafología Facultad de agronomía y zootecnia Universidad nacional de Tucumán (en línea) consultado 10 jun 2016. Disponible en <http://www.edafologia.com.ar>
- Bustos, M. 2012. Destino ambiental del glifosato en una zona arroceras del Tolima, Colombia. Tesis Dr. Bogotá, CO, Universidad de Colombia. p. 19
- Castro, T 2003. Estabilidad estructural de horizontes superficiales de suelos de prado y cultivo de la provincia de a coruña (no 4, España). Edafología.10(3):131-137
- Castillo, J.2007. Estimación de la estabilidad estructural de dos suelos al sur de Colombia con diferentes tipos de manejo. Facultad de ciencias agropecuarias, universidad nacional de Colombia. p. 2
- Celis, J; Sandoval, M; Zagal, E. 2009. Actividad respiratoria de microorganismos en un suelo patagónico enmendado con lodos salmonícolas. Arch Med Vet. 41: 275-279.
- CIMMYT. 2013. INFILTRACIÓN: Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo. México.
- Cochrane, T; Barber, R.1993. Análisis de suelos y plantas tropicales. El país. Santa Cruz, BO. CIAT. 226 p.

- Chilon, E. s.f. Manual de edafología práctica de campo y laboratorio: muestreo de suelos y su preparación para los análisis. La Paz, BO. 290 p.
- Chilon, E. 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. CIDAT. La Paz, BO. 185 p.
- Delgado, E; Trejos, J; Villalobos, M; Martinez, G. 2010. Determinación de un índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras en Venezuela 35(12):927-933.
- Delgado, E. 2010. Índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras en cuatro países de américa latina y el caribe (en línea). Interciencia. Consultado en 16 jun 2016 disponible en:
- Dolores, M. 2008. Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de sustancias húmicas y su efecto sobre el crecimiento del trigo. Tesis Mag.Sc. Michoacán, MX. CIIDIR. 81 p.
- FAO.2011. Ahorra para crecer: La salud del suelo. Consultado 18 ene 2016 disponible en: <http://www.fao.org/3/32e51127-e48e-5fa5-907b-fdb0a0de61a6/i2215s.pdf>
- FAO. 2002. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura: Los sistemas de tierras y aguas en situación de riesgo. Madrid, ES. Ed. Mundi-Prensa. p. 119-136.
- FAO. 2014. FAOSTAT. Consultado 20 abr. 2017 disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fassbender H; Bornemisza E. 1987. Química de suelos con énfasis e suelos de América Latina. I, San José, Costa Rica. p. 325-376.
- Fundación tierra. 2015. Ampliación responsable de la frontera agrícola. Consultado 3 ene. 2016. Disponible en [http://www.la-razon.com/suplementos/la\\_gaceta\\_juridica/](http://www.la-razon.com/suplementos/la_gaceta_juridica/)
- Gostinéar, J; Yuste, P. 2006. Biblioteca de la agricultura: Suelos, abonos y materia orgánica. Idea Books. Barcelona, ES.
- INE. 2017. Instituto nacional de estadística (en línea). Consultado el 17 mar. 2017. Disponible en: <http://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-por-actividad-economica/industria-manufacturera-y-comercio-4>

- Martínez, P; Bernal, J; Agudelo, E; Bernier; S. 2012. Tolerancia y degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de Roundup. Pilquen 14 (12): 1-11
- Melgar, R; Vitti, G; Benites, VM. 2011. Fertilizando para altos rendimientos Soya en Latinoamérica: Importancia económica y agrícola de la soya en Latinoamérica. Buenos Aires, AR. p. 6-72
- Miranda, R. 2004. Introducción a la geología agrícola: propiedades físicas y químicas de los suelos. Facultad de agronomía.UMSA. La Paz, Bo. p 1-66
- Miranda, R 2015. Métodos y Análisis del suelo. Ed. UDIC. La Paz, BO 84 p.
- Lessard, R; Gignac, L. 2008. El ciclo del carbono: midiendo el flujo del CO2 del suelo (en línea). Consultado 12 abr. 2017. Disponible en <https://greenteacher.com/article%20files/elciclodelcarbono.pdf>
- OCEANO. s.f. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería: Cultivos oleaginosos herbáceos. Ed. Océano grupo. España. p. 386
- Payeras, A. 2011. Ácidos húmicos y fúlvicos en bonsái. Consultado 17 ene. 2016. Disponible en <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/acidos-humicos-y-acidos-fulvicos/>
- Peralta, Y. 2012. Propuesta metodológica para la determinar la calidad del suelo sembrado en caña de azúcar en el ingenio manuelita. Tesis Mag Sc. Palmira, CO, UNC. 104 p.
- Rosales et al. 2006. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros (en línea). Reunión internacional de asociaciones para la cooperación de investigaciones sobre banano en caribe y América tropical. Consultado 15 dic. 2016. Disponible en [andorinha.epagri.sc.gov.br](http://andorinha.epagri.sc.gov.br)
- Restrepo, J. y Pinheiro, S. 2011. Cromatografía imagen de vida y destrucción del suelo. (1ra ed.). Cali-CO. Feriva S.A.
- Sadzawka, A; Carrasco, M; Grez, R; Mora, M; Flores, H; Reaman, A. 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Instituto de investigación agropecuaria. Santiago, CL. 164 p. (Serie INIA no34)

- Sanchez, P. 1981. Suelos del trópico, características y manejo; acidez del suelo y enclamiento. San jose, CR, IICA. 610 p.
- Taboada, M. 2003. Estabilidad estructural de horizontes superficiales de suelos de prado y cultivo de la provincia de a Coruña. EDAFOLOGÍA, Vol. 10 (3), pp. 131-137
- USDA. 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo: Respiración del Suelo. Consultado 18 ene. 2016. Disponible en: [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)
- USDA. 2017. National Nutrient Database for Standard. Consultado el 7 abr. 2017. Disponible en <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4860?fgcd>
- Vos, V. 2015. La frontera agrícola en Bolivia: transgénicos, deforestación y seguridad alimentaria. Consultado 18 dic. 2015. Disponible en <http://www.cipca.org.bo/index.php/cipca-notas/cipcanotas-2015/3390-la-frontera-agricola-en-bolivia-transgenicos-deforestacion-y-seguridad-alimentaria>
- Valencia, C. 2004. Prácticas para la asignatura de edafología. s.e. valencia, ES. p. 13-20
- Zanettini, J; Díaz, M; Barraco, M. 2013. Estabilidad en húmedo y tamaños medios de fragmentos obtenidos por tamizado en seco (en línea). Buenos aires, AR. Consultado 10 de mar. 2017. Disponible en [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_mt2013\\_zanettini\\_estabilidad\\_en\\_humedo.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_mt2013_zanettini_estabilidad_en_humedo.pdf)

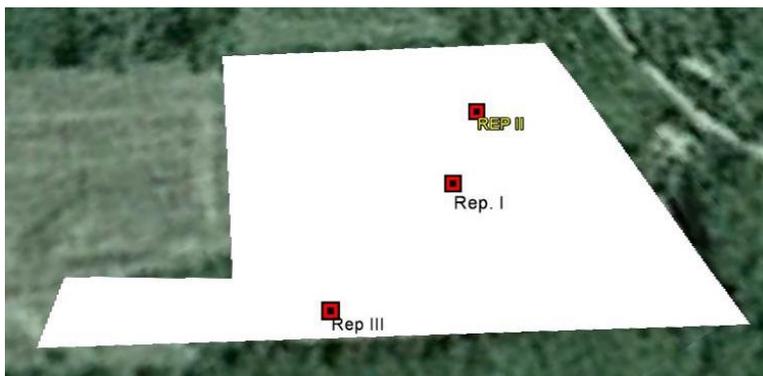
## ANEXOS

### ANEXO 1. DATOS DE GEOREFERENCIACION DE PROPIETARIOS.

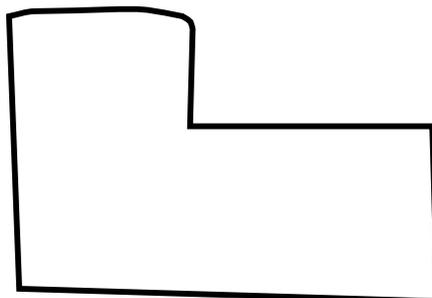
**Propietario:** Marcelino Díaz

**Fecha de evaluación:** 06 de mayo del 2016

#### GEOREFERENCIACION



#### CROQUIS DE PARCELA



#### PUNTOS GEOREFERENCIALES

PUNTO	COORDENADA	ALTURA (m)
1	16°59'26,0" S 64°06'0,2" W	230
2	16°59'31,9" S 64°06'09,6" W	227
3	16°59'34,1" S 64°06'04,8" W	226
4	16°59'36,8 S 64°06'06,5" W	225

<b>5</b>	<b>16°59'37,7" S 64°06'05,4" W</b>	<b>228</b>
<b>6</b>	<b>16°59'26,3" S 64°05'58,8" W</b>	<b>231</b>
<b>I Muestreo PRINCIPAL</b>	<b>16°59'29,5" S 64°06'04,1" W</b>	<b>227</b>
<b>II Muestreo</b>	<b>16°59'28,4" S 64°06'09,9" W</b>	<b>229</b>
<b>III Muestreo</b>	<b>16°59'32,9" S 64°06'03,0" W</b>	<b>230</b>

#### Muestreo de cilindros Dap

<b>AREA</b>	<b>PARTE</b>	<b>PESO CILINDRO (g)</b>	<b>C + M</b>	<b>Peso muestra</b>
<b>I</b>	<b>SUP</b>	<b>109</b>	<b>266,9</b>	<b>157,9</b>
<b>I</b>	<b>20 cm prof.</b>	<b>109</b>	<b>286,6</b>	<b>177,6</b>
<b>I</b>	<b>66 cm prof.</b>	<b>98,9</b>	<b>272,9</b>	<b>174</b>
<b>II</b>	<b>SUP</b>	<b>98,4</b>	<b>246,1</b>	<b>147,7</b>
<b>II</b>	<b>20 cm prof.</b>	<b>98,4</b>	<b>271,8</b>	<b>173,4</b>
<b>III</b>	<b>SUP</b>	<b>98,4</b>	<b>257,3</b>	<b>158,9</b>
<b>III</b>	<b>20 cm prof.</b>	<b>98,4</b>	<b>265,3</b>	<b>166,9</b>

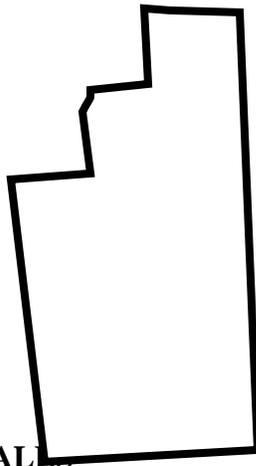
**Propietario:** Norberto Caba

**Fecha de evaluación:** 07 de mayo del 2016

### GEOREFERENCIACION



### CROQUIS DE PARCELA



### PUNTOS GEOREFERENCIALES

PUNTO	COORDENADA	ALTURA (m)
1	16°57'41,4" S 64°06'52,1" W	218
2	16°57'39,9" S 64°06'52,2" W	222
3	16°57'38,9" S 64°06'53,2" W	225
4	16°57'38,2" S	220

	64°06'53,0" W	
5	16°57'31,8" S 64°07'02,3" W	229
6	16°57'29,7" S 64°07'01,0" W	227
7	16°57'49,0" S 64°06'22,8" W	226
8	16°57'54,5" S 64°06'25,7" W	227
I Muestreo	16°57'39,3" S 64°06'49,0" W	219
II Muestreo PRINCIPAL	16°57'43,5" S 64°06'39,1" W	224
III Muestreo	16°57'47,6" S 64°06'32,0" W	221

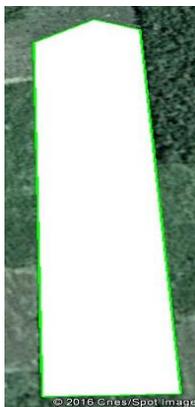
#### Muestreo de cilindros Dap

AREA	PARTE	PESO CILINDRO (g)	C + M	Peso muestra
I	SUP	97,8	240,9	143,1
I	20 cm prof.	97,8	273,5	175,7
I	SUP	98,4	260,9	162,5
II	20 cm prof.	98,4	275,3	176,9
II	67 cm prof.	97,8	275,7	177,9
III	SUP	98,4	242,1	143,7
III	20 cm prof.	98,4	276,2	177,8

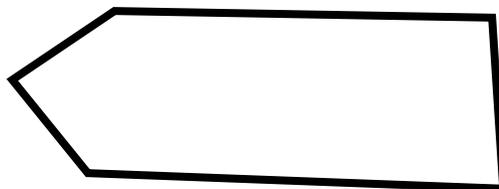
**Propietario:** Guillermo Diaz

**Fecha de evaluación:** 08 de mayo del 2016

### GEOREFERENCIACION



### CROQUIS DE PARCELA



### PUNTOS GEOREFERENCIALES

PUNTO	COORDENADA	ALTURA (m)
1	16°58'11,5" S 64°06'35,9" W	230
2	16°58'06,1" S 64°06'32,7" W	233
3	16°57'52,3" S 64°06'59,6" W	228
4	16°57'54,1" S 64°07'02,1" W	228
5	16°57'58,4" S 64°07'01,8" W	227
I Muestreo	16°57'56,9" S 64°06'55,8" W	225

<b>II Muestreo PRINCIPAL</b>	<b>16°58'01,9" S 64°06'48,1" W</b>	<b>221</b>
<b>III Muestreo</b>	<b>16°58'06,4" S 64°06'41,1" W</b>	<b>223</b>

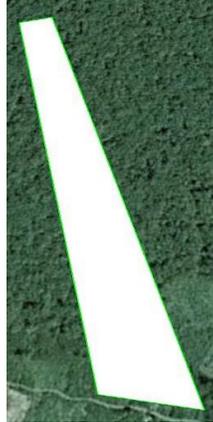
### Muestreo de cilindros Dap

<b>AREA</b>	<b>PARTE</b>	<b>PESO CILINDRO (g)</b>	<b>C + M</b>	<b>Peso muestra</b>
<b>I</b>	<b>SUP</b>	<b>97,5</b>	<b>257,9</b>	<b>160,4</b>
<b>I</b>	<b>20 cm prof.</b>	<b>97,5</b>	<b>274</b>	<b>176,5</b>
<b>I</b>	<b>SUP</b>	<b>96,9</b>	<b>241,3</b>	<b>144,4</b>
<b>II</b>	<b>20 cm prof.</b>	<b>96,9</b>	<b>275,1</b>	<b>178,2</b>
<b>II</b>	<b>66 cm prof.</b>	<b>96,9</b>	<b>273,6</b>	<b>176,7</b>
<b>III</b>	<b>SUP</b>	<b>96,9</b>	<b>234,7</b>	<b>137,8</b>
<b>III</b>	<b>20 cm prof.</b>	<b>96,9</b>	<b>272,9</b>	<b>176</b>

**Propietario:** Julián Torrico

**Fecha de evaluación:** 09 de mayo del 2016

### **GEOREFERENCIACION**



### **CROQUIS DE PARCELA**



### **PUNTOS GEOREFERENCIALES**

<b>PUNTO</b>	<b>COORDENADA</b>	<b>ALTURA (m)</b>
<b>1</b>	<b>16°55'48,6" S 64°07'05,3" W</b>	<b>229</b>
<b>2</b>	<b>16°55'45,6" S 64°07'05,4" W</b>	<b>223</b>
<b>3</b>	<b>16°55'40,8" S 64°06'25,7" W</b>	<b>223</b>
<b>4</b>	<b>16°55'47,8" S 64°06'28,3" W</b>	<b>222</b>
<b>I Muestreo</b>	<b>16°55'47,8" S 64°06'57,9" W</b>	<b>226</b>
<b>II Muestreo PRINCIPAL</b>	<b>16°55'44,9" S 64°06'47,5" W</b>	<b>222</b>

<b>III Muestreo</b>	<b>16°55'43,8" S 64°06'35,6" W</b>	<b>223</b>
---------------------	--	------------

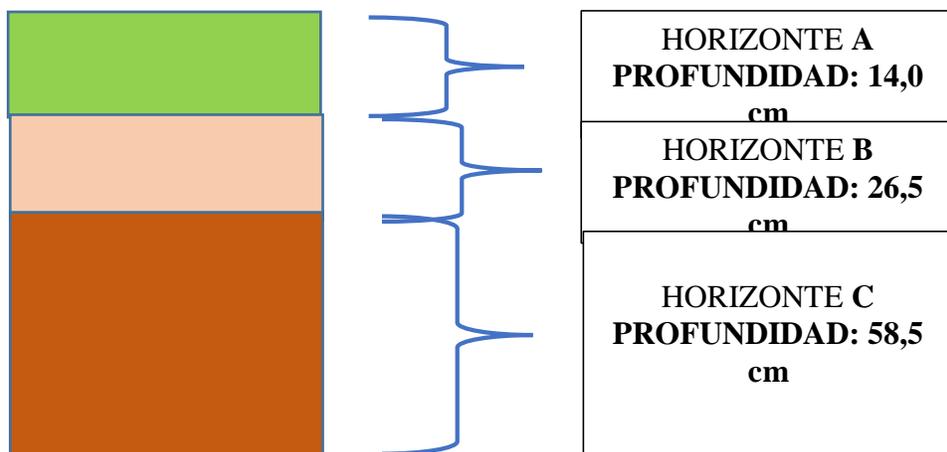
**Propietario:** Monte Virgen

**Fecha de evaluación:** 10 de mayo del 2016

### PUNTOS GEOREFERENCIALES

<b>PUNTO</b>	<b>COORDENADA</b>	<b>ALTURA (m)</b>
<b>I Muestreo</b>	<b>16°57'26,7" S 64°05'56,0" W</b>	<b>237</b>
<b>II Muestreo PRINCIPAL</b>	<b>16°57'38,3" S 64°06'04,1" W</b>	<b>236</b>
<b>III Muestreo</b>	<b>16°57'14,2" S 64°05'58,1" W</b>	<b>227</b>

### CALICATA DE PARCELA



**ANEXO 2.**

**EVALUACION DE LA SALUD DEL SUELO EN EL CULTIVO DE SOYA  
ENTREVISTA A PRODUCTORES COMUNIDADES Patujuzal I, Patujuzal II,  
Tarumá.**

**NOMBRE DEL PROPIETARIO: FECHA:**

**1. INFORMACION DE PARCELA**

**1.1. ¿Es propietario de la parcela, desde el inicio?**

**R.-**

**1.2. ¿Cuántos años tiene produciendo el cultivo de soya?**

**R.-**

**1.3. ¿Qué tipo de variedad maneja?**

**R.-**

**1.4. ¿Cómo realiza la preparación del suelo?**

**R.-**

**1.5. ¿utiliza fertilizantes?, que cantidades por campaña agrícola**

**SI NO**

<b>FERTILIZANTE</b>	<b>CANTIDAD</b>

**1.6. ¿Qué tipo de plagas se presentan en su parcela?**

**R.-**

**1.7. ¿Qué enfermedades se presentan en su parcela?**

**R.-**

**1.8. ¿Qué tipo de agroquímicos utiliza y que cantidades en esta campaña?**

<b>Herbicidas / cantidad</b>	<b>Fungicidas / cantidad</b>	<b>Insecticidas / cantidad</b>

**1.9. La semilla que utiliza, ¿de dónde la obtiene?**

**R.-**

**1.10. ¿Cuáles son los meses de trabajo?**

INVIERNO		VERANO	
SIEMBRA	COSECHA	SIEMBRA	COSECHA

**1.11. ¿A dónde vende la producción de soya que obtiene?**

**R.-**

**1.12. ¿Qué maquinaria tiene para la producción?**

**R.-**

## **2. HISTORIAL DE LA PARCELA**

**2.1. ¿Cuál es el rendimiento que obtuvo en la última gestión. CAMPAÑA DE VERANO?**

**R.-**

**2.2. ¿Cuál es el rendimiento que obtuvo en la última gestión. CAMPAÑA DE INVIERNO?**

**R.-**

**2.3. ¿Cuál fue el año con menor rendimiento que obtuvo?**

**R.-**

**2.4. ¿Cómo transporta la cosecha al punto de venta?**

**R.-**

**2.5. En los últimos años sufrió un desastre natural**

**R.-**

## ANEXO 4. Indicadores químicos, físicos y biológicos

TRATAMIENTOS	pH 1:2,5	CE	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Na cmol/kg	K cmol/kg	CIC cmol/Kg	P ppm mg/Kg	NT%	pH 1:2,5	CE	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Na cmol/kg	K cmol/kg	CIC cmol/Kg	P ppm mg/Kg	NT%	ICSSQ
T-1 I	6,8	0,65	7,90	2,09	0,06	0,14	10,24	20,50	0,20	5,00	5,00	5,00	3,00	1,00	1,00	2,00	4,00	3,00	3,22
T-1 II	5,9	0,71	8,74	2,52	0,18	0,14	11,73	18,70	0,22	4,00	5,00	5,00	4,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,11
T-1 III	6,5	0,22	5,29	1,73	0,07	0,15	7,35	23,90	0,15	5,00	5,00	4,00	2,00	1,00	1,00	1,00	4,00	3,00	2,89
T-2 I	6,6	0,25	9,42	2,80	0,08	0,26	12,65	15,30	0,17	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,56
T-2 II	6,5	0,46	10,27	3,17	0,11	0,24	13,94	17,40	0,17	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,56
T-2 III	6,1	0,24	6,10	2,13	0,10	0,19	8,67	12,00	0,14	5,00	5,00	5,00	4,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,11
T-3 I	6,7	0,45	12,11	3,29	0,12	0,18	15,85	18,10	0,19	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,44
T-3 II	6,2	0,46	5,89	1,98	0,12	0,18	8,26	10,30	0,10	5,00	5,00	4,00	3,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	2,89
T-3 III	6,8	0,27	8,18	2,38	0,10	0,22	10,98	9,10	0,10	5,00	5,00	5,00	4,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,11
T-4 I	5,7	0,61	4,53	0,68	0,05	0,09	5,50	7,90	0,12	3,00	5,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,11
T-4 II	6,0	0,69	4,63	0,37	0,06	0,07	5,23	7,30	0,10	4,00	5,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,22
T-4 III	6,2	0,23	4,15	0,62	0,08	0,10	5,05	9,00	0,08	5,00	5,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,22
To I	6,7	0,38	5,23	1,80	0,03	0,28	7,44	7,20	0,13	5,00	5,00	4,00	2,00	1,00	3,00	1,00	2,00	2,00	2,78
To II	6,0	0,20	4,73	1,82	0,03	0,25	7,18	8,60	0,18	4,00	5,00	3,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	3,00	2,56
To III	6,2	0,19	4,98	1,50	0,05	0,21	6,89	8,10	0,10	5,00	5,00	4,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,56

TRATAMIENTOS	A	Y	L	TEXTURA	POROSIDAD	%Hg	DMP	Dap	TEXTURA	POROSIDAD	%Hg	DMP	Dap	ICSSF
T-1 I	10	22	68	franco limoso	45,71	27,99	2,95	1,44	3,00	5,00	3,00	4,00	2,00	3,40
T-1 II	9	20	72	franco limoso	40,73	18,04	3,98	1,57	3,00	5,00	2,00	5,00	1,00	3,20
T-1 III	8	26	66	franco limoso	41,48	20,15	2,60	1,55	3,00	5,00	2,00	4,00	1,00	3,00
T-2 I	0	50	50	arcilloso limoso	46,66	33,45	0,78	1,41	5,00	5,00	3,00	2,00	2,00	3,40
T-2 II	0	44	56	arcilloso limoso	44,75	35,72	0,66	1,46	5,00	5,00	4,00	2,00	2,00	3,60
T-2 III	0	32	68	franco arcilloso limoso	47,60	40,07	0,50	1,39	4,00	5,00	4,00	1,00	4,00	3,60
T-3 I	0	52	48	arcilloso limoso	47,96	9,73	1,15	1,38	5,00	5,00	1,00	3,00	3,00	3,40
T-3 II	0	28	72	franco arcilloso limoso	46,05	20,57	0,66	1,43	4,00	5,00	2,00	2,00	2,00	3,00
T-3 III	0	28	72	franco arcilloso limoso	46,14	2,57	0,49	1,43	4,00	5,00	1,00	1,00	2,00	2,60
T-4 I	40	20	40	franco	36,44	9,81	2,60	1,68	2,00	4,00	1,00	4,00	1,00	2,40
T-4 II	48	20	32	franco	40,94	18,72	3,35	1,57	2,00	5,00	2,00	5,00	1,00	3,00
T-4 III	44	20	36	franco	38,75	9,87	3,02	1,68	2,00	4,00	1,00	4,00	1,00	2,40
To I	13	22	66	franco limoso	50,22	48,87	1,76	1,32	3,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,80
To II	15	20	66	franco limoso	51,60	41,68	2,78	1,28	3,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00
To III	16	22	62	franco limoso	54,80	46,04	2,00	1,20	3,00	5,00	5,00	3,00	5,00	4,20

TRATAMIENTOS	MO %	RESP.ppm	COT %	C/N	AC. HUMICOS	AC. FULVICOS	MO %	RESP.ppm	COT %	C/N	AC. HUMICOS	AC. FULVICOS	ICSSB
T-1 I	4,97	212,7	2,88	14,50	2,94	36,80	5,00	3,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,33
T-1 II	4,97	286,0	2,88	12,89	2,68	37,19	5,00	3,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,33
T-1 III	2,42	183,3	1,40	9,67	1,10	39,53	1,00	2,00	2,00	4,00	1,00	5,00	2,50
T-2 I	3,09	110,0	1,79	11,60	0,94	39,66	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	5,00	3,00
T-2 II	2,96	95,3	1,71	14,50	1,18	39,10	2,00	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	2,83
T-2 III	2,82	176,0	1,64	11,60	1,11	40,13	2,00	2,00	3,00	4,00	1,00	5,00	2,83
T-3 I	2,96	80,7	1,71	14,50	0,92	39,19	2,00	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	2,83
T-3 II	2,02	161,3	1,17	11,60	0,84	46,31	1,00	2,00	2,00	4,00	1,00	5,00	2,50
T-3 III	2,15	176,0	1,25	9,67	0,94	44,56	1,00	2,00	2,00	4,00	1,00	5,00	2,50
T-4 I	2,55	124,7	1,48	12,34	1,82	39,89	2,00	2,00	2,00	5,00	2,00	5,00	3,00
T-4 II	2,02	146,7	1,17	11,60	1,50	40,03	1,00	2,00	2,00	4,00	1,00	5,00	2,50
T-4 III	1,61	190,7	0,94	11,84	1,09	41,35	1,00	2,00	1,00	4,00	1,00	5,00	2,33
To I	2,15	491,3	1,25	9,67	1,69	41,24	1,00	5,00	2,00	4,00	2,00	5,00	3,17
To II	2,55	586,7	1,48	8,29	1,83	40,42	1,00	5,00	2,00	4,00	2,00	5,00	3,17
To III	2,02	396,0	1,17	11,60	1,80	50,06	1,00	4,00	2,00	4,00	2,00	5,00	3,00

## Índice de calidad y salud del suelo global de las parcelas

TRATAMIENTOS	ICSSQ	ICSSF	ICSSB	ICSSG	ICSSG EN PARCELAS	VALOR A ESCALA
T-1 I	3,22	3,40	4,33	3,65	<b>3,33</b>	<b>0,67</b>
T-1 II	3,11	3,20	4,33	3,55		
T-1 III	2,89	3,00	2,50	2,80		
T-2 I	3,56	3,40	3,00	3,32	<b>3,28</b>	<b>0,66</b>
T-2 II	3,56	3,60	2,83	3,33		
T-2 III	3,11	3,60	2,83	3,18		
T-3 I	3,44	3,40	2,83	3,23	<b>2,92</b>	<b>0,58</b>
T-3 II	2,89	3,00	2,50	2,80		
T-3 III	3,11	2,60	2,50	2,74		
T-4 I	2,11	2,40	3,00	2,50	<b>2,47</b>	<b>0,49</b>
T-4 II	2,22	3,00	2,50	2,57		
T-4 III	2,22	2,40	2,33	2,32		
To I	2,78	3,80	3,17	3,25	<b>3,25</b>	<b>0,65</b>
To II	2,56	4,00	3,17	3,24		
To III	2,56	4,20	3,00	3,25		

**ANEXO 5. Calificación de análisis cromatografico de suelos con valores de cuantitativos.**

TRATAMIENTO	pH	CIC	Nt	POROSIDAD	DMP (mm)	W	Dap	M.O.	CO2 ppm	COT	AC. HUMICOS	AC. FULVICOS	color	forma radial	interacción	terminación
T1 I	6,79	10,24	0,15	45,71	2,95	27,99	1,44	4,97	212,7	2,88	2,94	36,80	3	3	2	3
T1 II	5,85	11,73	0,12	40,73	3,98	18,04	1,57	4,97	286,0	2,88	2,68	37,19	3	3	3	3
T1 III	6,51	7,35	0,10	41,48	2,60	20,15	1,55	2,42	183,3	1,40	1,10	39,53	3	3	2	3
T2 I	6,58	12,65	0,14	46,66	0,78	33,45	1,41	3,09	110,0	1,79	0,94	39,66	1	2	1	2
T2 II	6,45	13,94	0,12	44,75	0,66	35,72	1,46	2,96	95,3	1,71	1,18	39,10	1	1	2	1
T2 III	6,13	8,67	0,10	47,60	0,50	40,07	1,39	2,82	176,0	1,64	1,11	40,13	2	1	2	1
T3 I	6,66	15,85	0,13	47,96	1,15	9,73	1,38	2,96	80,7	1,71	0,92	39,19	1	2	2	1
T3 II	6,17	8,26	0,00	46,05	0,66	20,57	1,43	2,02	161,3	1,17	0,84	46,31	1	2	2	1
T3 III	6,84	10,98	0,00	46,14	0,49	2,57	1,43	2,15	176,0	1,25	0,94	44,56	1	1	2	1
T4 I	5,73	5,50	0,08	36,44	2,60	9,81	1,68	2,55	124,7	1,48	1,82	39,89	1	1	1	1
T4 II	6,04	5,23	0,15	40,94	3,35	18,72	1,57	2,02	146,7	1,17	1,50	40,03	1	1	1	1
T4 III	6,21	5,05	0,12	38,75	3,02	9,87	1,68	1,61	190,7	0,94	1,09	41,35	1	1	1	1
To I	6,73	7,44	0,10	50,22	1,76	48,87	1,32	2,15	491,3	1,25	1,69	41,24	3	3	3	3
To II	5,96	7,18	0,20	51,60	2,78	41,68	1,28	2,55	586,7	1,48	1,83	40,42	3	3	3	3
To III	6,16	6,89	0,22	54,80	2,00	46,04	1,20	2,02	396,0	1,17	1,80	50,06	3	3	2	3

## ANEXO 6. GRADO DE LIMITACION PROPUESTA POR ICA.

GRADO DE LIMITACION PARA VARIABLES QUIMICAS, FISICAS BIOLÓGICAS. ICA 1992										
VARIABLES QUIMICAS										
LIMITACIÓN	NIVEL	pH 1:2,5	CE (dS/ m)	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Na cmol/kg *	K cmol/kg	CIC cmol/Kg	P ppm mg/Kg	NT% *
Muy fuerte	1	<4,9 ó >8,3	>5,1	<2,9	<1,5	<0,16 - 0,20	<0,20	<8	<5,0	<0,10
fuerte	2	5,0 -5,4 ó 7,8-8,2	5,0- 4,1	3,0 - 3,9	1,6 - 1,8	0,21 - 0,30	0,21 - 0,27	8,1 - 12,0	5,1 - 10,0	0,10 - 0,15
moderada	3	5,5-5,8 ó 7,4-7,7	4,0- 3,1	4,0 - 4,9	1,9 - 2,1	0,31 - 0,40	0,28 - 0,33	12,1 - 16,0	10,1 - 20,0	0,15 - 0,25
ligera	4	5,9-6,0 ó 7,0-7,3	3,0 - 2,1	5,0 - 5,9	2,2 - 2,4	0,41 - 0,50	0,34 - 0,40	16,1 - 20,0	20,1 - 30,0	0,25 - 0,30
Ninguna	5	6,1- 6,9	<2,0	>6,0	>2,5	>0,51	>0,41	>20,1	>30,1	>0,30

VARIABLES FISICAS								
LIMITACIÓN	NIVEL	TEXTURA	POROSIDAD	W	DMP mm	Dap		
						Tex. Liviana	Tex pes.	
Muy fuerte	1	franco arenoso	<2,0	5,0 -15,0	<0,50	>1,61	>1,51	
fuerte	2	franco	2,0 - 5,0	15,1 - 25,0	0,51 - 1,00	1,51 - 1,60	1,41 - 1,50	
moderada	3	franco limoso	5,0 - 15,0	25,1 - 35,0	1,10 - 2,00	1,41 - 1,50	1,31 - 1,40	
ligera	4	franco arcillo liimoso	15,0 - 40,0	35,1 - 45,0	2,10 - 3,00	1,31 - 1,40	1,21 - 1,30	
Ninguna	5	arcillo limoso	>40	>45,0	>3,00	<1,30	<1,20	

VARIABLES BIOLÓGICAS							
LIMITACIÓN	NIVEL	MO %	CO2 ppm **	COT % **	C/N **	AC. HUMICOS **	AC. FULVICOS **
Muy fuerte	1	<2,5	<100,0	<1,0	<5,0	<1,5	<30,00
fuerte	2	2,51 - 3,00	101,0 - 200,0	1,10 - 1,50	5,0 - 6,5	1,6 - 2,0	30,50 - 33,00
moderada	3	3,01 - 3,50	200,1 - 300,0	1,51 - 2,00	6,6 - 8,0	2,1 - 2,5	33,50 - 36,00
ligera	4	3,51 - 4,00	301,0 - 400,0	2,10 - 2,50	8,1-12,0	2,6 - 3,0	36,50 - 39,00
Ninguna	5	>4,01	>401,0	>2,5	>12	>3,0	>39,00

\* = Valores de diferentes autores

\*\* = Valores estimados en el estudio

# ANEXOS 7. HISTORIAL DE PARCELA

HISTORIAL DE PARCELA						
NOMBRE PRODUCTOR:		COMUNIDAD:		MUNICIPIO:		
CODIGO O NUMERO DE PARCELA:		GESTIÓN: <b>2017</b>		CAMPAÑA: (VERANO - INVIERNO)		
INFORMACIÓN DE LA PARCELA O LOTE			CROQUIS DE UBICACIÓN GENERAL DE LAS PARCELAS O LOTES			
SUPERFICIE TOTAL (Ha):						
LÍMITES: (N)						
(S)						
(E)						
(W)						
AÑO DE HABILITACIÓN DE PARCELA:						
MÉTODO HABILITACIÓN: CHAQUEO ( ) DESMONTE ( )						
CONDICIÓN ACTUAL DE USO DE PARCELA						
<b>EN PRODUCCIÓN</b>	(x)	<b>EN DESCANSO</b>			(CON O SIN COBERTURA VEGETAL)	
<b>CULTIVO</b>		<b>VARIEDAD</b>			SUP. CULTIVADA	
CAMPAÑA ANTERIOR:						
CAMPAÑA ACTUAL:						
PROXIMA CAMPAÑA:						
MANEJO DE SUELO						
ANÁLISIS DE SUELO (SI) (NO)						
TIPO DE SIEMBRA	DIRECTA ( ) RASTROJOS ( )					
	CONVENCIONAL ( )					
USO DE INSUMOS AGRÍCOLAS						
INSUMO	NOMBRE (S)		DOSIS/Ha			
SEMILLA	PUREZA					
	ORIGEN	PROPIO/COM PRA				
FERTILIZANTES						
ABONOS						
INOCULANTES						
INSECTICIDAS						
	NOMBRE PLAGA					
FUNGICIDAS						
SECANTES						
REFERENCIAS						
	MONTE	PARCELA PRODUCCIÓN	PARCELA EN DESCANSO			
	RIO	CERRO	COMUNIDAD			

