

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS  
RECURSOS NATURALES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales

**TRABAJO EXPERIMENTAL:**

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE BIOLES EN UN CULTIVO HORTÍCOLA

**AUTOR:**

Esteban Geovanny León Becerra

**TUTOR:**

Juan Gerardo Loyola Illescas, Ph. D.

CUENCA-ECUADOR

2018

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Esteban Geovanny León Becerra, con documento de identidad N.º 0104672936, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación “EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE BIOLES EN UN CULTIVO HORTÍCOLA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Esteban León', with a large number '3' written to the right of the name.

Esteban Geovanny León Becerra

0104672936

## CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE BIOLES EN UN CULTIVO HORTÍCOLA, realizado por, Esteban Geovanny León Becerra, obteniendo el trabajo experimental, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana

Cuenca, febrero del 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'L' shape with a loop at the top and several horizontal strokes at the bottom.

Juan Gerardo Loyola Illescas, Ph. D.

0102378599

## DECLARATORIO DE RESPONSABILIDAD

Yo, Esteban Geovanny León Becerra con número de cédula 0104672936, autor del trabajo de titulación EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE BIOLES EN UN CULTIVO HORTÍCOLA, certifico que el total contenido del trabajo experimental es de mí exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero del 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Esteban León 3', with several horizontal lines drawn through it.

Esteban Geovanny León Becerra

0104672936

## Tabla de Contenido

<i>Lista de figuras y tablas</i>	<i>viii</i>
<i>Lista de abreviaturas</i>	<i>x</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>xi</i>
<i>Resumen</i>	<i>1</i>
<i>Abstract</i>	<i>2</i>
<i>Capítulo 1: Información preliminar</i>	<i>3</i>
<i>1.1 Introducción</i>	<i>4</i>
<i>1.2 Objetivo general</i>	<i>7</i>
<i>1.3 Objetivos específicos</i>	<i>7</i>
<i>1.4 Hipótesis</i>	<i>8</i>
<i>1.5 Planteamiento del problema</i>	<i>8</i>
<i>1.6 Justificación</i>	<i>12</i>
<i>1.7 Delimitación</i>	<i>15</i>
<i>Capítulo 2: Marco Teórico</i>	<i>17</i>
<i>2.1 Residuos sólidos orgánicos</i>	<i>18</i>
<b>Clasificación de los residuos sólidos orgánicos.</b>	<b>19</b>
<b>Valor económico de los residuos sólidos orgánicos.</b>	<b>21</b>
<b>Beneficios nutricionales de los residuos sólidos orgánicos.</b>	<b>21</b>
<b>Características bromatológicas de los residuos orgánicos.</b>	<b>21</b>
<i>2.2 Forma de transformar la materia orgánica</i>	<i>22</i>
<b>Procesos físicos.</b>	<b>22</b>
<b>Procesos fisicoquímicos.</b>	<b>23</b>
<b>Procesos termoquímicos.</b>	<b>23</b>
<b>Procesos biológicos y bioquímicos.</b>	<b>24</b>
<i>2.3 Digestión anaerobia</i>	<i>24</i>
<b>Etapas de la digestión anaerobia.</b>	<b>26</b>
<b>Bacterias del proceso anaerobio.</b>	<b>31</b>
<b>Modelos cinéticos de la digestión anaerobia.</b>	<b>33</b>
<b>Parámetros del proceso anaerobio.</b>	<b>34</b>
<i>2.4 Biol o fertilizante orgánico</i>	<i>38</i>

<b>Qué es el biol.</b>	<b>38</b>
<b>Funciones del biol.</b>	<b>38</b>
<b>Ventajas del biol.</b>	<b>39</b>
<b>Desventajas del biol.</b>	<b>40</b>
<b>Factores que intervienen en la formación del biol.</b>	<b>40</b>
<b>Dosis recomendada del biol.</b>	<b>41</b>
<b>2.5 Agroecología</b>	<b>41</b>
<b>Filosofía de la agroecología.</b>	<b>42</b>
<b>Sustentabilidad de la agroecología.</b>	<b>42</b>
<b>2.6 Suelo de chaparral o chaparro</b>	<b>43</b>
<b>Beneficios del suelo del chaparral en los bioles.</b>	<b>43</b>
<b>2.7 Generalidades del rábano (<i>Raphanus sativus</i>)</b>	<b>44</b>
<b>Clasificación taxonómica.</b>	<b>44</b>
<b>Descripción botánica.</b>	<b>45</b>
<b>Requerimientos del cultivo.</b>	<b>45</b>
<b>Composición nutricional del rábano.</b>	<b>46</b>
<b>2.8 Adsorción de nutrientes</b>	<b>47</b>
<b>2.9 Estado del arte</b>	<b>50</b>
<b>Capítulo 3: Materiales y Métodos</b>	<b>52</b>
<b>3.1 Generar dos bioles, a través de procesos biotecnológicos, aprovechando los residuos agrícolas y el suelo del chaparral</b>	<b>53</b>
<b>Cálculos para la relación C:N.</b>	<b>53</b>
<b>Insumos empleados.</b>	<b>53</b>
<b>Construcción del biodigestor.</b>	<b>54</b>
<b>Monitoreo del proceso.</b>	<b>55</b>
<b>Cosecha y almacenamiento de los bioles.</b>	<b>55</b>
<b>3.2 Determinar la calidad de los bioles, a través de pruebas de laboratorio, cumpliendo las normas vigentes</b>	<b>56</b>
<b>Densidad de los bioles.</b>	<b>56</b>
<b>pH y conductividad eléctrica.</b>	<b>57</b>
<b>Contenido de N, P y K.</b>	<b>57</b>

<b>3.3</b>	<b><i>Determinar la dosis óptima de los bioles para un cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i>), a través de experimentos en el campo, observando el mejor rendimiento hortícola</i></b>	<b>57</b>
	<b>Preparación del terreno.</b>	<b>57</b>
	<b>Características de la unidad experimental.</b>	<b>57</b>
	<b>Riego.</b>	<b>58</b>
	<b>Preparación de las soluciones de biol.</b>	<b>58</b>
	<b>Frecuencia de aplicación.</b>	<b>59</b>
	<b>Cosecha.</b>	<b>59</b>
	<b><i>Tipo de estudio.</i></b>	<b>59</b>
<b>3.4</b>	<b><i>Evaluar la capacidad de fijación de N-P-K en el suelo, a través de pruebas de laboratorio, determinando la cantidad antes y después del experimento</i></b>	<b>60</b>
	<b>Toma de la muestra.</b>	<b>60</b>
	<b>Densidad aparente (método del cilindro).</b>	<b>60</b>
	<b>Capítulo 4: Resultados y Discusión</b>	<b>62</b>
<b>4.1</b>	<b><i>Producción del fertilizante orgánico líquido tipo biol</i></b>	<b>63</b>
	<b>Fase anaerobia.</b>	<b>63</b>
	<b>Relación C:N.</b>	<b>63</b>
	<b>Temperatura.</b>	<b>63</b>
<b>4.2</b>	<b><i>Calidad de los bioles</i></b>	<b>65</b>
	<b>Densidad.</b>	<b>66</b>
	<b>pH y conductividad eléctrica.</b>	<b>66</b>
<b>4.3</b>	<b><i>Determinar la dosis óptima de los bioles para un cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i>), a través de experimentos en el campo, observando el mejor rendimiento hortícola</i></b>	<b>72</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Tallos.</b>	<b>72</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Hojas.</b>	<b>77</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Bulbo.</b>	<b>78</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Planta.</b>	<b>81</b>
<b>4.4</b>	<b><i>Evaluar la capacidad de fijación de N-P-K en el suelo, a través de pruebas de laboratorio, determinando la cantidad antes y después del experimento</i></b>	<b>84</b>
	<b>Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>90</b>
	<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>93</b>
	<b>Anexos</b>	<b>114</b>

## Lista de figuras y tablas

### F

- Figura 1:** Ubicación de la parroquia San Joaquín, 15
- Figura 2:** Ubicación de \Elabriego Alegre Granja Integral Orgánica Cuadruco\, 16
- Figura 3:** Características químicas de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, 19
- Figura 4:** Composición química de estiércoles, 20
- Figura 5:** Proceso de digestión anaerobia, 25
- Figura 6:** Reacciones bioquímicas del proceso anaerobio, 25
- Figura 7:** Relación entre la variación de energía libre de la reacción y la presión, 26
- Figura 8:** Reacciones acetogénicas en el proceso anaerobio, 29
- Figura 9:** Rutas metabólicas de la Metanogénesis, 31
- Figura 10:** Digestión anaerobia y sus microorganismos involucrados, 33
- Figura 11:** Velocidad relativa del crecimiento bacteriano, 35
- Figura 12:** Biodigestor discontinuo, 37
- Figura 13:** Estrategia agroecológica, 43
- Figura 14:** Composición nutricional del rábano, 46
- Figura 15:** Proceso de mineralización, 47
- Figura 16:** Proceso de nitrificación, 47
- Figura 17:** Formas de fosfato, 48
- Figura 18:** Cajón experimental, 64
- Figura 19:** Ciclos de temperaturas del proceso anaerobio del experimento, 64
- Figura 20:** Comparación entre bioles, 71
- Figura 21:** Gráfica de caja del número de tallos, 73
- Figura 22:** Gráfica de caja del promedio del diámetro de los tallos, 74
- Figura 23:** Gráfica de caja del largo del tallo, 75
- Figura 24:** Gráfica de caja del peso del tallo, 76
- Figura 25:** Gráfica de caja del ancho de las hojas, 77
- Figura 26:** Gráfica de caja de la longitud del bulbo, 79
- Figura 27:** Gráfica de caja del peso del bulbo, 80
- Figura 28:** Gráfica de caja de la altura de la planta, 82
- Figura 29:** Gráfica de caja del peso de la planta, 83
- Figura 30:** Diferencia antes y después del experimento, 87

### T

- Tabla 1:** Insumos del biol 1, 53
- Tabla 2:** Insumos del biol 2, 54
- Tabla 3:** Dosis de los bioles, 58
- Tabla 4:** Densidad de los bioles, 66
- Tabla 5:** pH y conductividad eléctrica, 67
- Tabla 6:** Contenidos de los bioles, 68

- Tabla 7:** g/l de los bioles, 69
- Tabla 8:** Fuentes de comparaciones de bioles, 69
- Tabla 9:** Análisis de varianza del número de tallos, 73
- Tabla 10:** Análisis de varianza del diámetro de los tallos, 74
- Tabla 11:** Análisis de varianza del largo del tallo, 75
- Tabla 12:** Análisis de varianza del peso del tallo, 76
- Tabla 13:** Análisis de varianza del promedio del ancho de las hojas, 77
- Tabla 14:** Análisis de varianza de la longitud del bulbo, 79
- Tabla 15:** Análisis de varianza del peso del bulbo, 80
- Tabla 16:** Análisis de varianza de la altura de la planta, 81
- Tabla 17:** Análisis de varianza del peso de la planta, 82
- Tabla 18:** Contenido de elementos antes del experimento, 84
- Tabla 19:** Cantidad necesaria para el cultivo de rábano, 85
- Tabla 20:** Diferencia del tratamiento antes y después del experimento, 86

## **Lista de abreviaturas**

°C: grados centígrados

ATP: Trifosfato de Adenosina

BCE: Banco Central del Ecuador

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FORSU: Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos

Meq: Numero de miliequivalentes

NPK: Nitrógeno, fosforo y potasio

pH: potencial de hidrógeno

ppm: partes por millón

tn/año: tonelada por año

## Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por guiarme y ampararme durante el transcurso de la carrera universitaria, dándome conocimiento y sabiduría para seguir el camino espiritual correcto.

A mi padre Patricio por ser un guía inspirador, fomentado el respeto y amor, por sacrificarse para apoyarme en todas mis demandas requeridas, que con la guía de nuestro Padre Celestial ha hecho de mí una buena persona.

A mi madre Yolanda la cual me ha formado espiritualmente inculcándome el camino correcto, el respeto por los demás, apoyándome y comprendiéndome en las diferentes etapas mi vida, por pensar siempre en el bienestar de la familia.

A mi abuelo Oswaldo por ser un padre más que me ha apoyado con su experiencia y consejos en mi etapa juvenil, por exigir que las cosas se cumplan de forma correcta.

Agradeciendo al Ph. D. Juan Loyola por ser el tutor de esta investigación experimental, el cual me ha brindado todo su apoyo con sus conocimientos y consejos.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”.

Albert Einstein (1879-1955)

## Resumen

### Evaluación de la eficacia de bioles en un cultivo hortícola

Los vertidos ilegales de los residuos orgánicos constituyen una fuente de contaminación ambiental debido a sus procesos de descomposición afectando a los sistemas abióticos y bióticos alterando así los cultivos hortícolas. El objetivo de la investigación es aprovechar los residuos orgánicos a través de la digestión anaerobia adicionando suelo de chaparro con el fin de obtener un biol, el cual podría ser empleado para aumentar el rendimiento agrícola. Se evaluó la calidad de los bioles con normas internacionales, se observó la cantidad de NPK, se experimentó en campo abierto con *Raphanus sativus*; además, se evaluó el aporte de los bioles al suelo. Como resultado se obtuvo que los bioles no cumplen con las normas internacionales, comparando con diferentes autores se observa que los bioles están dentro del intervalo de los mismos, una vez analizadas las variables de estudio empleando el diseño completamente al azar se observa que los tratamientos no son estadísticamente diferentes, el mejor tratamiento de aporte de NPK al suelo fue variable. Se concluye que los insumos y los parámetros de digestión anaerobia son fundamentales para obtener un biol que cumpla con las normas internacionales, además, al 10 % se produjo la activación de los microorganismos de montaña, aunque no se observaron resultados en las variables estudiadas debido a que los niveles de NPK estaban en niveles críticos en el suelo según lo reportado por los análisis.

**Palabras claves:** Bioles, Digestión anaerobia, Residuos orgánicos, Rendimiento agrícola, Suelo de chaparro.

## **Abstract**

### **Evaluation of the efficacy of bioles in a horticultural crop**

The illegal dumping of organic waste constitutes an environmental pollution due to their processes of decomposition affecting biotic and abiotic systems altering the horticultural crops. The objective of the research is to take advantage of organic waste through anaerobic digestion adding chaparro soil to obtain a biole, which could be used to increase agricultural yields. The quality of bioles was evaluated by international standards, the quantity of NPK was observed, it was experimented in an open field with *Raphanus sativus*, in addition the contribution of the bioles was evaluated to the soil. As a result it was obtained that the bioles don't comply with the international standards, comparing with different authors the bioles are within the range of the same, once the study variables using a completely randomized design it is observed that the treatments aren't statistically different, the best treatment of NPK contribution to the soil was variable. It is concluded that the inputs and parameters of anaerobic digestion are fundamental to obtain a biole that complies with international standards, in addition 10% was the activation of mountain microorganisms, though not results were observed in the studied variable because the NPK levels were at critical levels in the soil as reported by the analyses.

**Keywords:** Bioles, Anaerobic digestion, Organic waste, Agriculture yield, Chaparro soil.

## **Capítulo 1**

### **Información preliminar**

## 1.1 Introducción

El presente trabajo experimental tiene como propósito fundamental buscar una alternativa biotecnológica para aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados a partir de los sistemas agrícolas tradicionales, con la finalidad de promover la producción de insumos agrícolas, en la cual a través de la hipótesis planteada se pretende comprobar el rendimiento agrícola empleando biofertilizantes.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos surge como necesidad debido a la gran producción que se da cada año como expresa Avendaño (2015) que en el mundo se produce 1300 millones tn/año de basura tanto orgánica como inorgánica, de esta no se puede determinar en forma cuantitativa exactamente cuánta pertenece a residuos orgánicos debido a que los países no cuentan con datos certeros y por la falta de gestión de sus Estados, pero según Hoornweg y Bhada (2012) estiman que el 46 % de la basura generada en el mundo es orgánica. A nivel latinoamericano Guamán (2017) menciona un reporte de la FAO en la cual declara que anualmente en América Latina se desperdician 127 millones de toneladas de alimentos, de las cuales el 55 % son frutas y hortalizas.

Censos Ecuador (2015) señala que cada persona produce 0,57 kg de residuos sólidos por día. En la ciudad de Cuenca según la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC EP, 2014) se recolectaron en promedio 394 toneladas diarias. Los cuales aproximadamente de 10 a 12 toneladas corresponden a materia orgánica (*El Telégrafo*, 2014).

Todos estos datos presentados corresponden a lo reportado por las instituciones, pero no se consideran los botaderos ilegales; esto se ve reflejado por el Banco Mundial (2016) el cual manifiesta que se tiene conocimiento que actualmente existen botaderos ilegales que reciben los

desperdicios de cuatro mil millones de personas englobando más del 40 % de basura mundial que genera contaminación ambiental.

Como se observa no es cuantificable la basura orgánica por sus dimensiones, los municipios como responsables del manejo de la basura han implantado diferentes formas para combatir con las disposiciones ilegales como sanciones económicas, aunque algunos municipios siguen usando una forma de almacenar estas deposiciones a través de los llamados rellenos sanitarios, los cuales han tenido y tiene gran acogida debido a que muestran gran eficacia, pero diferentes estudios han demostrado que son contaminadores ambientales.

Aunque esta tecnología ha ido avanzando considerablemente a lo largo del tiempo, también ha traído muchas demandas como altos costos de construcción y mantenimiento, técnicos especializados, que ha impedido que estos sean sustentables para los municipios locales.

Como se evidencia se necesita buscar tecnologías amigables de bajo costo, con las cuales se obtenga mayores réditos, y lo fundamental intentar disminuir la contaminación ambiental que actualmente afecta a millones de personas debido a la descomposición de la basura a cielo abierto.

En realidad, hoy en día, gracias a los diversos enfoques ambientalistas y tecnológicos aparecidos en los últimos años, han surgido diversas alternativas biotecnológicas para tratar este tipo de residuos orgánicos, generando así diversas preguntas: ¿Cuál es la más posible desde el punto de vista económico para un agricultor? ¿Los nutrientes producidos satisfacen los requerimientos necesarios para el desarrollo del cultivo? ¿Podrán aumentar el rendimiento agrícola?

Todas estas interrogantes presentarán múltiples respuestas de acuerdo con los insumos orgánicos de partida que se empleen, las condiciones ambientales-tecnológicas en los cuales se desarrolle el proceso y en puntos como el ámbito social.

En la búsqueda de una tecnología alternativa que abarque todas las necesidades expresadas con anterioridad, se encontró la técnica de pirólisis la cual consta de procesos fisicoquímicos en donde los residuos sólidos a través de temperaturas superiores a 600 °C se transforman en una mezcla líquida constituida principalmente por hidrocarburos, además, se produce gases, carbón y agua, pero su puesta en marcha requiere grandes inversiones que en muchas ocasiones es difícil de sustentar para los municipios, aunque en general todas las técnicas termoquímicas requieren grandes inversiones.

Lo que se necesita es una tecnología o proceso accesible para todas las personas que posean residuos orgánicos y que su implantación tenga bajo costo económico, con lo cual se observó los procesos biológicos y bioquímicos de los residuos orgánicos.

Cuando se estudiaron todas las técnicas que engloban estos procesos se tomó en cuenta las necesidades de los agricultores, una de ellas es recuperar la soberanía alimentaria y evitar la dependencia de fertilizantes, ya que según *The Observatory of Economic Complexity* (2015) Ecuador importó en plaguicidas ese año por 231 millones de dólares.

Debido a esta reflexión se seleccionó la digestión anaerobia de los desechos orgánicos, la cual es sencilla y no requiere grandes inversiones.

El principal producto de la digestión anaerobia un líquido rico en micro y macronutrientes llamado biol o fertilizante orgánico, que de acuerdo con diversos estudios es eficaz y se tiene una alternativa para generar mayor producción agrícola, dando un recurso adicional a los campesinos

para que eviten la dependencia de los productos químicos y así recuperen la tierra que ha sido afectada en sus tres principales nutrientes NPK por una agricultura convencional.

Para aumentar la eficacia del biol se emplearon los suelos de chaparro o mantillo que contienen microorganismos como hongos, bacterias, micorrizas, levaduras, los cuales producen la inhibición de patógenos, incrementan el valor nutricional de los alimentos, mantienen y mejoran la calidad del agua con la reducción de concentraciones de amonio, nitrito y nitrato, además, disminuyen la carga elevada de materia orgánica (Melgar, Barba, Álvarez, Tovilla y Sánchez, 2013).

Como el experimento se realizó de forma manual el proceso de fermentación tomó tres meses, lo cual dificulta el uso de esta tecnología, pero con mecanismos más automatizados y controlando los principales factores de digestión, este tipo de biol se lo puede obtener en menor tiempo. Con el fin de evaluar la eficacia de los bioles se usó un cultivo de *Raphanus sativus*, además, se muestra la fijación de los nutrientes desde los bioles a los suelos.

## **1.2 Objetivo general**

Determinar la eficacia de dos bioles o fertilizantes de origen orgánico aprovechando la materia orgánica de los sistemas agrícolas tradicionales y la materia orgánica más el suelo del chaparral local favoreciendo la biota del suelo.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Generar dos bioles, a través de procesos biotecnológicos, aprovechando los residuos agrícolas y el suelo del chaparral.
- Determinar la calidad de los bioles, a través de pruebas de laboratorio, cumpliendo las normas vigentes.

- Determinar la dosis óptima de los bioles para un cultivo de rábano (*Raphanus sativus*), a través de experimentos en el campo, observando el mejor rendimiento hortícola.
- Evaluar la capacidad de fijación de N-P-K en el suelo, a través de pruebas de laboratorio, determinando la cantidad antes y después del experimento.

#### **1.4 Hipótesis**

Si la aplicación del biol sobre un cultivo hortícola aumenta la biota del suelo entonces genera mayor rendimiento agrícola.

#### **1.5 Planteamiento del problema**

Durante muchos años la basura se ha constituido como una fuente de contaminación ambiental, tomando gran importancia debido a los diferentes estudios que muestran sus efectos adversos causados por la generación inconsciente de los mismos, un estudio de Avendaño (2015) muestra que mundialmente la basura alcanzó en ese año 1300 millones tn/año, estimaciones señalan que en el año 2025 pasarán a ser aproximadamente 2200 millones tn/año. De esta basura total se estima que las dos terceras partes sean orgánicas. Hoornweg y Bhada (2012) estiman que el 46 % de la basura generada a nivel mundial sea orgánica.

A nivel latinoamericano la página Notimerica (2014) señala el estudio efectuado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS) el cual reporta que un latinoamericano genera 0,63 kilogramos de residuos sólidos por día. Guamán (2017) menciona un reporte de la FAO en la cual menciona que en América Latina se desperdicia 127 millones de toneladas de alimentos, el cual el 55 % son frutas y hortalizas.

Censos Ecuador (2015) señala que a nivel nacional cada persona produce 0,57 kg de residuos sólidos por día. La mayoría de esta llega a los vertederos por vías directas como los carros recolectores o a través de personas recicladoras, pero una parte no se procesa de manera correcta debido a la falta de responsabilidad y compromiso ambiental-social, esto se refleja con lo reportado en un estudio efectuado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2014) que solo el 22,7 % de las personas realiza el proceso de selección de la basura orgánica.

En la ciudad de Cuenca según EMAC EP (2014) se recolectaron en promedio 394 toneladas diarias de basura. Los cuales aproximadamente de 10 a 12 toneladas corresponde a materia orgánica (*El Telégrafo*, 2014).

Toda esta basura generada se puede explicar desde dos puntos, el primero está marcado por el consumismo como lo manifiestan Gil y Ríos (2016) los cuales exponen que está regido de forma empírica por la parte observable que es acompañado por el intervalo de ingresos que genera preferencias a ciertos bienes y servicios.

Por otra parte, se debe al rápido crecimiento poblacional mundial el cual consta en el estudio realizado por Naciones Unidas (2014) mostrando que en ese año se alcanzó una población aproximada de 7200 millones de personas, además, muestra una proyección que para el año 2025 la población será de 8100 millones y en el año 2050 alcanzará a 9600 millones de personas en el mundo. Esta velocidad de progresión se puede medir por la tasa de crecimiento anual, siendo este un índice que guarda la ocurrencia de nacimientos, defunciones y desplazamientos (Hernández, 1996).

Estas personas demandan y demandarán mayor cantidad de alimentos con lo cual el problema de contaminación ambiental será más grande, debido a que los planes de gestión de residuos de

los municipios locales se verán afectados por la enorme cantidad entrante de residuos, recurriendo así a las deposiciones ilegales.

Como manifiesta el Banco Mundial (2016) se tiene conocimiento que actualmente existen botaderos ilegales que afectan aproximadamente a cuatro mil millones de personas, que engloban más del 40 % de basura mundial, generando contaminación ambiental.

Por lo tanto, el ser humano se ve afectado por estas deposiciones ilegales peligrosas porque se produce la proliferación de enfermedades causando problemas directos en la salud pública, afectando el paisaje natural, incluso acarrea problemas psicológicos, trastornos de atención y cambios de humor, asimismo los sistemas bióticos y abióticos son alterados por estas deposiciones.

¿Pero cómo se trataba estos problemas de generación de residuos en años anteriores?

Hace años atrás la única solución rentable que encontraban los municipios eran los llamados botaderos municipales, los cuales fueron grandes acumuladores de basura que emanaban gases a la atmósfera, viéndose también afectado el suelo por sus lixiviados que causaban contaminación.

La tecnología ha copado grandes áreas y este campo no se ha quedado atrás con lo cual se ha implantado el uso de los rellenos sanitarios: depresiones del terreno, cubiertas por una membrana inferior, un sistema de recolección de líquidos y gases; aunque parece un método tecnológicamente estable, estos rellenos son propensos a fallos debido a la ruptura de la capa arcillosa y del recubrimiento plástico por sustancias como el naftaleno, xileno que emanan los residuos sólidos; la cubierta protectora de los rellenos puede ser atacada por la luz UV, erosión o por intervención animal, además, consideremos que el metano es explosivo que en contacto con el oxígeno causa incendios en los rellenos sanitarios.

Estos lixiviados generados en los rellenos sanitarios se filtran limitando sus usos agrícolas y perjudicando a la fauna existente, repercutiendo de manera directa en el efecto invernadero por la generación de diversos gases como el metano, además, el movimiento que ejercen las fuentes de agua superficiales causan contaminación hídrica (Corena, 2008). Además, existen diversos estudios que reportan las evidencias perjudiciales de los rellenos en la salud entre ellos están problemas cerebrovasculares, cardiovasculares, cáncer de hígado y vejiga, asma, trastornos en los recién nacidos (Greenpeace Argentina, 2008).

Todos estos efectos descritos anteriormente se pueden agravar de manera significativa debido al empleo de la agricultura convencional, la cual promete ser la salvación de la hambruna que se intensificará cuanta más creciente sea la población. Este tipo de agricultura se basa en la utilización de insumos químicos externos. Diario *El Universo* (2015) cita un informe de la OMS (Organización Mundial de la Salud) el cual señala que cada año 3 millones de personas terminan envenenadas por plaguicidas muriendo 20 000 personas de ellas; estos insumos suelen ser empleados en monocultivos que dan como resultado alimentos con una alta dosis de sustancias químicas que pueden llegar a ser agentes cancerígenos que producirían inferencias en los fetos, disrupción del sistema nervioso, reproductivo, endocrino e inmunológico.

Los suelos se ven afectados con este tipo de agricultura ya que los tres principales macronutrientes NPK se desequilibran produciendo degradación en los suelos (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal [INIAF], 2012). Este desequilibrio de los nutrientes causa problemas en el desarrollo de la planta afectando así la nutrición mineral óptima y la edafofauna, dándose una pérdida de fertilidad y produciéndose la salinización, afectando alrededor de 2600 millones de personas a nivel mundial por la erosión de los suelos (Sentís, 2015).

Esto se agrava cada día por el empleo de maquinaria pesada que compacta la materia orgánica, en consecuencia, los agricultores necesitan adquirir más insumos químicos para mantener sus cosechas agrícolas.

Un punto clave para el éxito de esta agricultura convencional basada en el consumismo es atacar a los enemigos naturales, los cuales se ven afectados por los pesticidas especialmente los organoclorados y los organofosforados que están provocando que las plagas adquieran resistencia y que se proliferen de manera eficaz, dándose un círculo vicioso que a largo plazo acabara con los pequeños agricultores.

## **1.6 Justificación**

La generación de basura orgánica tiene sus bases en los sistemas agrícolas debido a que constituye una fuente primaria, se estima que a nivel mundial esta constituye alrededor del 46 % de los residuos sólidos totales (Hoornweg y Bhada, 2012). Si consideramos como base el estudio de Avendaño (2015) tenemos que en ese año se tuvo 598 millones tn/año de basura orgánica. En Latinoamérica según el estudio de la FAO citado por Guamán (2017) se generaron en años anteriores alrededor de 63,5 millones de toneladas. En Cuenca según *El Telégrafo* (2014) se recolectaron de 10 a 12 toneladas de materia orgánica.

No se tiene constancia de cifras de cuánta basura orgánica es depositada en lugares no autorizados debido a que su cuantificación es muy extensa por la magnitud de la población, pero a nivel local se observa que podemos encontrar residuos sólidos en lugares abandonados, los cuales causan grandes problemas a los moradores de los sectores aledaños presentándose efectos directos en la salud y alterando los sistemas naturales.

Pero fijemos la idea en un punto central el cual es que afectan a los suelos agrícolas debido a los lixiviados generados por la descomposición de los mismos repercutiendo de manera directa a la fauna existente; estos residuos junto con los de origen orgánico producen gases tóxicos como el metano que tiene repercusión directa en el cambio climático, además, interviene en la generación de la lluvia ácida que contamina las fuentes hídricas.

Como se muestra estos residuos son causantes de diversos problemas que alteran el equilibrio natural de los sistemas bióticos y abióticos, lo que obliga a la implementación de los rellenos sanitarios de última tecnología, generando grandes costos. En la ciudad de Cuenca tenemos el relleno de Pichacay que empezó a funcionar en el 2001, teniendo una vida útil de 20 años. Según la EMAC todos los residuos orgánicos que llegan aquí son convertidos en abonos; parece un sistema controlado para los residuos orgánicos, teniendo solo preocupación por los residuos sólidos no orgánicos.

Pero existe una opción más viable que puede generar más productos con los residuos orgánicos e incluso con una buena implementación podría a ser ocupados todos los residuos de este relleno.

Pero este enfoque queda fuera de este estudio siendo el principal de esta investigación el producir un fertilizante orgánico debido al exceso de consumo de fertilizantes como se mencionó en el punto 1.5.

Los agricultores muchas veces no tienen conocimiento fundamentados sobre los productos que generan, como es el caso de estos residuos orgánicos los cuales según Restrepo, Gómez y Escobar (2014) contribuyen en la fertilidad del suelo en forma de nitrógeno, fósforo y azufre; además, señala que la materia orgánica es anfotérica con un pH negativo dándose que Ca, Mg y K están ligados de forma electrostáticamente a la materia orgánica.

La generación de fertilizantes empleando esta materia orgánica favorece el crecimiento de las plantas y provee aires limpios, lo cual ayuda a combatir el calentamiento global (Master composter soil builder, 2012), ya que según Sierra y Rojas (2012) favorece a la estabilidad de los suelos, mayor aeración, mayor porosidad, mayor cantidad de nutrientes adsorbidos que favorecerán a la generación de alimentos de mayor calidad comercial. Además, se produce el aumento de la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el suelo (León, Barrantes y Candia, 2012).

¿Es factible para los agricultores?

El beneficio de implantar la agricultura orgánica a nivel local se presenta como una actividad económica emergente importante participando de forma activa los agricultores contribuyendo así a la conservación de bienes y servicios, dándose una económica verde, además, minimiza costos de producción, mejora los productos satisfaciendo a los consumidores permanentemente y accediendo a mercados nacionales e internacionales (Gómez de Zea, 2012).

Adicionalmente, con el fin de aumentar el proceso de degradación de la materia orgánica se pretende incorporar microorganismos del suelo del chaparral, que han demostrado eficacia en incrementar el valor nutricional, aumentar la supervivencia y disminuir enfermedades de los cultivos mediante la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas generando efectos positivos para crear un ambiente en equilibrio (Campo, Acosta, Morales y Prado, 2014).

¿Cómo se puede intervenir para cambiar esta situación actual?

Concluyo que la forma más efectiva es retomar la agricultura tradicional, cuya base es su forma orgánica como es el caso de la producción de biol, que dará mayor productividad en las cosechas, evitando envenenamientos por la intervención de los plaguicidas, generando mayores ganancias y

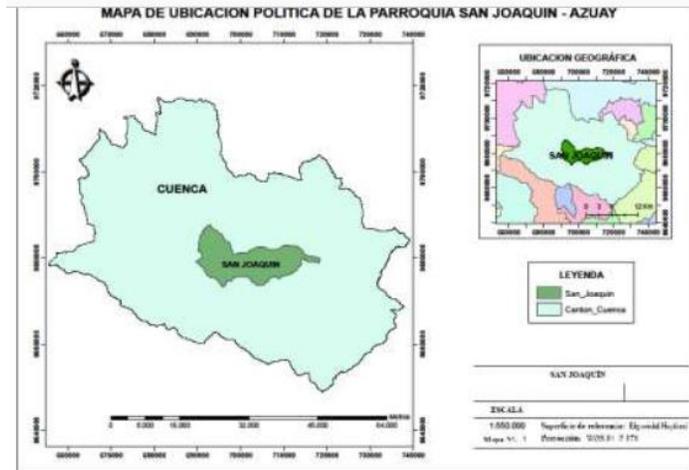
retomaremos nuestra soberanía alimentaria a plenitud. Pero ¿cómo llegar a los agricultores? A través de charlas y fundamentalmente pruebas *in vivo* mostrándoles los beneficios que tienen estos insumos y cómo generarán mayores ganancias económicas.

### **1.7 Delimitación**

La producción del fertilizante orgánico y el proceso de siembra del rábano se realizó en la finca *Elabriego Alegre Granja Integral Orgánica Cuadruco*, perteneciente al señor Gregorio Villacís, la cual está ubicada en la parroquia San Joaquín a “siete kilómetros al noroeste de la ciudad de Cuenca. Limita al norte con la parroquia Sayausí, al sur con la parroquia Baños, al este con la ciudad de Cuenca, y al oeste con las parroquias de Chaucha y Molleturo”. (San Joaquín Cuenca, s. f.)

La cual registra: “Altitud: 2655 m s. n. m., clima: subtropical – templado y precipitaciones: 1000-1200 mm” (Mejía, 2014, p. 7-8).

La humedad relativa en la parroquia San Joaquín tiene una media anual de 88,34 %. La geomorfología ejerce efectos sobre la duración de la exposición al sol, en la presencia de heladas, en el efecto de los vientos, en la profundidad y humedad del suelo (Loyola, 2017, p. 29-31).



**Figura 1.** Ubicación de la parroquia San Joaquín

**Fuente:** Universidad del Azuay-IERSE-COPOE (como se citó en Loyola, 2017).

La finca está ubicada en las coordenadas siguientes: 2°53'30''S, 79°03'06'' W



**Figura 2.** Ubicación de Elabriego Alegre Granja Integral Orgánica Cuadruco

**Fuente:** Google Maps, 2017

## **Capítulo 2**

### **Marco referencial**

## **2.1 Residuos sólidos orgánicos**

Cortinas de Nava (como se citó en Reyes, 2004) define a los residuos como “material, insumo, producto o subproducto, sólido, semisólido, líquido o gaseoso que esté contenido, generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o procesamiento, y que se descarta, que pueda ser susceptible de ser aprovechado” (p. 10).

Mantra (como se citó en Garita, Rojas y Universidad Nacional de Costa Rica, 2015) define a los residuos orgánicos como “residuos que se descomponen naturalmente, que presentan la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica” (p. 4). Según la norma NTE INEN 2841 (2014) los residuos orgánicos “son residuos biodegradables que se caracterizan porque pueden descomponerse naturalmente y tienen la característica de poder transformarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: restos de comida, hortalizas, frutas, los restos de comida, frutas y verduras, sus cáscaras, carne, huevos, etc.” (p. 2). Estos están condicionados por las características y composición que están fuertemente influenciadas por sus factores ambientales presentes. A continuación, se muestran datos sobre la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en general.

<b>Parámetros analíticos</b>	<b>FORSU</b>
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	295
Humedad (%)	17,2
Materia Orgánica (%)	53,36
Sólidos (%)	82,8
ST (g/Kg)	828
SV (g/Kg)	441
SFT (g/Kg)	387
STS (% peso seco)	17,5
SVS (% peso seco)	17
SFS (% peso seco)	0,5
STD (% peso seco)	810,5
SVD (% peso seco)	424
SFD (% peso seco)	386,5
Ph	7,62
Alcalinidad (g CaCO <sub>3</sub> /g)	0,14
Acidez total (mg AcH/L)	1.974,67
N-amon (mg NH <sub>3</sub> -N/g)	0,01
N-total (mg NH <sub>3</sub> -Nk/g)	11,20
N-total (%)	1,12
Carbono de la MO (%)	30,94
Carbono orgánico disuelto	31,97
C:N (materia orgánica)	27,62
C:N (COD)	28,54
COD (mg/g)	31,97
DQO (mgO <sub>2</sub> /g)	113,4

**Figura 3.** Características químicas de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos

**Fuente:** Rodríguez, 2014

### **Clasificación de los residuos sólidos orgánicos.**

Flores (como se citó en Jaramillo y Zapata, 2008) señala la siguiente clasificación:

– Según su fuente de generación:

Residuos sólidos orgánicos provenientes del barrido de las calles

Residuos sólidos orgánicos institucionales

Residuos sólidos de mercados

Residuos sólidos orgánicos de origen comercial

Residuos sólidos orgánicos domiciliarios

– Según su naturaleza y/o característica física:

Residuos de alimentos

Restos vegetales: residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscaras de frutas, etc.

Papel y cartón

Cueros y plásticos (pp. 27-29).

Estiércol: Es una mezcla de material fecal y alimento el cual contiene factores digestivos como enzimas, jugos gástricos, bacterias y células intestinales, la aplicación al suelo de estiércol favorece la aportación de nutrientes, retiene la humedad y mejora la actividad biológica aumentando así la fertilidad, pero según estudios la descomposición del estiércol tiene efectos directos sobre el cambio climático dándose que el sector ganadero tiene incidencia en el 9 % de CO<sub>2</sub> (Toala, 2013). A continuación, se muestra la composición química de estiércoles mostrados en una tesis perteneciente a la provincia de Cotopaxi.

No. laborat.	Identificación	pH	R		%							ppm				
			C/N	C.E.	N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	M.O	B	Zn	Cu	Fe	Mn
255	Gallinaza	7.5	12.38	15.4	3.15	1.60	3.08	3.64	0.94	0.48	73.77	72.7	575.2	52.4	2200.8	671.2
256	Cuy	9.8	17.0	9.6	1.33	0.73	3.27	5.60	1.74	0.26	42.86	103.8	157.0	31.2	7255.5	288.2
257	Oveja	8.7	13.65	4.7	2.87	0.76	0.25	1.62	1.11	0.22	74.14	56.1	75.0	25.0	2389.2	163.4

**Figura 4.** Composición química de estiércoles

**Fuente:** Análisis realizados por INIAP como se citó en Guamán, 2010

### **Valor económico de los residuos sólidos orgánicos.**

El Ecuador es un país con una alta productividad alimentaria, donde la mayoría de las personas por razones del consumismo desaprovechan gran parte de la materia orgánica generada a nivel local, esta materia genera problemas ambientales por la disposición indebida en lugares no autorizados, si se reformaran las leyes para aprovechar estas podríamos sustentar a la agricultura orgánica generando ingresos, produciendo así el buen vivir que tanto anhelamos, como lo demuestra el estudio efectuado por Quispe (2015) en él se determina que el compromiso de las personas, la infraestructura y el empleo de las tecnologías son factores claves para dar un valor agregado a estos residuos.

### **Beneficios nutricionales de los residuos sólidos orgánicos.**

“La materia orgánica contribuye a la fertilidad del suelo. Los nutrientes son secuestrados y liberados de la materia orgánica por dos procesos distintos: biológicos para los minerales como el N, P, S y químicos como el Mg y K”. (Restrepo, Gómez y Escobar, 2014, p. 12).

### **Características bromatológicas de los residuos orgánicos.**

Campuzano (2013) señala que los residuos orgánicos se pueden analizar desde una perspectiva bromatológica como carbohidratos, proteínas, grasas y aceites.

Carbohidratos: llamados glúcidos o azúcares, siendo químicamente aldehídos o cetonas polihidroxílicos, o productos derivados de ellos por oxidación, reducción, sustitución o polimerización, constituyen la principal fuente primaria de energía para los diferentes procesos que requiere la naturaleza (Ramírez, 2006). Los componentes principales son:

- Fibras crudas
- Celulosa

- Hemicelulosa
- Pectinas
- Almidón

Proteínas: biomoléculas formadas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, aunque algunas proteínas contienen azufre, fósforo, hierro, magnesio y cobre. Luque (2009) señala que son cadenas de aminoácidos que tienen una estructura tridimensional, las cuales tienen funciones diferentes de acuerdo con su estructura, estando codificadas en el material genético, donde se especifica la secuencia de aminoácidos.

Grasas y aceites: Según Sanders (como se citó en Campuzano, 2013) son triglicéridos que están constituidos principalmente por glicerol y tres ácidos grasos, siendo insolubles en agua y tienen una adherencia más fácil a las partículas de los residuos. Alves *et al.* (como se citó en Campuzano, 2013) mencionan que durante la digestión anaerobia las grasas y aceites se hidrolizan a ácidos grasos de cadena larga y posteriormente son oxidados a acetato e hidrógeno.

## **2.2 Forma de transformar la materia orgánica**

Existen diversos procesos que se puede elegir, teniendo en cuenta ciertas características. En general existen tres tipos de tratamientos con lo que se puede obtener: fuente de alimento animal, fuente de energía y fuente de abono (Cevallos, 2014).

### **Procesos físicos.**

- Fuente de alimento animal: Estos tipos de residuos son empleados como preparados para la alimentación animal, teniendo como principal factor el aumento significativo de las proteínas, obteniendo así una buena calidad y nutrición de los derivados cárnicos (Pinto y Suárez, 2016).

### **Procesos fisicoquímicos.**

- **Fermentación:** Es un método utilizado para aprovechar los residuos orgánicos y obtener un líquido llamado bioalcohol, obtenido gracias a la presencia de azúcares presentes en residuos vegetales, en general consta de 4 fases: dilución, conversión, fermentación y deshidratación, siendo el pilar fundamental para las reacciones la presencia de levaduras en un ambiente anaerobio.
- **Aprovechamiento de aceites:** Es una conversión de la materia orgánica en aceites y por consiguiente en la transformación en ésteres que tienen un alcohol y un ácido orgánico, este alcohol se transesterifica y se obtiene un producto llamado biodiésel y glicerina (Pinto y Suárez, 2016).

### **Procesos termoquímicos.**

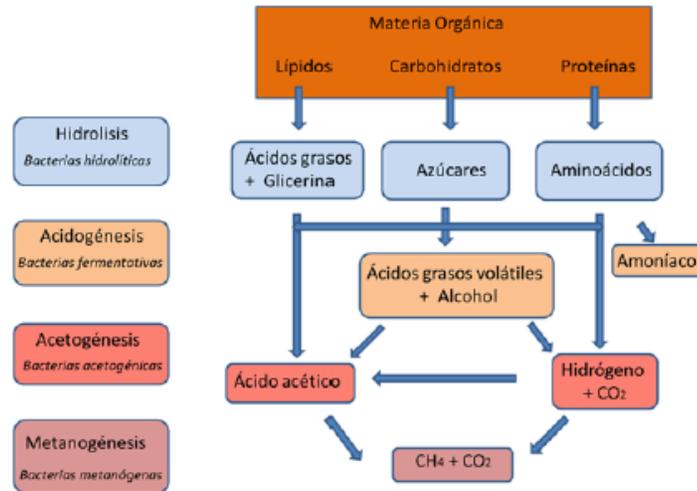
- **Combustión:** Es una técnica en la cual los residuos orgánicos son quemados a una temperatura mayor de 300 °C hasta los 1000 °C, donde se produce la descomposición en presencia del oxígeno con el fin de obtener vapor y así generar energía (Pinto y Suárez, 2016).
- **Gasificación:** Los residuos orgánicos son transformados en un gas de combustión, debido a las reacciones termoquímicas gracias al carbono presente, el cual emplea un agente gasificante en un ambiente anaerobio (AgroWaste, 2013).
- **Licuefacción:** “Es la conversión de la biomasa, a baja temperatura y presiones elevadas de hidrógeno, en hidrocarburos líquidos y estables” (Urien, A, 2013, p. 20).
- **Pirólisis:** proceso en donde el material de partida es calentado hasta 550 °C en condiciones anaerobias, en esta temperatura los residuos orgánicos se descomponen y producen productos sólidos, líquidos y gaseosos (Aragonez, 2015).

### **Procesos biológicos y bioquímicos.**

- Lombricultura: técnica biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombriz, la *Eisenia foetida*, como herramienta de trabajo, la cual recicla todo tipo de materia orgánica; entre ella se destaca los desechos agrícolas obteniendo así humus sólido y líquido el cual ayuda en el desarrollo y crecimiento de las plantas (Raya, 2010).
- Composta: Según Haug y Deffis (como se citó en Hernández, 2003) es la descomposición y estabilización de sustratos orgánicos apoyado con temperaturas termófilas, obteniendo un producto homogéneo y estable, siendo al mismo tiempo un producto húmico y cálcico que aporta diversos microelementos al suelo.
- Compostaje: producto obtenido de un proceso controlado de descomposición de la materia orgánica, teniendo propiedades fertilizantes rehabilitando los suelos debido a la intervención de millones de microorganismos y hongos (De Santos y Urquiaga, 2013).
- Digestión anaerobia: fermentación microbiana anaerobia en la cual se genera biogás y una suspensión acuosa que contiene microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica, dando lugar a un tipo de abono que puede ser usado como fertilizantes de suelos (Acosta y Abreu, 2005).

### **2.3 Digestión anaerobia**

Según Clavijo (2015) la digestión anaeróbica es un proceso biológico en el cual a través de bacterias específicas descomponen la materia orgánica, esto tiene lugar gracias a cuatro pasos que se muestran a continuación:



**Figura 5.** Proceso de digestión anaerobia

**Fuente:** Ribas, 2015

Gracias a la acción bacteriana específica se da una gestión sostenible, en la cual se obtienen biogás y un efluente (biol) que es una mezcla de productos minerales aptos para el empleo en los cultivos (Ferrer, Uggetti, Poggio y Velo, 2015; Gonzabay y Suárez, 2016).

TIPO DE REACCIÓN	ECUACIÓN
Fermentación de glucosa a acetato	$\text{Glucosa} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + 4\text{H}^+ + 4\text{H}_2$
Fermentación de glucosa a butirato	$\text{Glucosa} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2 + 2\text{HCO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{H}_2$
Fermentación del butirato a acetato e $\text{H}_2$	$\text{Butirato} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + \text{H}_2$
Fermentación del propionato a acetato	$\text{Propionato} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2$
Acetogénesis a partir de $\text{H}_2$ y $\text{CO}_2$	$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
Metanogénesis a partir del $\text{CO}_2$ e $\text{H}_2$	$\text{HCO}_3^- + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
Metanogénesis a partir acetato	$\text{Acetato} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

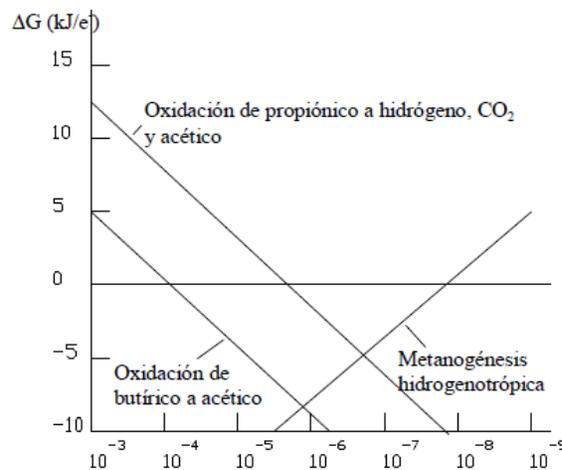
**Figura 6.** Reacciones bioquímicas del proceso anaerobio

**Fuente:** Zinder (como se citó en Rodríguez, 2014)

Un factor primordial en la digestión anaerobia es el proceso de digestión del sustrato, el cual condiciona la composición cuantitativa de la población bacteriana, estableciéndose un equilibrio fácilmente alterable cuando se encuentra en presencia de algún tipo de metal que inhibe el

crecimiento bacteriano, si ocurriera esto las bacterias metanogénicas no pueden consumir los ácidos provenientes del proceso de digestión y la producción del metano no se daría correctamente, lo cual significaría que el proceso se torne lento dándose así que el equilibrio entre las poblaciones tome meses.

Viéndose también afectada la etapa acetogénica ya que la descomposición de los ácidos provenientes de la descomposición no es termodinámicamente posible para presiones parciales de hidrógeno relativamente elevadas (Flotats y Campos, 2017).



**Figura 7.** Relación entre la variación de energía libre de la reacción y la presión

**Fuente:** Flotats y Campos, 2017

### **Etapas de la digestión anaerobia.**

#### ***Hidrólisis.***

El primer paso es la hidrólisis de carbohidratos, lípidos y proteínas por acción de enzimas extracelulares convirtiéndolos en moléculas más simples como aminoácidos, azúcares y ácidos grasos respectivamente y así poder ser disueltas por el medio acuoso que las rodea (Parra, 2014).

Tienen un papel importante la temperatura, tiempo de retención hidráulico, composición y concentración del sustrato, tamaño de partículas, pH (Serrano, 2015).

Hidrólisis de carbohidratos: Palmavist y Hahn-Hägerdal; Sanders (como se citó en Campuzano, 2013, p.20) mencionan que “la hidrólisis de las celulosas es efectuada por una mezcla de enzimas celulolíticas como las exoglucanasas, endoglucanasas y celobiasas o glucosidasas: estas enzimas son denominadas genéricamente celulasas”.

Hidrólisis de grasas: La grasa se hidroliza en una molécula denominada glicerol, además, se obtiene tres ácidos grasos de cadena larga; la enzima responsable de la reacción es la lipasa, que es activa en sustratos insolubles.

Hidrólisis de proteínas: En esta intervienen las enzimas proteasas, muy sensibles a altos niveles de fosfato inorgánico y glucosa (Campuzano, 2013).

### ***Acidogénesis.***

Los monómeros provenientes de la etapa anterior sufren un proceso de degradación a través de reacciones fermentativas, funcionando como aceptores y donadores de electrones (Lueneberg, 2009).

Según Sainz (como se citó en Araujo, 2014) “durante esta etapa los productos generados en la fase anterior son transformados en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y una mezcla de ácidos grasos volátiles. Los principales ácidos grasos volátiles generados son acético, propiónico, butírico y valérico” (p.10). Como se describe a continuación:

Fermentación de carbohidratos solubles: La glucosa mediante la ruta *Embden-Meyerhof* se convierte en piruvato, esta a su vez se desdobra en acetil coenzima A y dióxido de carbono; la

acetil coenzima A se reduce en productos fermentativos empleando el NADH como transportador de electrones.

Fermentación de aminoácidos: Se produce la generación de ácidos grasos orgánicos volátiles de cadena corta, ácido succínico y aminovalérico, estos a su vez sufren un proceso de oxidación y producen amoníaco, CO<sub>2</sub> y ácido carboxílico (Serrano, 2015).

### ***Acetogénesis.***

Los productos obtenidos de la acidogénesis pueden ser metabolizados por organismos metanogénicos directamente, esto es el caso del hidrógeno y el ácido acético, pero otros como el etanol, compuestos aromáticos, entre otros deben ser transformados en productos sencillos (Serrano, 2015). En la Figura 8 se muestran todas las etapas que se requieren en la etapa acetogénica:

Reacciones acetogénicas	$\Delta G^\circ$ (kJ)
<b>Etanol y ácido láctico</b>	
$Etanol + H_2O \rightarrow Acetato^{-1} + H^+ + 2H_2$	+ 9,6
$Lactato^{-1} + 2H_2O \rightarrow Acetato^{-1} + H^+ + 2H_2 + HCO_3^-$	- 4,2
<b>Ácidos orgánicos volátiles</b>	
$Acetato^{-1} + 4H_2O \rightarrow H^+ + 4H_2 + 2HCO_3^-$	+ 104,6
$Propionato^{-1} + 3H_2O \rightarrow Acetato^{-1} + H^+ + 3H_2 + HCO_3^-$	+ 76,1
$Butirato^{-1} + 2H_2O \rightarrow 2Acetato^{-1} + H^+ + 2H_2$	+ 48,1
$Valerato^{-1} + 3H_2O \rightarrow 3Acetato^{-1} + 2H^+ + 4H_2$	+ 96,2
<b>Aminoácidos</b>	
$Alanina + 3H_2O \rightarrow Acetato^{-1} + H^+ + 2H_2 + HCO_3^- + NH_4^+$	+ 7,5
$Aspartato^{-1} + 4H_2O \rightarrow Acetato^{-1} + H^+ + 2H_2 + 2HCO_3^- + NH_4^+$	- 14,0
$Lencina + 3H_2O \rightarrow Isovalerato^{-1} + H^+ + 2H_2 + HCO_3^- + NH_4^+$	+ 4,2
$Glutamato^{-1} + 4H_2O \rightarrow Propionato^{-1} + H^+ + 2H_2 + 2HCO_3^- + NH_4^+$	- 5,8
$Glutamato^{-1} + 7H_2O \rightarrow Acetato^{-1} + 3H^+ + 5H_2 + 3HCO_3^- + NH_4^+$	+ 70,3

**Figura 8.** Reacciones acetogénicas en el proceso anaerobio

**Fuente:** Serrano, 2015

Dándose la conversión de los productos finales en acetato a través de dos vías:

Degradación acetogénica: se produce como consecuencia de reacciones fermentativas de ácidos grasos y alcoholes, están condicionados por la concentración de hidrógeno, lo cual significa que la velocidad que trabajen los digestores debe estar acorde a su concentración, esto es necesario para la formación de acético y liberar energía libre para sintetizar ATP dándose que el crecimiento bacteriano sea eficaz.

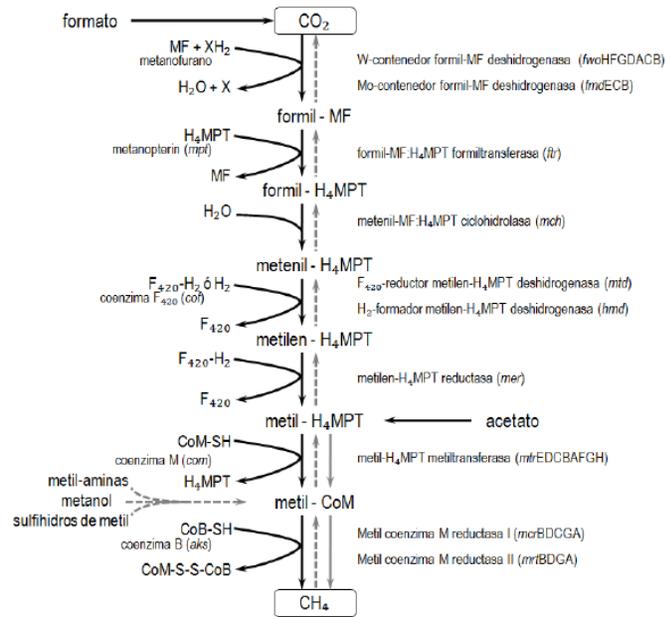
Hidrogenación acetogénica: aquí intervienen las bacterias homoacetogénicas que crecen autotróficamente con  $CO_2$  e hidrógeno lo cual genera acetato según Fernández (como se citó en Alcántar, 2014).

### ***Metanogénesis.***

“En esta etapa los microorganismos metanogénicos son los responsables de la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, formiato, metanol, y algunas metilaminas” (Alcántar, 2014, p. 29).

Alrededor del 70 % del metano generado es proveniente del acetato que se produjo en la etapa anterior, este acetato sufre un proceso denominado descarboxilación realizado por arqueas metanogénicas acetoclásticas, el 30 % restante es proviene de la reducción del dióxido de carbono por el hidrógeno a metano, el cual es usado como catalizador por las arqueas metanogénicas reductoras, esta fase es conocida como metanogénesis hidrogenotrófica.

Adicionalmente, las bacterias sulfaredutoras también consumen este gas para la reducción de sulfato o para producción de acetato a partir de CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub> como expresa Almeida *et al.* (citado en Parra, 2014). Ver la Figura 9 a continuación:



**Figura 9.** Rutas metabólicas de la metanogénesis

**Fuente:** Almeida *et al.*, 2011

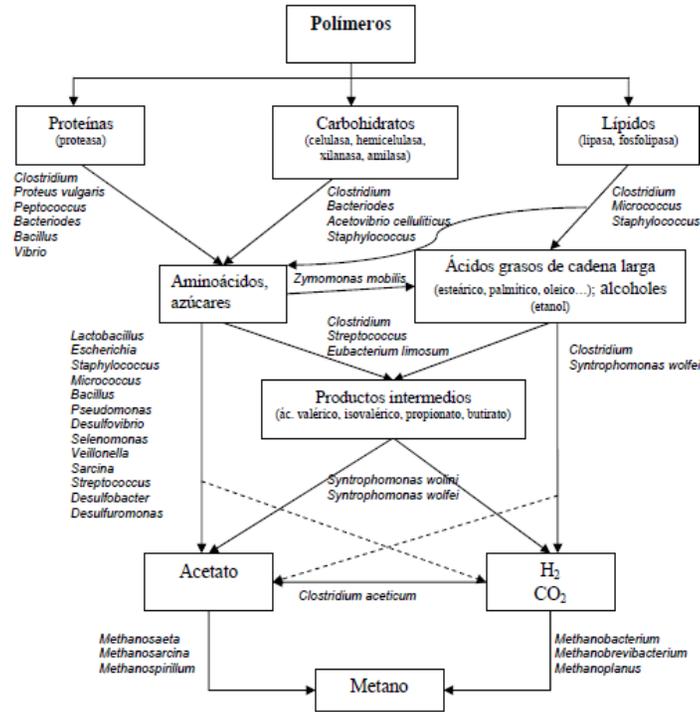
### Bacterias del proceso anaerobio.

En la etapa hidrolítica: Se encuentran los géneros *Clostridium*, *Peptococcus*, *Proteus vulgaris*, *Vibrio*, *Micrococcus* y *Bacillus*, entre otros, también se han observado protozoos del género *Trepomonas*, *Tetramitys*, *Trichomonas*, *Vahlkampfia*, *Hartamanella*, *Metopus*, *Trimyema* y *Saprodinium*: y hongos del género *Phycomycetes* y *Ascomycetes*.

En la etapa acidogénica: Se encuentran diferentes géneros de bacterias fermentativas: *Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Butyribacterium*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Desulfobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus* y *Escherochia* – Anderson y col; Stronach y colaboradores (como se citó en Ramos, 2014, p. 15).

Etapa acetogénica: Se encuentran bacterias como: *Propionibacterium*, *Clostridium propionicum*, *Clostridium butyricum*, *Syntrophomonas sapovorans*, *Syntrophobacter wolinii*, *Syntromonas wolfei*, *Syntrophospara bryantii*, *Syntrophus buswellii* (Rodríguez, 2014, p. 29).

Etapa metanogénica: Encontramos bacterias metanogénicas acetoclásticas que producen CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, encontrándose tres géneros de bacterias: *Methanosarcina*, *Methanosaeta* y *Methanospirillum* que utilizan como sustrato acetato. Además, existen bacterias metanogénicas hidrogenotróficas como *Methanobacterium*, *Methanobrevibacterium* y *Methanoplanus* que producen metano a partir de H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> – Anderson y colaboradores (como se citó en Ramos, 2014, pp. 16-17). A continuación, se resume en forma breve en qué etapa interviene cada grupo de bacterias.



**Figura 10.** Digestión anaerobia y sus microorganismos involucrados

**Fuente:** Ramos, 2014

### Modelos cinéticos de la digestión anaerobia.

Según Contreras (2013) la cinética de crecimiento biológico está basado en dos relaciones: velocidad de crecimiento de los microorganismos ( $dX/dt$ ) y la velocidad de utilización de sustrato ( $dS/dt$ ). A continuación, se muestran diversas teorías de modelos cinéticos:

Monod (como se citó en Contreras, 2013) describe la cinética de degradación de sólidos suspendidos, en la cual su ventaja es la connotación determinística que tienen los parámetros cinéticos.

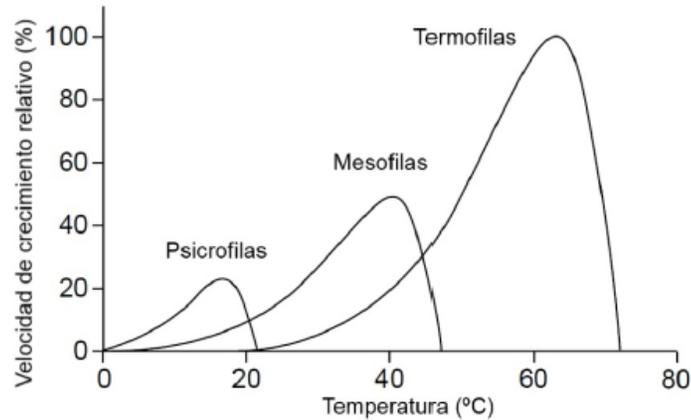
Vavilin *et al.* (como se citó en Contreras, 2013) manifiestan que el modelo de Contois incluye el crecimiento de biomasa hidrolítica/ acidogénicas, es de mayor uso cuando los residuos son complejos los cuales obligan a realizarse en dos fases.

Los modelos de primer orden son los más utilizados debido a que describen la evolución del metabolito principal, estos han sido empleados para cuantificar la extensión de procesos inhibitorios, los cuales sirven para evaluar la disponibilidad de sustratos (Contreras, 2013).

### **Parámetros del proceso anaerobio.**

**Relación C:N:** El rango de 25-30 es considerado como óptimo para la digestión anaerobia expresan Chandra *et al.* y Yadav *et al.* (como se citó en Gonçalves, 2013). En cambio, una relación elevada provoca una limitación de nitrógeno, con una relación baja tenemos inhibición bacteriana por las elevadas concentraciones de amonio presentes (Gonçalves, 2013). Esta producción de amonio tiene efectos perjudiciales para las *archeas* metanogénicas debido a que el pH aumenta hasta 8,5 lo que provoca su inhibición de acuerdo con Juanga (como se citó en Alcantar, 2014).

**Temperatura:** Según Guerrero (2016) en el proceso anaerobio están dos temperaturas fundamentales: la temperatura mesófila que se encuentra en un promedio de 35 °C, con variaciones que van desde 30-38 °C, la otra temperatura es la termófila con un rango de 50-57 °C. Sin embargo, Gonçalves (2013) considera que la mejor temperatura debe estar en un promedio de 50 °C, pero hay que considerar que en este rango de temperatura hay ventajas como que la actividad bacteriana es máxima, en contraparte tenemos que son muy sensibles al proceso, lo que constaría que deben estar en continuo control, lo que dificulta si se emplea en pequeños digestores, considerando las limitaciones se toma como base lo expuesto por Restrepo, Gómez y Escobar (2014) en el cual señalan que la temperatura óptima debe estar entre 25-30 °C. Ver figura a continuación:



**Figura 11.** Velocidad relativa del crecimiento bacteriano

**Fuente:** Lettinga *et al.* (como se citó en Quiroga, 2014)

**Nutrientes:** Según Serrano (2015) los nutrientes esenciales que influyen directamente en el crecimiento bacteriano son carbono, nitrógeno y fósforo, aunque también necesitan elementos minerales en bajas concentraciones como azufre, potasio, sodio, calcio, magnesio y hierro.

**Inóculo:** Una de las principales limitantes para la aplicación de procesos de digestión anaerobia son los tiempos largos, para que estos sean cortos se debe garantizar que el inóculo sea fresco y que posea alta carga microbiana asegurando una buena conversión a sus derivados (Parra, 2014).

**Iones metálicos:** “La adición de iones de  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  a bajas concentraciones tiene efectos positivos en la producción de biogás *in vitro*, sin embargo, los iones de  $\text{Zn}^{2+}$  tienen un efecto inhibitorio en el proceso” (Mancillas, Rodríguez y Ríos, 2012, p. 58).

**Alcalinidad:** Durante la etapa acidogénica las bacterias requieren una óptima capacidad *buffer* debido a que tienen una mayor actividad en las sobrecargas orgánicas (Cabeza, 2008).

**Potencial redox:** Esta es exclusivo de las bacterias metanogénicas que requieren un potencial redox menor a -300 mV, esto asegurará que el ambiente dentro del reactor sea óptimo para su actividad (Martí, como se citó en Serrano, 2015).

**Tiempos de retención:** Hace referencia al tiempo medio que los sólidos están en el reactor, lo usual es que comprendan entre 20-30 días, está condicionada al material de partida, hay que tener cuidado con los tiempos excesivos debido a que sus componentes pueden resultar tóxicos, en cambio, un tiempo adecuado genera mayor metano logrando así que los sólidos totales se reduzcan más eficazmente en el reactor afirma De la Rubia (como se citó en Gonçalves, 2013).

**Humedad:** Depende exclusivamente del contenido de sólidos de los sustratos, si el contenido es inferior al 15 % la digestión es húmeda; en cambio, si está entre 20 al 40 % se considera seca, postula Blanco (como se citó en Parra, 2014).

**pH:** Según Manobanda y Heras (2015) los microorganismos requieren diversos rangos de pH para que tenga efecto su crecimiento, así tenemos las bacterias de la etapa hidrolítica que requieren un pH entre 7,2-7,4; las bacterias de la etapa acetogénica necesitan un pH de 6,6; en la etapa acidogénica requiere un pH entre 5 y 6, finalmente, para la producción de metano debe tener un pH entre 6,8-7,2

### ***Codigestión anaerobia.***

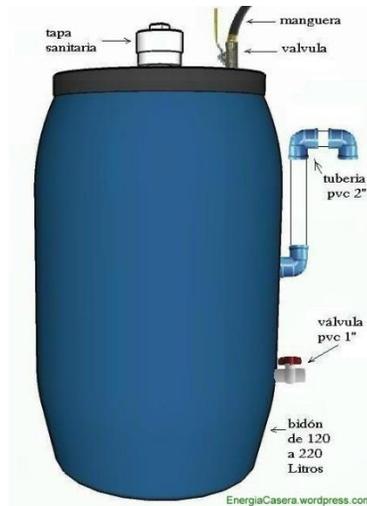
Es un mecanismo empleado para incrementar la producción de metano, para esto se necesita la introducción de dos o más sustratos que actúan como complementos de nutrientes durante el proceso con el fin de crear una sinergia incrementando así la actividad microbiana o regulando el contenido óptimo en el medio Mata (como se citó en Alcantar, 2014).

### **Biodigestores.**

Es un contenedor hermético en la cual se produce el proceso de digestión anaerobia dándose gas metano y fertilizantes, disminuyendo así la concentración de los residuos orgánicos (Toala, 2013).

#### ***Biodigestores discontinuos.***

Son aquellos en los cuales su carga o sustrato se realiza una sola vez iniciado el proceso, los cuales serán descargados cuando en el proceso no se observe la salida de gases propios de la digestión anaerobia.



**Figura 12.** Biodigestor discontinuo

**Fuente:** Jayr, 2010

#### ***Biodigestores semicontinuos.***

La materia orgánica es cargada por la gravedad, en el cual el volumen de la mezcla va a depender del periodo de fermentación generando así el biogás dentro del mismo sistema - Fernández (como se citó en Manobanda y Heras, 2015).

### ***Biodigestor modelo chino.***

Es una estructura que tiene dos tipos de cámaras, de carga y descarga, puede ser construido de diversos materiales como cemento, usado durante años debido a su larga durabilidad y resistencia que evita que los lixiviados produzcan rupturas en sus paredes.

### ***Biodigestor modelo hindú.***

Llamado biodigestor de campana, se caracteriza por flotar encima del sustrato debido a la presencia del biogás que está presente en su interior, todo está condicionado a la producción de biogás que determinara su funcionamiento (Toala, 2013).

## **2.4 Biol o fertilizante orgánico**

### **Qué es el biol.**

Restrepo (como se citó en Zhañay, 2016) manifiesta que son abonos líquidos, los cuales poseen una cantidad de energía equilibrada y mineral, siendo una fuente natural de fitorreguladores, teniendo como base estiércol, mezclados con agua, pudiendo ser enriquecidos con diversas sustancias y componentes, fermentados por varios meses bajo un sistema anaeróbico.

Rendón (2013) lo define como un abono líquido, que constituye una fuente de fitorreguladores proveniente de la descomposición de los residuos animales y vegetales, en condiciones anaeróbicas, los cuales actúan como un bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades siendo capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas.

### **Funciones del biol.**

Según Grageda, Gonzales y Díaz (2015) tenemos entre sus diferentes funciones:

- Son capaces de incrementar la solubilidad de los nutrientes
- Aportan nutrientes esenciales que estimulan el crecimiento vegetal

- Ayudan a fijar el nitrógeno del aire al suelo
- Intervienen directamente en el crecimiento de las raíces
- Incrementan la tolerancia a las sequías, salinidad y patógenos

### **Ventajas del biol.**

Según INIA (como se citó en Cajamarca Villa, 2012) tenemos:

- Existe diversidad en la forma de la preparación
- Su preparación no se rige en un proceso mecánico
- La preparación es económica
- Generan ganancias económicas para los productores
- Mejora el vigor del cultivo
- Ayuda a prevenir la aparición de plagas y enfermedades
- Recupera suelos contaminados por plaguicidas

### **Efecto microbiano de los bioles.**

Los bioles contienen diversos microorganismos provenientes del proceso anaerobio, estos una vez ingresados en los suelos liberan sustancias tóxicas que protegen a la planta de infecciones debido a que se activan los genes de defensa, pero si en la planta existiera ya infección, los microorganismos de los bioles compiten con los patógenos por los nutrientes necesarios para su crecimiento respectivamente, logrando así combatir con la infección debido a que estos microorganismos tienen la capacidad de colonizar rápidamente los suelos, entre estos se encuentran *Pseudomonas* y *Bacillus* (Arauz, 1998).

### **Desventajas del biol.**

Entre las desventajas se puede mencionar que el tiempo de digestión es largo ya que se recomienda 3 meses, además, son susceptibles a los rayos solares lo que obliga que su almacenamiento sea en frascos ámbar.

### **Factores que intervienen en la formación del biol.**

Toalombo (2014) indica que la fermentación se origina a partir de una intensa actividad de los microorganismos sobre la materia orgánica, lo cual origina vitaminas, ácidos y minerales complejos, llegando a ser indispensables para el equilibrio nutricional de la planta.

### **Frecuencia de aplicación del biol.**

La frecuencia de aplicación depende directamente del tipo de siembra, esta a su vez está correlacionada con el patrón de adsorción, hay que considerar el ciclo del cultivo, ya que, si no se determina este parámetro, el fertilizante en el suelo puede perder sus nutrientes e incluso puede llegar a ser causante de daño a las cosechas (Smart Fertilizer Management, 2017). Pero algunos autores recomiendan lo siguiente:

Restrepo (2001) señala que las aplicaciones foliares deben ser con intervalos alrededor de diez días.

Agronovida (como se citó en Marino, 2017) propone que la aplicación del biol debe ser 10 a 25 días luego de la siembra y 10 días antes de la cosecha.

Pomboza, León, Villacís, Vega y Aldaz (2016) en su estudio sobre el rendimiento del biol en un cultivo de lechuga obtuvo que la frecuencia óptima es de 15 días.

### **Dosis recomendada del biol.**

La dosis está determinada por la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, además, depende de las condiciones iniciales y la pureza de los nutrientes del biol (Eusse, 1994). Algunos autores recomiendan lo siguiente independientemente del cultivo:

Cedeño (2016) recomienda una dosis entre el 5 al 10 %.

Martí (2007) menciona que la concentración debe ser del 25 %.

Jiménez (2011) señala que para un cultivo de hortalizas se recomienda una cantidad de 4 litros de biol por 15 litros de agua. Además, en su estudio muestra que 100 % de biol presenta un mayor rendimiento de materia verde.

Suquilanda (citado en Marino, 2017) propone que las dosis deben ir desde el 25 al 75 %, la cual debe tener la presencia de hormonas vegetales para que se desarrollen de manera efectiva las funciones vitales.

Pomboza *et al.* (2016) señalan que la dosis óptima de un biol es del 6 %.

## **2.5 Agroecología**

Es una disciplina científica que reúne, sintetiza y emplea los conocimientos de algunas ciencias como agronomía y ecología, adquiriendo una óptica holística y sistémica, la cual proveerá una fuente de conocimientos sólidos (Sarandón, 2002).

Según Loyola (2017) las bases de la agroecología se generan como patrimonio de saberes ancestrales, formas comunitarias de producción, comercialización y una cosmovisión relacionada con la madre tierra, promoviendo el desarrollo rural que han permitido reproducir y regenerar la

naturaleza. Además, señala que la agroecología es una respuesta a la limitada capacidad de las disciplinas agrarias convencionales.

### **Filosofía de la agroecología.**

Tiene una visión holística, debido a que adquiere una estructura diferente a lo convencional, en el cual tanto como el sistema social y la agroecología han evolucionado de forma escalonada adquiriendo bases sólidas orgánicas (Restrepo, Ángel y Prager, 2000).

Existen diversos enfoques que fortalecen a la agroecología:

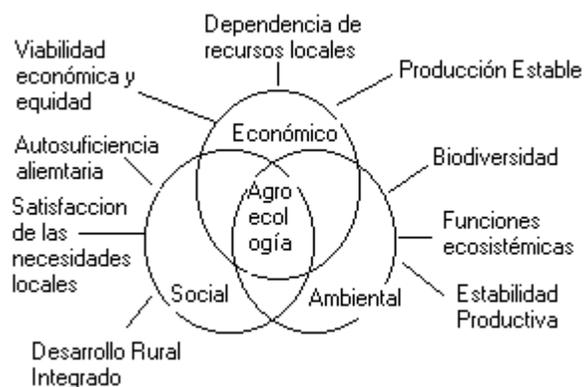
**Agricultura Orgánica:** Según Hernández (2003) “Define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y prácticas especiales: aplicación de compostas y abonos verdes, control biológico, asociación y rotación de cultivos, uso de repelentes y fungicidas a partir de plantas y minerales” (p. 7).

**Agricultura biodinámica:** Se basa en el pensamiento de Rudolph Steiner en el cual las fuerzas vitales y los cuerpos celestes están relacionadas con la ciencia espiritual.

**Permacultivo:** Es una adaptación sostenible de la sociedad sobre los recursos, adquiriendo una protección ética de la tierra para el beneficio de la población (Restrepo, Ángel y Prager, 2000).

### **Sustentabilidad de la agroecología.**

Centra sus esfuerzos en establecer una base sustentable que genere desarrollo con el empleo de los conocimientos locales o culturales procurando integrar armonía con el equilibrio natural (Martínez, 2004).



**Figura 13.** Estrategia agroecológica

**Fuente:** Martínez, 2004

## 2.6 Suelo de chaparral o chaparro

Los suelos del chaparro o vegetación baja constituyen las áreas de montaña, bosques vírgenes, donde el ser humano no ha tenido intervención alguna y viven en armonía natural, aquí existen diversos microorganismos como hongos, bacterias, micorrizas, levaduras, siendo los más importantes los géneros *Rhodopseudomonas* spp, *Lactobacillus* spp, *Sacharomyces* spp, *actinomicetos*, *Ballicus* (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA], 2012).

Los más representativos son los microorganismos de montaña los cuales se pueden catalogar como “consorcios microbianos, ya que su composición y las posibles relaciones que generan son múltiples, se indica que contienen bacterias fotosintéticas, bacterias productoras de ácido láctico, actinomicetos, hongos filamentosos y levaduras” (Castro, 2015, p. 23).

### **Beneficios del suelo del chaparral en los bioles.**

Según Melgar *et al.* (2013) intervienen directamente en la inhibición de patógenos, incrementando proporcionalmente el valor nutricional de las cosechas ya que disminuyen la carga

elevada de la materia orgánica, además, han mostrado eficacia en el mantenimiento y mejora de la calidad del agua reduciendo concentraciones de amonio, nitrito y nitrato.

“Existen en promedio 80 especies de microorganismos de unos diez géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos” (Rodríguez, 2014, p. 1).

## **2.7 Generalidades del rábano (*Raphanus sativus*)**

Es una hortaliza conocida desde la antigüedad por las civilizaciones mediterráneas debido a su representación en la pirámide de Keops, sin conocerse el origen cierto de la misma ya que también existen registros encontrados en China, se las usaba por sus diferentes propiedades como diurético y regulador digestivo. por la presencia de contenidos moderados de vitamina C, complejo B, hierro y fosfato, además, por un nivel bajo de calorías (Vincent, 2013).

### **Clasificación taxonómica.**

Según Maldonado (como se citó en Mamani, 2014) se clasifica como:

- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Brassicales
- Familia: Cruciferae
- Subfamilia: Siliculosas
- Género: *Raphanus*
- Especie: *sativus*
- Nombre común: Rábano

### **Descripción botánica.**

**Sistema radicular:** Posee una raíz gruesa y carnosa, con diferentes formas y tamaños de piel roja y blanca – Infoagro (como se citó en Moscoso, 2017).

**Inflorescencia y flores:** Las flores son hermafroditas, de tamaño grande con limbo blanco, su inflorescencia es racimosa y posee una fecundación alógama

**Fruto:** Posee una silicua alargada en la cual encontramos en su interior tejido parenquimatoso que alberga las semillas (Maroto; Tiscornia; Huerres (como se citó en Mamani, 2014).

**Tallo:** Breve antes de la floración, llegando a una altura entre 0,50 a 1 metro (Rosales, 2004).

**Hojas:** Son basales, peciolos que tiene pelos hirsutos con 1-3 pares de segmentos con borde irregular, las hojas son caulinas escasas de tamaño pequeño – Infoagro (como se citó en Moscoso, 2017).

### **Requerimientos del cultivo.**

**Suelo:** Es una planta que se adapta a cualquier tipo de suelo, pero se ha observado que prefiere suelos tratados con humus (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2007).

**Implantación:** Se sugiere que la plantación sea en otoño, primavera e invierno, normalmente, se suele usar unos 8 kg de semilla por hectárea con una distancia entre 10 cm y 50 cm entre filas (Universidad Nacional de Luján, 2014).

**Clima:** Crece en climas templados, entre 15-18 °C (IICA, 2007).

**Nutrición:** Según Agromeat (como se citó en Nasevilla, 2010) se necesita N 80, P 120 y K 80 (kg/h) de fertilización orgánica.

**Riego:** El riego es proporcional a la cantidad de lluvia existente, recomendándose cada 3-5 días o cuando la humedad del suelo este por debajo del 60 %, hay que tener en cuenta que la falta de agua provoca que las raíces se endurecen y asimismo el exceso de agua provoca agrietamiento afectándose de manera directamente a la composición nutricional y su fenología

**Deshierbe:** Con regularidad se lo realiza cuando la planta alcance 2 cm de altura o cuando las malas hierbas se presenten (Nasevilla, 2010).

### **Composición nutricional del rábano.**

Su composición es variada dependiendo de las condiciones externas e internas a las que estén expuestos, pero en general se puede decir que está compuesto de lo siguiente:

Composición	Unidad	Composición	Unidad
Agua	95%	Calcio	21 mg
Energía	17 Kcal	Fósforo	18 mg
Proteína	0,6 g	Hierro	0,3 mg
Grasa	0,5 g	Sodio	24 mg
Carbohidratos	3,6 g	Potasio	232 mg
Vitamina A	8 IU	Niacina	0,30 mg
Tiamina	0,01 mg	Acido Ascórbico	22,80 mg
Riboflavina	0,05 mg	Vitamina B12	0,07 mg
Fibra	0,5 g		

**Figura 14.** Composición nutricional del rábano

**Fuente:** Castaños (como se citó en Mamani, 2014)

Posee un bajo aporte calórico, sus principales componentes son los carbohidratos, proteínas y fibras, el hierro interviene en la formación de la hemoglobina y mioglobina, además, se puede destacar la presencia de compuestos de azufre que actúan como antioxidantes (Fundación Española de la Nutrición, 2014).

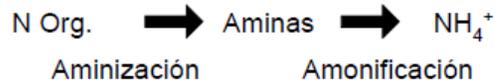
## 2.8 Adsorción de nutrientes

### Nitrógeno.

El nitrógeno presente en el suelo o aportado por un fertilizante en forma orgánico no es asimilable por las plantas, lo cual obliga que sea convertido en un estado inorgánico como nitrato, nitrito y amonio encontrándose alrededor del 2 % en los suelos, siendo este un factor primordial para la nutrición vegetal. El nitrógeno total presente en el suelo se ve afectado por temperaturas bajas debido a que los procesos de descomposición son alterados, además, el exceso de contenido de humedad, entre otras propias de la zona y manejo hacen que su cantidad sea variable.

La conversión se da por:

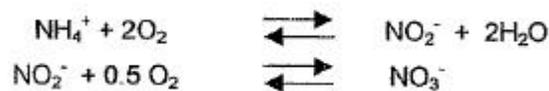
Mineralización de N: Es la transformación de nitrógeno orgánico a inorgánico en dos reacciones la aminización y la amonificación realizados por bacterias aerobias, anaerobias, hongos y actomicetes (Perdomo, Barbazán y Durán, 2001).



**Figura 15.** Proceso de mineralización

**Fuente:** Perdomo, Barbazán y Durán, 2001.

Nitrificación: transformación del amonio en nitratos previamente pasando por nitritos.



**Figura 16.** Proceso de nitrificación

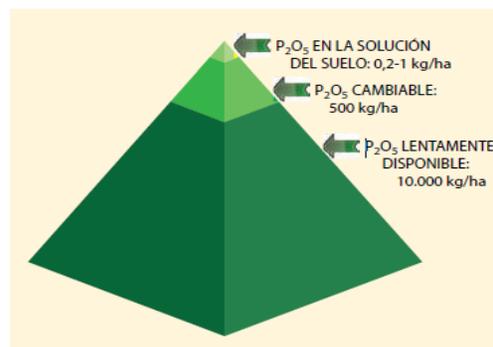
**Fuente:** Fuentes y Gutiérrez, 2007

La adsorción por la planta requiere grandes cantidades de energía por lo cual las enzimas permeasas influyen en este proceso catalizando el pasaje de  $\text{NO}_3$  a través de las membranas celulares a nivel de los pelos radiculares, además, las plantas utilizan sus almacenamientos de sustancias energéticas, una vez que el  $\text{NO}_3$  está dentro de ella es almacenada por los tejidos radiculares para ser sintetizadas a aminoácidos que son depositados en el xilema y son trasportados por el tallo a las diferentes partes que pueden ser luego depositados en el floema para ser traslocados para activar el crecimiento.

El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetal ya que es el responsable de constituir moléculas como la clorofila, aminoácidos, proteínas, enzimas, hormas y ATP (Perdomo, Barbazán y Durán, 2001).

### **Fósforo.**

El fósforo se encuentra en diferentes formas en el suelo siendo este un elemento importante para la nutrición de las plantas, se da una etapa de mineralización por acciones de los microorganismos para que las moléculas que contienen fósforo liberen ácido fosfórico (Magrama, 2012).



**Figura 17.** Formas de fosfato

**Fuente:** Fertiberia (como se citó en Magrama, 2012).

El fósforo ingresa en las plantas por dos vías: por la célula a través de los pelos radiculares de la capa externa y por las micorrizas, debido a su asociación con las raíces de las plantas provenientes de los cultivos, estas adsorben el ion fósforo como ortofosfato primario y secundario (Munera y Meza, 2017).

Existen tres tipos de fósforo presente en el suelo:

Fósforo soluble: Fluctúa entre 0,2-0,5 mg/l, siendo muy débil llegando en suelos ricos hasta 1 mg/l.

Fósforo intercambiable: llamado fósforo adsorbido, su fenómeno de adsorción depende del pH del suelo, ya que pH ácidos disminuyen su adsorción, este representa 15-30 % del fósforo inorgánico.

Fósforo insoluble: Formado por minerales primarios y secundarios, siendo la gran reserva del fósforo inorgánico en el suelo (Sanzano, 2010).

### **Potasio.**

El potasio es un macronutriente requerido para el normal desarrollo de los cultivos, sus funciones son diversas entre ellas tenemos: interviene en la osmoregulación, síntesis de almidones, activación de enzimas, síntesis de proteínas y balance iónico de acuerdo con lo afirmado por Maathuis y Sanders; Marschner (Kant, 2002).

En el suelo está presente en cuatro formas: como componente estructural de minerales primarios, potasio temporalmente atrapado, potasio intercambiable sostenido electrostáticamente por los coloides del suelo cargados negativamente y potasio soluble (Ipni, 2016).

La liberación del potasio requiere procesos de meteorización para que se dé la apertura de las estructuras que contiene este potasio

El potasio intercambiable es la principal fuente primaria para la adsorción de los cultivos, el cual es transportado por tres vías: contacto, flujo de masas y difusión.

Contacto: menos del 10 % de potasio es adsorbido con la micela coloidal.

Flujo de masa: Depende de la concentración de potasio y del agua transpirada por las plantas.

Difusión: Es la vía que mayor parte de potasio adsorbe debido al gradiente de concentración generado por la solución del suelo en la raíz (Vidal, 2003).

El momento que el ion potásico entra en el sistema metabólico de la planta, procede a formar sales con asociación de ácidos orgánicos e inorgánicos, regulando así el contenido de agua (Rodríguez, 1992).

## **2.9 Estado del arte**

Jiménez (2011) reconoce la importancia de los desechos naturales, concuerda con los diferentes autores en que los productos químicos producen una dependencia económica y destrucción del ambiente; en su estudio el objetivo fue determinar las diferencias entre producción y costos de un biol a partir de materia orgánica forrajera y un fertilizante químico comercial para la producción de pastos; el resultado mostró que la producción aumentó en gran medida con relación al testigo empleando el biol; en el ámbito económico determinó que un litro de biol costaría 8 centavos para la finca y 30 centavos a nivel comercial.

González y Gautama (2013) producen bioles a partir de la descomposición de materia orgánica proveniente de mercados locales con el objetivo de evaluar la fertilidad en pastos de corte; produce

dos tipos de bioles, el primero está conformado por estiércol de caballo, pollo, alfalfa y melaza, el segundo contiene estiércol de vaca, leche, cenizas y melaza, mostrando que el mejor rendimiento se produce al aplicar el biol 1 con una cantidad de 10 litros obteniendo 21,5 libras, en contraparte el testigo obtuvo 15,85 libras, el segundo biol mostró mayor eficacia con la aplicación de 20 litros obteniendo 26,6 libras con relación al testigo que obtuvo 20 libras.

Toalombo (2014) realiza la producción de abonos orgánicos tipo biol en el cantón Ambato, produjo tres tipos de bioles con estiércol de bovino, cuy y cerdo, además, analizó la frecuencia de aplicación cada 7, 14 y 21 días, esto fue evaluado en la producción de mora de castilla, el mejor resultado fue con el empleo de estiércol de cuy con 14 días de aplicación en la cual se obtuvo el mejor crecimiento y desarrollo de la planta que se evidenció en el número de brotes, mayor inflorescencia, y mayor peso de las moras de castilla.

Cordero (2010) prepara tres tipos de bioles con base en sulfato de magnesio, miel de caña, leche, alfalfa y agua, adiciona tres tipos de excremento para hacer los bioles, emplea excremento de cuy, vacuno y gallinaza, estos son evaluados en la producción de rábano, con diferentes concentraciones, mostrándose que el biol con excremento de cuy al 5 % produjo el mejor tratamiento en peso de la cosecha, además, se analizó el suelo experimentado mostrando que presenta 736,8 de N, 4103,48 de P y 27,82 de K (kg/ha), el testigo mostró 107,6 de N, 4480,9 de P y 21 de K (kg/ha); las plantas a las que se aplicó biol no mostraron ninguna afección por parte de plagas.

**Capítulo 3**  
**Materiales y Métodos**

### 3.1 Generar dos bioles, a través de procesos biotecnológicos, aprovechando los residuos agrícolas y el suelo del chaparral

#### Cálculos para la relación C:N.

Se procedió a determinar la relación más óptima para el proceso, la cual Chiriboga, Gómez y Andersen (2015) señala que es de 30:1, se tomó como referencia los cálculos realizados según Schuldt (2012). (Ver anexo 1)

#### Insumos empleados.

Una vez que se estableció los cálculos de la relación C:N, se procedió a realizar la fórmula más adecuada en función de lo disponible en la finca.

**Tabla 1**

Insumos del biol 1

<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Adición: 06/05/2017</b>
Panca de maíz	0,506 libras	
Restos de hortalizas	2,83 libras	
Restos de frutas	2 libras	
Césped	1,32 libras	
Estiércol de cuy	1,584 libras	
Leche	150 ml	120 ml leche
Melaza	150 ml	80 ml de melaza
Levadura	56,70 g	113,39 g levadura
Agua	11,25 litros	

**Fuente:** El autor

**Tabla 2**

Insumos del biol 2

Insumos	Cantidad	Adición: 06/05/2017
Panca de maíz	0,506 libras	
Restos de hortalizas	2,83 libras	
Restos de frutas	2 libras	
Césped	1,32 libras	
Estiércol de cuy	1,584 libras	
Leche	150 ml	150 ml leche
Melaza	150 ml	150 ml de melaza
Suelo de chaparral	1,32 libras	
Levadura	56,70 g	113,39 g levadura
Agua	11,25 litros	

**Fuente:** El autor

Estos insumos fueron empleados por la disposición de la finca, en donde la cantidad fue determinada por la relación C:N, además, de acuerdo con lo reportado por INIAP (2012b), Díaz (2010), entre otros autores.

Como se observa en la Tabla 2 se adicionó posteriormente los insumos necesarios para que se produzca la digestión anaerobia en el menor tiempo posible.

### **Construcción del biodigestor.**

Se realizó la construcción de manera manual por lo cual se utilizó:

- Recipiente de plástico capacidad 20 litros
- Mangueras
- Cintas de aluminio y embalaje
- Uniones de plástico
- Botellas plásticas

Las tapas de los recipientes fueron perforadas y se colocaron las uniones de plástico, enseguida se conectaron las mangueras y se adicionaron los insumos mencionados con anterioridad, se

procedió a sellar con el objetivo que se produzca un ambiente anaerobio, además, la parte externa de la manguera fue colocada dentro de una botella de plástico llena de agua con el fin de evitar las emisiones de olores desagradables al ambiente provenientes del proceso de descomposición.

### **Monitoreo del proceso.**

Como se mencionó en el Capítulo 2, según varios autores, para que la digestión anaerobia se realice en un lapso de tiempo menor se necesita que su temperatura sea entre 25-38 °C, sin embargo, esta temperatura no se puede alcanzar de manera naturalmente debido a la ubicación geográfica del Ecuador.

El proceso de digestión comenzó el 29 de abril de 2017 con una temperatura ambiental de 11 °C, en los días siguientes la temperatura no superó los 20 °C, por lo cual se decidió colocar los biodigestores en un invernadero, en los cuales se alcanza la temperatura necesaria para el proceso de digestión anaerobia, además, se construyó un cajón con espuma flex y esponja para que el proceso no sea alterado por la temperatura.

La temperatura se tomó cada dos días usando termómetros de pared, los cuales fueron ajustados usando un termómetro marca KT-902, a diferentes horas del día observando así sus variaciones. (Ver anexo 2)

### **Cosecha y almacenamiento de los bioles.**

Viloria de Matos (2013) recomienda que la duración del proceso anaerobio deba ser de tres meses, dándose así que la cosecha del biol se realizó el 29 de julio de 2017.

Se procedió a separar el biosol del biol por medio de un tamiz y luego fueron almacenados en botellas ámbar debido a que no deber ser expuesto a la luz solar.

### 3.2 Determinar la calidad de los bioles, a través de pruebas de laboratorio, cumpliendo las normas vigentes

#### Densidad de los bioles.

Se tomó una muestra de cada biol y se siguió el método reportado por el Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento da Brasil (2014) el cual es usado para determinar la densidad absoluta de los fertilizantes:

1. Se pesa el picnómetro seco en una balanza analítica.
2. Se llena el picnómetro con agua destilada y se somete a un baño maría a 20 °C durante 20 minutos.
3. Se procede a limpiar con papel adsorbente las paredes del picnómetro con agua y se toma su peso.
4. Para las muestras de biol, se repiten los pasos 2 y 3 sustituyendo el agua por los líquidos problemas.
5. Se aplican los cálculos.

$$E = M_1 - M$$

$$V = \frac{E}{D_{\text{agua}}}$$

E = equivalente en agua

V = volumen del picnómetro, ml

M<sub>1</sub> = masa del picnómetro más agua, g

M = masa del picnómetro vacío, g

D agua = 0,9982 gcm<sup>-3</sup>

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{(M_2 - M)}{V}$$

V = volumen del picnómetro, ml

M<sub>2</sub> = masa del picnómetro con la muestra, g

M = masa del picnómetro vacío, ml

El resultado va a ser expresado en gml<sup>-1</sup>

### **pH y conductividad eléctrica.**

Se tomó una cantidad de 50 ml de cada tipo de biol y se filtraron los sólidos suspendidos, enseguida, se colocaron en un vaso de precipitación, se introdujeron los electrodos y se procedió a la lectura correspondiente.

### **Contenido de N, P y K.**

Se toma un litro de cada biol, se los coloca en una botella ámbar y son enviados a los laboratorios de Agrocalidad para su análisis.

### **3.3 Determinar la dosis óptima de los bioles para un cultivo de rábano (*Raphanus sativus*), a través de experimentos en el campo, observando el mejor rendimiento hortícola**

#### **Preparación del terreno.**

Se seleccionó el terreno el cual estaba lleno de maleza, se lo limpió y a deshirió con la ayuda de una pala, posteriormente se niveló el terreno y se realizaron surcos para que esté listo para el proceso de siembra.

Se sembró en hileras separadas entre 15 cm cada una y entre 3-5 cm entre plantas.

#### **Características de la unidad experimental.**

Forma del terreno: rectangular

Área del terreno: 9,90 m<sup>2</sup>

Número de unidades experimentales: 21

Área de la unidad experimental: 0,12 m<sup>2</sup>

Largo de la unidad experimental: 0,45 m

Ancho de la unidad experimental: 0,27 m

Ver croquis en anexo 3

### **Riego.**

Se procedió a regar con agua cada 3-5 días, dependiendo de la presencia de lluvias.

### **Preparación de las soluciones de biol.**

Se prepararon soluciones al 5 % y al 10 % de los dos bioles, usando los cálculos de concentración expresados por la fórmula:

$$C1V1 = C2V2$$

Dándose lo siguiente:

**Tabla 3**

Dosis de los bioles

<b>Tipo</b>	<b>Característica</b>	<b>Dosis</b>	<b>Tratamiento</b>
Biol 1	Sin suelo de chaparral	5 %	T1R1, T1R2, T1R3
		10 %	T2R1, T2R2, T2R3
Biol 2	Con suelo de chaparral	5 %	T3R1, T3R2, T3R3
		10 %	T4R1, T4R2, T4R3

Biol 3	Biol producido por Elabriego Alegre Granja Integral Orgánica Cuadruco	2 %	T5R1, T5R2, T5R3
Biol 4	Biol comercial	10 %	T6R1, T6R2, T6R3
Testigo			T7R1, T7R2, T7R3

**Fuente:** El autor

### **Frecuencia de aplicación.**

Se siguió el siguiente orden:

Primera aplicación: 29 de julio

Segunda aplicación: 8 de agosto

Tercera aplicación: 18 de agosto

Esta frecuencia fue realizada de acuerdo con el desarrollo de la planta y los diversos autores citados.

### **Cosecha.**

La cosecha se realizó el 31 de agosto del 2017, el cual fue recomendado por el propietario de la finca debido a que su estado fisiológico fue lento, la cosecha se realizó de manera manual. Ver anexos 4 donde se muestra cada fase del experimento.

### **Tipo de estudio.**

Estudio experimental empleando un diseño completamente al azar tomando como muestra las plantas de rábanos, en los cuales se tomó variables tanto de crecimiento como de rendimiento: número de tallos, diámetro de los tallos, largo de los tallos, peso de los tallos, ancho de las hojas,

longitud del bulbo, peso del bulbo, altura de la planta y peso de la planta, todo esto se realizó con el fin de analizar los resultados de comparación del mejor tratamiento de los bioles.

### **3.4 Evaluar la capacidad de fijación de N-P-K en el suelo, a través de pruebas de laboratorio, determinando la cantidad antes y después del experimento**

#### **Toma de la muestra.**

Se tomaron diferentes muestras de acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias ([INIAP], 2012).

1. Con la ayuda de un barreno se tomaron 4 submuestras de cada unidad experimental, esto se lo hace por las dimensiones del terreno experimental.

2. Se colocaron en un balde o en una funda en la cual se mezclaron homogéneamente

3. En una bolsa Ziploc se colocó 1 kg de esta mezcla homogénea, se etiquetó y envió a los laboratorios del INIAP – Austro.

#### **Densidad aparente (método del cilindro).**

Se empleó el método según Departamento de Edafología de la Universidad Autónoma de México (2010).

Se selecciona el lugar donde se tomará la muestra, con la ayuda de un martillo se introduce un cilindro en la tierra, pero llegando solo a la superficie de la misma, se procede a limpiar los extremos del cilindro y se deposita en una bolsa.

Esta muestra se seca en una estufa a una temperatura de 110 °C por 24 horas hasta que tenga peso constante y se procede aplicar los siguientes cálculos:

$$V_t = \frac{D^2 \pi}{4} h$$

$$\rho_b = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

V1 = volumen de la muestra

D = diámetro

h = altura del cilindro

Pss = peso seco del suelo

## **Capítulo 4**

### **Resultados y Discusión**

## **4.1 Producción del fertilizante orgánico líquido tipo biol**

### **Fase anaerobia.**

Este experimento se realizó de acuerdo con las necesidades que se generan en los agricultores, por lo cual se acopló un proceso que no demande tecnología, solo se consideró dos parámetros que se muestran a continuación, aunque se tiene conocimiento que otros factores son indispensables para que se produzca de manera efectiva la digestión anaerobia.

### **Relación C:N.**

Este tipo de relación es fundamental para el proceso fermentativo, en donde AgroWaste (2014) recomienda que el ratio sea entre 20-30, con lo cual el ratio de este experimento de digestión fue de 30,73.

### **Temperatura.**

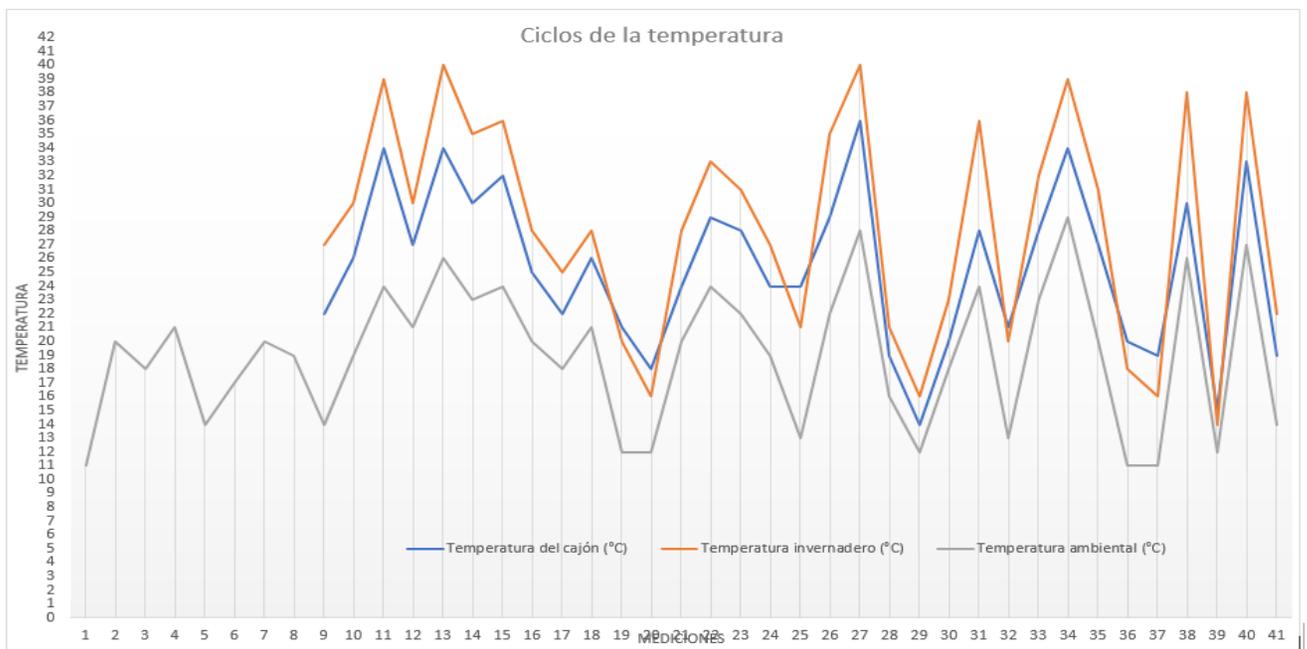
Durante el proceso de digestión anaerobia se registró la temperatura ambiental, temperatura del invernadero, además de esto se consideró una nueva variable que es un cajón acoplado denominándolo temperatura de cajón, esto se lo hizo con el objetivo de que el proceso esté en un rango del invernadero, ya que las temperaturas en San Joaquín son de hasta 9 °C por las noches. Ver Figura 18.



**Figura 18.** Cajón experimental

**Fuente:** El autor

En la Figura 19 se establece los ciclos de la temperatura durante todo el proceso anaerobio.



**Figura 19.** Ciclos de temperaturas del proceso anaerobio del experimento

**Fuente:** El autor

Se observa en la variable de temperatura del ambiente que durante las 41 mediciones la que menor reportó fue 11 °C y la mayor 29 °C, dándose un promedio de 19 °C, con esta temperatura

el proceso de digestión anaerobia tomaría más de tres meses. El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y Besel (2007) indica que la temperatura condiciona las tasas de crecimiento y reacción en el proceso dándose que sea menos eficaz, en la temperatura del invernadero se observa que 40 °C fue la mayor temperatura registrada y 14 °C la más baja; la primera se dio en la hora en la que más se expresa el sol y la segunda ya en horas avanzadas de la tarde, con un promedio de temperaturas de 28 °C; en las temperaturas del cajón la mayor temperatura fue de 36 °C y la menor 14 °C con un promedio de 25 °C, con estos datos se puede deducir que solo el invernadero, sin usar un cajón adicional es eficaz, pero analizando las horas mayores a las 17:00 muestra que la temperatura del cajón es mayor a la del invernadero, esto se puede explicar por la transferencia de calor, dándose que el cajón es efectivo para las horas nocturnas.

Sin embargo, estas dos temperaturas tanto del invernadero como del cajón son efectivas para el proceso anaerobio, como lo expresa Rodicio (2013) que las temperaturas más usadas para las aplicaciones e investigaciones son de 25-45 °C, temperaturas mayores a 45 °C son menos estables por la sensibilidad a los procesos inhibitorios, además, Dague *et al.* concluyen que si se produce un cambio de temperaturas desde la etapa mesófila al psicrófila se da una disminución no lineal en la velocidad máxima de consumo de sustrato.

## **4.2 Calidad de los bioles**

La cuantificación varía dependiendo del material utilizado para el proceso; no se puede deducir una eficacia milimétrica de los bioles debido a que el experimento fue a campo abierto donde las condiciones climáticas no son controladas, pero para efectos de comparación entre bioles y principalmente con normas internacionales, se ha tomado como referencia los 2 bioles producidos (biol 1 y biol 2), biol 3 elaborado por la finca y el biol 4 que es el comercial.

### **Densidad.**

La densidad es una propiedad física definida como el cociente entre la masa y el volumen. GAT (2007) expresa que es de suma importancia conocer la densidad de un fertilizante líquido porque es un parámetro necesario para llevar a cabo los cálculos de dosificación. Aplicando la fórmula expresada en el capítulo anterior se obtiene lo siguiente:

**Tabla 4**

Densidad de los bioles

<b>Tipo</b>	<b>Densidad</b>
Biol 1	1,017 gml <sup>-1</sup>
Biol 2	1,010 gml <sup>-1</sup>
Biol 3	1,036 gml <sup>-1</sup>
Biol 4	1,007 gml <sup>-1</sup>

**Fuente:** El autor

Rueda (2013) en su biol obtuvo 0,99 gml<sup>-1</sup>, aunque este parámetro no influye directamente en la eficacia en los cultivos, sí es determinante en la cantidad de fertilizante usado ya que a mayor densidad el consumo de este se verá reducido, reflejándose en los ciclos de consumo, mostrando entonces que el biol 3 sería el que menor consumo requeriría.

### **pH y conductividad eléctrica.**

Romero y Pereda (2015) mencionan que con la elevación del pH los patógenos no se pueden desarrollar de manera eficaz porque se evita la solubilidad y lixiviación excesiva de sales. A continuación, se muestran los valores obtenidos de los bioles:

**Tabla 5**

pH y conductividad eléctrica

<b>Tipo de biol</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad eléctrica</b>
Biol 1	4,1	13,22 ms/cm
Biol 2	4,6	13,47 ms/cm
Biol 3	3,4	28,5 ms/cm
Biol 4	4,5	19,67 ms/cm

**Fuente:** El autor

El pH presente en los bioles es ácido, similar con lo reportado por Verde (2014) que obtuvo un promedio de 5,17-5,2 al final del proceso. Tarigo, Repetto y Acosta (2004) indican un estudio reportado por López de Almeida *et al.*, en la cual manifiestan que la conductividad eléctrica con un valor superior a 10 ms/cm y un pH de 6,5 produce toxicidad en un cultivo de pepino, además, señalan que un biol con pH alcalino podría causar pérdida de nitrógeno por volatilización. Chilon (1997) afirma que una conductividad eléctrica mayor a 2 dSm tiene problemas de sales.

Estos parámetros descritos anteriormente no son evaluados por las normas internacionales para determinar la calidad de los bioles, pero sí para evaluar el grado de fertilidad.

### **Cantidad de N, P, K.**

Estos tres elementos son indispensables para el cultivo de rábano ya que se necesita que estén disponibles para las plantas como iones. Nasevilla (2010) afirma que este cultivo es muy sensible a los tres elementos condicionando su desarrollo vegetal.

A continuación, se muestran los bioles estudiados en este experimento:

**Tabla 6**

Contenido de los bioles

<b>Muestra</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
Biol 1	Nitrógeno total	0,27 %
	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,1642 %
	Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,2731 %
Biol 2	Nitrógeno total	0,17 %
	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,0417 %
	Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,3478 %
Biol 3	Nitrógeno total	0,13 %
	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,0352 %
	Potasio (K <sub>2</sub> O)	1,0122 %
Biol 4	Nitrógeno total	0,22 %
	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,19 %
	Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,2 %

**Fuente:** El autor

El biol 1 muestra mayor contenido de nitrógeno, el biol 4 mayor contenido de fósforo y el biol 3 mayor contenido de potasio, como se muestra la cantidad de nutrientes depende directamente de los insumos. A continuación, con estos resultados se procede a comparar con el Real Decreto 506/2013 y con la norma NTC 5167

En el decreto Real 506/2013 expedido por el Ministerio de la Presidencia de España en el grupo 3 inciso 3.3 menciona que cada elemento expresado anteriormente debe contener como mínimo un 2 %. Comparando los resultados de la tabla 6 con los exigidos por la norma, los bioles producidos no cumplen con estos parámetros exigidos.

En la norma NTC 5167 expresa que la suma de los tres parámetros de la tabla 6 debe dar como resultado 40 g/l, por lo cual se procedió a transformar a esta unidad los datos, simplemente multiplicado el valor por 10, dándonos como resultado:

**Tabla 7**

g/l de los bioles

<b>Biol</b>	<b>g/l</b>
Biol 1	7,073
Biol 2	5,595
Biol 3	11,77
Biol 4	6,1

**Fuente:** El autor

Hay que considerar que las normas se refieren a abonos orgánicos minerales, por lo cual solo el biol con suelo de chaparral entraría en esta categoría, no se conoce si el biol comercial también entraría en esta categoría; sin embargo, para efectos de comparación se considera todos, dándonos que ninguno de los bioles producidos cumplen con los parámetros establecidos por las normas internacionales, por tal motivo se procede a comparar con otros autores para observar el grado de similitud entre los mismos. Ver Tabla 8.

**Tabla 8**

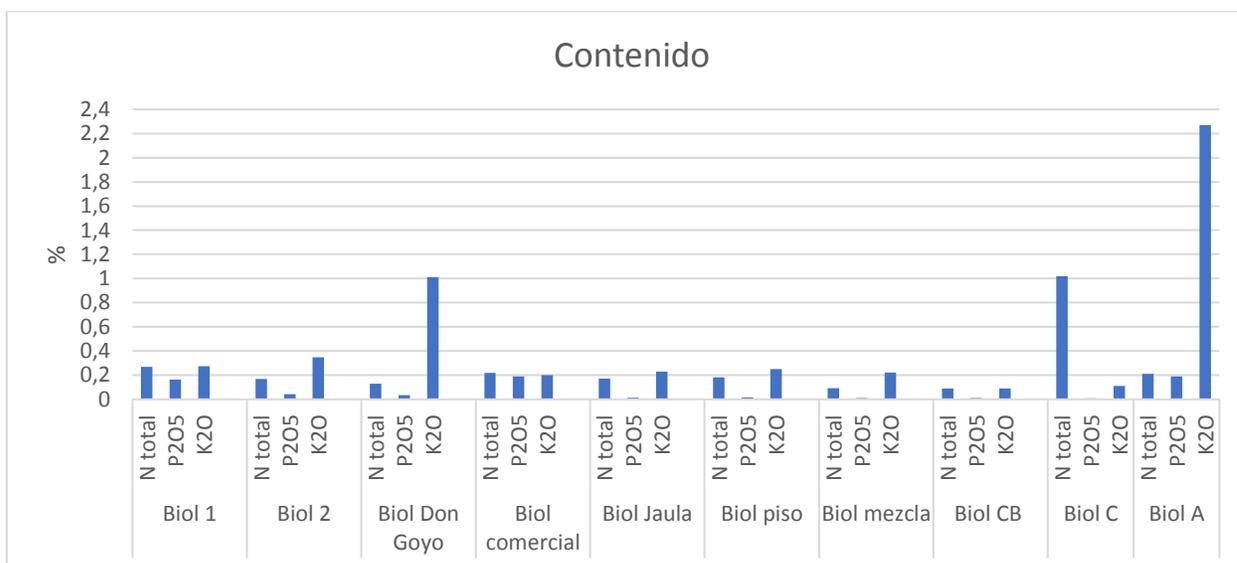
Fuentes de comparaciones de bioles

<b>Autor</b>	<b>Denominación</b>	<b>Fuente</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor (%)</b>
El autor	Biol 1	Origen vegetal y animal	N total	0,27
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1642
			K <sub>2</sub> O	0,2731
El autor	Biol 2	Origen vegetal y	N total	0,17

		animal más suelo chaparro	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0417
			K <sub>2</sub> O	0,3478
Elabriego Alegre Granja Integral Orgánica Cuadruco	Biol Don Goyo	Origen vacuno	N total	0,13
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0352
			K <sub>2</sub> O	1,0122
Biol comercial	Biol comercial	Desconocido	N total	0,22
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19
			K <sub>2</sub> O	0,2
(Carhuacho, 2012)	Biol Jaula	gallinaza de jaula	N total	0,1708
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,014208
			K <sub>2</sub> O	0,23
(Carhuacho, 2012)	Biol piso	gallinaza de piso	N total	0,1813
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,016476
			K <sub>2</sub> O	0,25
(Carhuacho, 2012)	Biol mezcla	gallinaza de jaula + gallinaza de piso	N total	0,0931
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,010977
			K <sub>2</sub> O	0,2224
Biol Casa blanca (como cita Carhuacho, 2012)	Biol CB	Estiércol de cuy	N total	0,09
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,012
			K <sub>2</sub> O	0,09

(Cabos, 2016)	Biol C	Ganado vacuno	N total	1,02
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0086
			K <sub>2</sub> O	0,11
(Abanto, Del Castillo, Alves y Tadashi, 2015)	Biol A	Cuyaza	N total	0,21
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19
			K <sub>2</sub> O	2,27

**Fuente:** El autor



**Figura 20.** Comparación entre bioles

**Fuente:** El autor

Como se observa en la Figura 20 todo el contenido de los bioles es diferente de acuerdo con su fuente de origen llegando a considerarlos según Robles y Jansen (2008) únicos ya que pueden competir directamente con los fertilizantes químicos en la producción agrícola, como se mencionó en las etapas de digestión anaerobia los parámetros son los que definen el contenido, el empleo de cada uno va a depender de la necesidad de cada agricultor. Chilon (1997) menciona que el nitrógeno con valores superiores al 0,2 % es considerado como alto, favoreciendo así el rendimiento agrícola.

Comparando los resultados obtenidos de los dos bioles (biol 1 y biol 2) producidos con el biol comercial CB, porque los dos emplearon el estiércol de cuy, se observa que existe gran diferencia dándose así que los residuos agrícolas tuvieron gran incidencia en el aumento de NPK, pero si comparamos con los resultados con el biol A mencionados en la tabla anterior se observa que este biol es superior, porque está formado estiércol de cuy, leche, jugo de caña o cancha, roca fosfórica, sulfato de cobre o zinc, Kudzu fresco, dolomita o bórax y agua quedando evidenciado que el origen de la materia orgánica y los parámetros de la digestión anaerobia intervienen directamente en el contenido de los nutrientes; además, se puede comparar lo reportado por Guamán (2010) en cual se observa que la alimentación de los animales influye proporcionalmente al contenido final de los bioles.

#### **4.3 Determinar la dosis óptima de los bioles para un cultivo de rábano (*Raphanus sativus*), a través de experimentos en el campo, observando el mejor rendimiento hortícola**

Para evaluar el rendimiento hortícola se toma las variables expresadas en el tipo de estudio, para esto se utilizó como fase experimental los 4 primeros bioles expresados en la Tabla 8.

Se plantean dos tipos de hipótesis para todas las variables:

$H_0$  = los tratamientos son iguales

$H_A$  = los tratamientos no son iguales

##### **4.3.1 Tallos.**

Los tallos son indispensables para sostener tanto las hojas como el bulbo del rábano, además, su mayor característica es que actúa como un órgano de reserva de sustancias que influyen en el crecimiento directo (Universidad Nacional de La Plata, 2009). La formación de los tallos se da gracias a la presencia del nitrógeno, interviniendo directamente en el desarrollo radical (Guerrero,

1993). Además, hay que tener en cuenta que los factores ambientales son determinantes para la formación de los tallos. Se evaluó a continuación si los bioles tenían una significancia en la producción de tallos, dando lo siguiente:

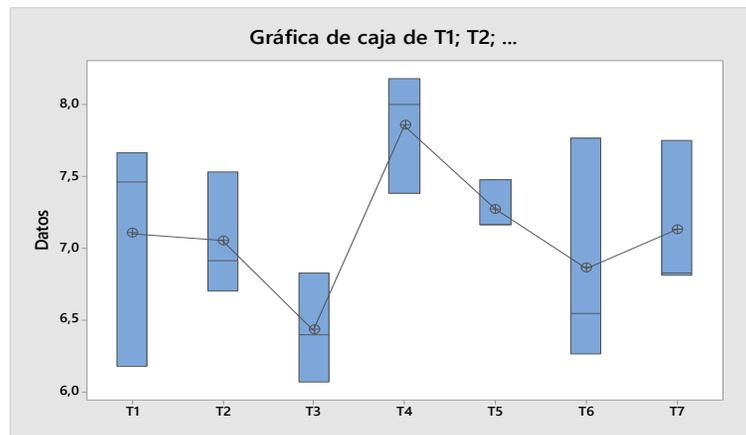
**Número de tallos.**

**Tabla 9**

Análisis de varianza del número de tallos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	3,323	0,5538	1,83	0,165
Error	14	4,238	0,3027		
Total	20	7,561			

**Fuente:** El autor



**Figura 21.** Gráfica de caja del número de tallos

**Fuente:** El autor

Como se emplea el método de diseño completamente al azar se procede a considerar el valor p, dándonos que es mayor que el nivel de significancia, lo cual significa que las medias de los tratamientos estudiados no son estadísticamente diferentes, concluyendo que no influye directamente ningún biol en el cultivo, pero se compara las medias entre los tratamientos, dándonos

que el T4 es el que posee mayor media con 7,85 y la menor media es T3 con 6,40. La diferencia entre los tratamientos es de 2 tallos. Marelli, Papucci, Cruciani y Gonzales (2007) señalan que los números de tallos son importantes en los cultivos ya que son determinantes de la masa foliar.

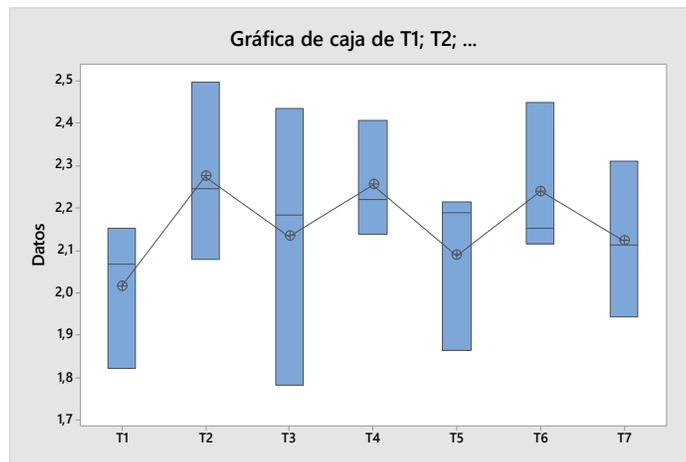
**Diámetro de los tallos.**

**Tabla 10**

Análisis de varianza del diámetro de los tallos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	0,1700	0,02833	0,65	0,690
Error	14	0,6103	0,04359		
Total	20	0,7803			

**Fuente:** El autor



**Figura 22.** Gráfica de caja del promedio del diámetro de los tallos

**Fuente:** El autor

Observándose que el nivel de significancia es menor al valor p, dándose que los tratamientos no son significativamente diferentes entre sí, con el fin de evaluar el mejor tratamiento se hace una comparación entre las medias dándose que el mejor tratamiento es el T2 con 2,27 mm y el T1 con 2,01 mm es la menor media entre los tratamientos. Somarriba (1998) recalca que es un parámetro

importante ya que es dónde se acumulan los nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo. Considerando que el nitrógeno es fundamental para los tallos se observa que no es directamente proporcional al diámetro de tallos de la planta, debido a que el biol empleado para los T1 y T2 posee un porcentaje de 0,27 % N, se conjetura que estos dos tratamientos deben ser los mejores, pero se observa que solo al 10 % del biol T2 fue la mejor media.

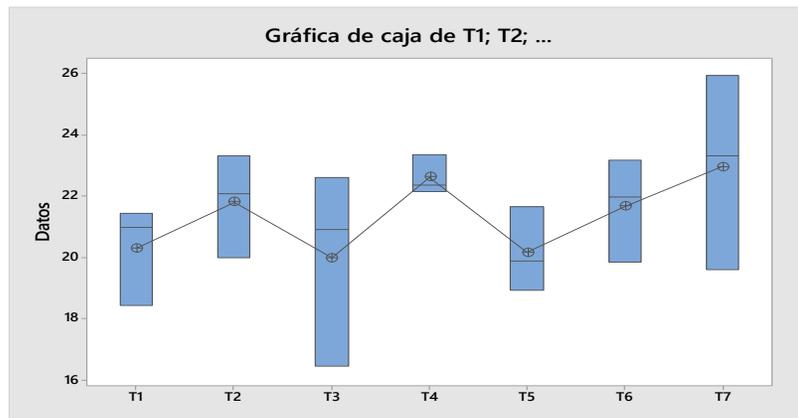
***Largo del tallo.***

**Tabla 11**

Análisis de varianza del largo del tallo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	26,56	4,426	1,00	0,461
Error	14	61,73	4,409		
Total	20	88,28			

**Fuente:** El autor



**Figura 23.** Gráfica de caja del largo del tallo

**Fuente:** El autor

El valor p es mayor al nivel de significancia, dándonos que los tratamientos no son diferentes; comparando entre los tratamientos, el T4 y T7 obtienen una media de 22,64 cm y 22,95 cm respectivamente, en cambio, el menor tratamiento que obtuvo una media es T3 con 19,99 cm.

Deduciendo que el nitrógeno no es un factor clave del éxito para la formación de los tallos ya que el biol empleado para el T4 poseía un valor de 0,17 % N y el T7 es el testigo.

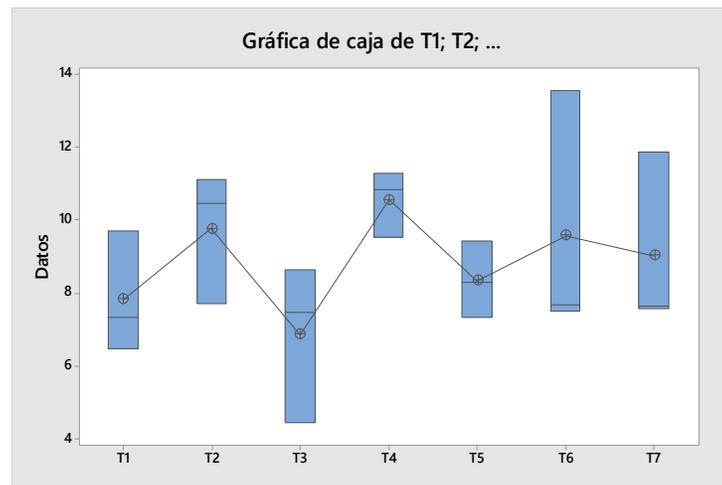
**Peso tallo.**

**Tabla 12**

Análisis de varianza del peso del tallo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	28,55	4,758	1,09	0,414
Error	14	60,99	4,356		
Total	20	89,53			

**Fuente:** El autor



**Figura 24.** Gráfica de caja del peso del tallo

**Fuente:** El autor

El valor p es mayor que el nivel de significancia, por lo tanto, no hay diferencia estadística entre los tratamientos, aceptándose la  $H_0$ , comparando las medias se observa que el T4 obtuvo la mayor media con 10,54 g y la menor fue T3 con 6,86 g. En esta variable se observa que tampoco el nitrógeno influye en el peso.

En todas las variables estudiadas sobre el tallo, se puede notar que el nitrógeno no influye en ninguna variable, ya que existen otros tratamientos con menores y mayores medias que difieren de la mejor media, dándose que intervienen otros factores ambientales y el fenotipo genético provenientes afectarían su desarrollo, lo que se puede observar que el T4 fue la más eficaz entre los tratamientos, esto se puede explicar por los microorganismos presentes en el suelo de chaparro.

### 4.3.2 Hojas.

Durán (2012) manifiesta que la hoja es un órgano especializado para realizar la fotosíntesis en donde se transforma la materia inorgánica en orgánica, además, está encargada de la transpiración. El principal elemento que interviene en la formación de las hojas es el nitrógeno (Pilarte, 2010).

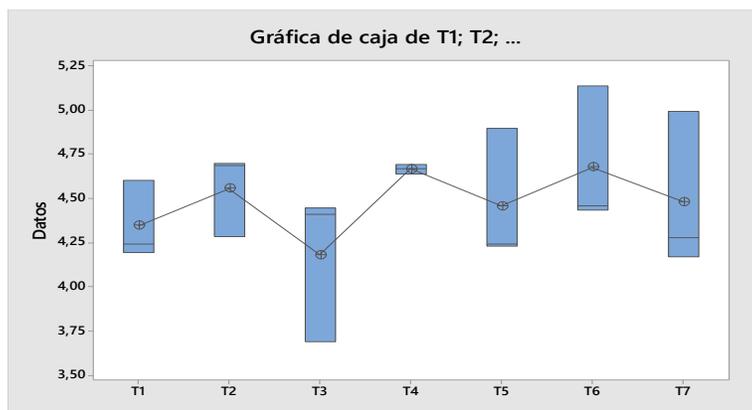
#### *Ancho de las hojas.*

**Tabla 13**

Análisis de varianza del promedio del ancho de las hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	0,5624	0,09374	0,83	0,566
Error	14	1,5822	0,11301		
Total	20	2,1446			

**Fuente:** El autor



**Figura 25.** Gráfica de caja del ancho de las hojas

**Fuente:** El autor

El valor p es mayor que el nivel de significancia 0,05, dándose que los tratamientos no son diferentes.

Aunque se puede observar que los tratamientos más notables fueron T4 y T6 con una media de 4,67 y 4,68 cm respectivamente, en contraparte el tratamiento menos efectivo fue T3 con una media de 4,18 cm. Este parámetro es importante debido a que es fundamental en cultivos de hortalizas como *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*, ya que se produciría mejor rendimiento agrícola. Vincent (2013) empleó humus líquido en un cultivo de rábano obteniendo que en 20 días el mejor tratamiento obtuvo un máximo de 5,27 cm. Como se observa el nitrógeno tampoco es fundamental en esta variable ya que el tratamiento T6 considerado como la mejor media es inferior al T1 y T2 proveniente del biol 1 que contiene mayor porcentaje de nitrógeno. Aunque si comparamos el T4 vs. T6 se tiene que la diferencia es tan solo de 0,01 mm, ratificando que el nitrógeno no influye en el ancho de las hojas.

En esta variable también se observa que el T4 es la mejor media, esto es debido a la presencia de microorganismos del suelo de chaparro, observándose que al 10 % se produce su activación, porque el T3 que corresponde al 5 % fue la menor media.

#### **4.3.3 Bulbo.**

Es un órgano vegetal comestible, que contiene diversos nutrientes benéficos para el ser humano. Está influenciado directamente por el fósforo, que interviene en la calidad del mismo.

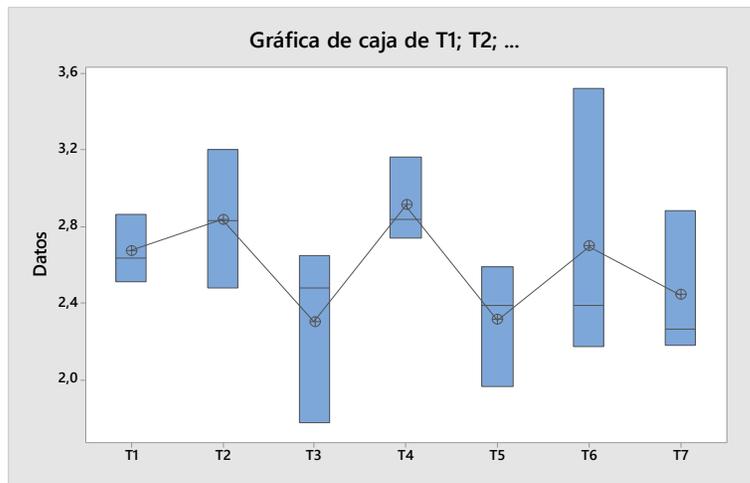
**Longitud del bulbo.**

**Tabla 14**

Análisis de varianza de la longitud del bulbo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	1,089	0,1815	1,06	0,428
Error	14	2,389	0,1707		
Total	20	3,478			

**Fuente:** El autor



**Figura 26.** Gráfica de caja de la longitud del bulbo

**Fuente:** El autor

El valor p es mayor al nivel de significación, por lo tanto, los tratamientos son iguales, se compara entre los tratamientos para observar los mejores resultados, dando que el T4 obtuvo la mayor media con 2,91 cm y el T3, en cambio, obtuvo el menor valor con 2,30 cm.

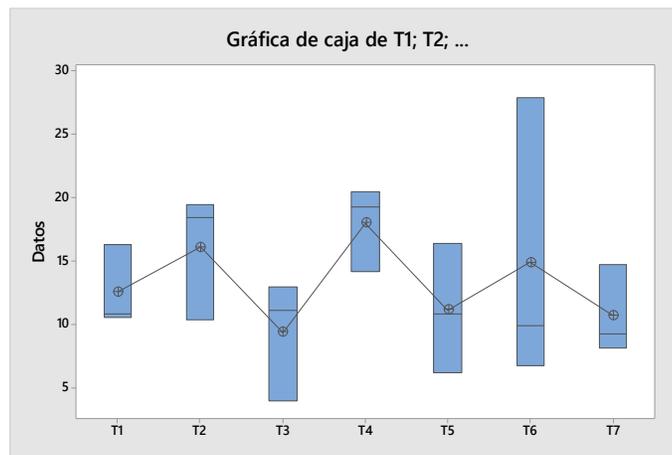
## Peso del bulbo

**Tabla 15**

Análisis de varianza del peso del bulbo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	176,3	29,38	0,87	0,539
Error	14	472,0	33,71		
Total	20	648,3			

**Fuente:** El autor



**Figura 27.** Gráfica de caja del peso del bulbo

**Fuente:** El autor

El valor p es mayor al nivel de significancia, mostrando no diferencias estadísticas entre los tratamientos, el T4 muestra la mayor media con 17,96 g, el T3 muestra la menor media con 9,39 g, en el estudio efectuado por Torrez (2011) con fertilizante orgánico *bocachi* obtuvo una media de 22,30 g en el rábano, mostrando mayor eficacia.

Analizando las dos variables del bulbo estudiadas se tiene que el T4 tiene mayor media en comparación con el T6 provenientes del biol comercial el cual posee mayor porcentaje de fósforo, dándose que la longitud y el peso del rábano no son directamente proporcionales al contenido de

este ion, como en las variables estudiadas anteriormente los microorganismos de chaparro al 10 % intervienen directamente en el rendimiento concordando con Sotelo, Jiménez, Zan y Cueto (2012) que diversos microorganismos como *Bacillus* presentan buenas expectativas en procesos de combinación con fertilizantes que daría un buen rendimiento en los cultivos.

En los análisis de suelos antes de la siembra se muestra que este elemento está con exceso, esto puede causar un antagonismo con el hierro provocando así su deficiencia en los cultivos.

#### 4.3.4 Planta.

##### Altura de la planta

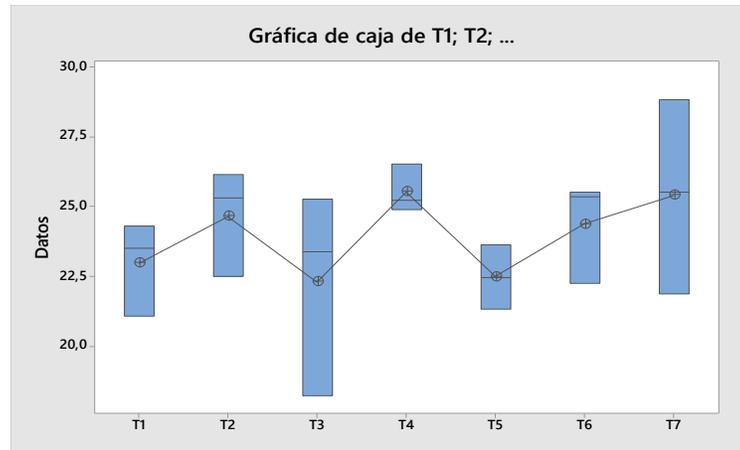
Es una característica fisiológica dependiente de la acumulación de nutrientes en el tallo, producidos en la fotosíntesis y usados por las raíces, esta característica es muy susceptible a la luz, humedad, nutrientes y temperatura (Somarriba, 1998). Los nutrientes que intervienen directamente en la altura son el nitrógeno y el fósforo (Buechel, 2017).

**Tabla 16**

Análisis de varianza de la altura de la planta

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	33,34	5,557	1,04	0,440
Error	14	74,69	5,335		
Total	20	108,03			

**Fuente:** El autor



**Figura 28.** Gráfica de caja de la altura de la planta

**Fuente:** El autor

Evaluando el valor p, se acepta la  $H_0$ , dándonos que los tratamientos no son diferentes, se compara las medias entre los tratamientos donde el T4 posee la mayor con 25,52 cm, el T3 mostró la menor media con 22,29 cm. Mamani (2014) en su estudio obtuvo que el T6 al 50 % era el que poseía mayor promedio con 21,54 cm, el cual tuvo en el análisis de biol: N 0,67 %, P 0,06 % y K 0,37 %. Si analizamos el biol usado en el T4 tenemos menor cantidad de nitrógeno y fósforo en comparación con el reportado por Mamani (2014), asimismo, se observa que el T5 es mayor en contenido de potasio vs. T4, observándose que los nutrientes expresados por Buechel (2017) no son proporcionales a la altura de la planta.

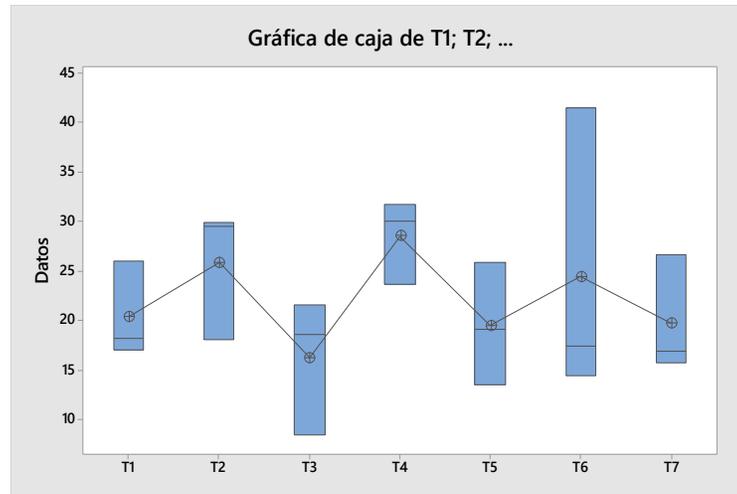
***Peso de la planta.***

**Tabla 17**

Análisis de varianza del peso de la planta

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	6	329,1	54,86	0,90	0,520
Error	14	850,7	60,77		
Total	20	1179,9			

**Fuente:** El autor



**Figura 29.** Gráfica de caja del peso de la planta

**Fuente:** El autor

El valor p es mayor al nivel de significancia, la media más importante fue T4 con un valor de 28,51 g, el valor menor de la media fue T3 con 16,25 g.

En todas las variables estudiadas en este objetivo, se observa que el suelo de chaparro al 10 % influye directamente en las medias obtenidas.

Durante los análisis de suelos antes de comenzar el experimento se encontró que:

La cantidad de nitrógeno presente en el suelo no es excesiva, pero según el laboratorio de análisis INIAP – Azuay, este se encuentra bajo, lo que causaría según la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República de Uruguay (2006) un color verde pálido en las hojas, además, las plantas no crecerían.

El exceso de fósforo presente en el suelo según Smart Fertilizer Management (2017) interviene en la adsorción de otros elementos como hierro, magnesio y zinc.

El exceso de potasio presente en el suelo según Rodríguez (1992) da un buen desarrollo de flores, frutos y semillas, aumenta el rendimiento agrícola dando mayor crecimiento en las plantas,

provocando que sea resistente al frío, pero este exceso producirá, además, según Serrano *et al.* (2008) problemas de salinidad y carencia de magnesio por el antagonismo.

Según Peery (2017) los excesos de fósforo y potasio generan plantas débiles, demasiadas altas y delgadas, comprometiéndolas al ataque de plagas y enfermedades, recomendado que para corregir esto se debe dar una lixiviación de nutrientes.

Ninguna planta procedente de los tratamientos mostró problemas de plagas, ni daños en su fisiología.

#### **4.4 Evaluar la capacidad de fijación de N-P-K en el suelo, a través de pruebas de laboratorio, determinando la cantidad antes y después del experimento**

Es muy importante determinar la cantidad de elementos que aportan los bioles al suelo, porque servirá como base para una buena cosecha actual y próxima, y así combatir lo que manifiesta la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], (1999) en donde menciona que los países en vías de desarrollo no recuperan los nutrientes de los suelos que son extraídos por las plantas, lo que causa que las prácticas agrícolas se vean afectadas.

A continuación, se muestra los resultados del terreno antes de comenzar el experimento, lo cual se ha denominado como T0:

**Tabla 18**

Contenido de elementos antes del experimento

<b>Elemento</b>	<b>Contenido</b>
Nitrógeno	21 ppm
Fósforo	455 ppm
Potasio	3,4 meq/100 ml

**Fuente:** El autor

Se compara con las referencias del laboratorio dándonos que el nitrógeno está bajo (20-40 ppm valor óptimo), el fósforo y potasio sobrepasan los valores normales (10-20 ppm, 0,2-0,4 meq/100 ml valores óptimos respectivamente), esto se puede explicar porque el terreno es tratado con humus y que solo se practica una agricultura tradicional. Hay que tener en cuenta que estos resultados no reflejan en su totalidad lo requerido por las plantas, sino que es usado como un índice para predecir los requerimientos de los cultivos.

A continuación, se procede a transformar de meq/100 ml a ppm dándonos 1329 ppm de potasio, los elementos de la Tabla 18 no son asimilables para las plantas, ya que su absorción es como iones, pero como se mencionó con anterioridad los rábanos conforme a la bibliografía necesitan N 80, P 120 y K 80 (kg/h) de fertilización orgánica, con esto se procede analizar si son suficientes para el cultivo transformando las ppm en lb/acre, teniendo en cuenta el factor kg/ha.

**Tabla 19**

Cantidad necesaria para el cultivo de rábano

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad antes del experimento (lb/acre)</b>	<b>Cantidad requerida para el cultivo de rábano (lb/acre)</b>
NO <sub>3</sub>	78,89	71,37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	866,32	107,061
K <sub>2</sub> O	1355,58	71,37

**Fuente:** El autor

Los datos obtenidos demuestran que la cantidad actual es suficiente para este cultivo, como el fin de este objetivo es evaluar la fijación de los nutrientes en el suelo, a continuación, se muestran los resultados después del experimento y su diferencia con respecto al T0.

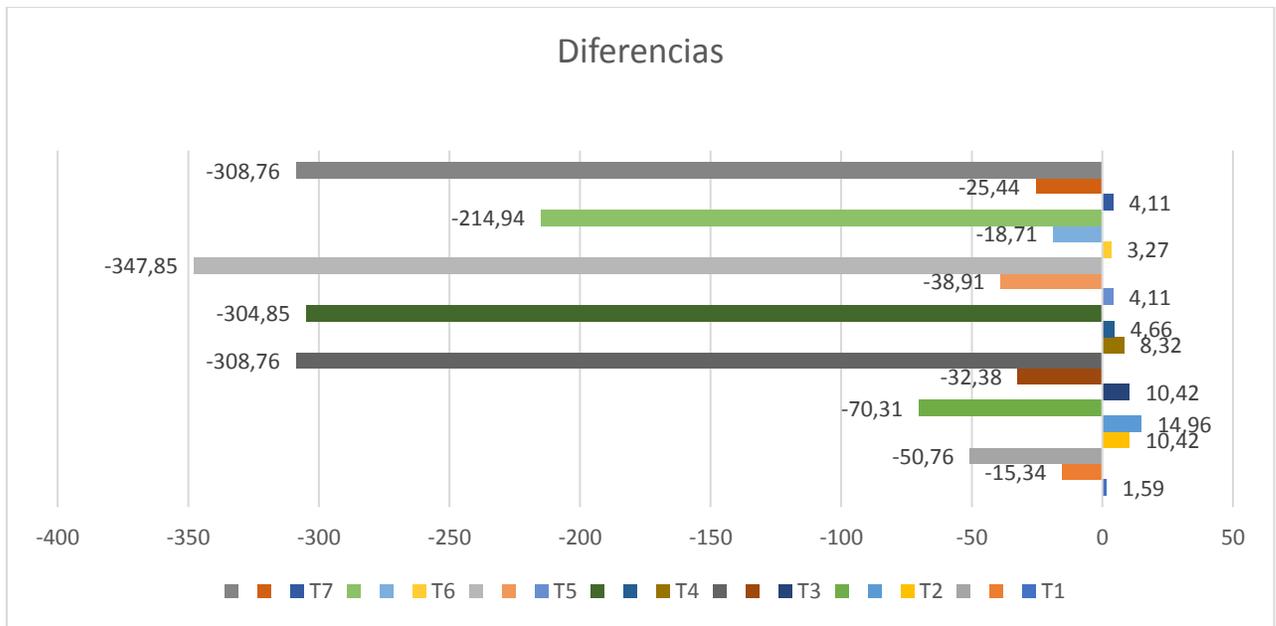
**Tabla 20**

Diferencia del tratamiento antes y después del experimento

<b>Tratamiento</b>	<b>Elemento</b>	<b>Cantidad antes del experimento (ppm)</b>	<b>Cantidad después del experimento (ppm)</b>	<b>Diferencia</b>
T1	Nitrógeno	21	22,59	1,59
	Fósforo	455	439,66	-15,34
	Potasio	1329	1278,24	-50,76
T2	Nitrógeno	21	31,42	10,42
	Fósforo	455	469,96	14,96
	Potasio	1329	1258,69	-70,31
T3	Nitrógeno	21	31,42	10,42
	Fósforo	455	422,62	-32,38
	Potasio	1329	1020,24	-308,76
T4	Nitrógeno	21	29,32	8,32
	Fósforo	455	459,66	4,66
	Potasio	1329	1024,15	-304,85
T5	Nitrógeno	21	25,11	4,11
	Fósforo	455	416,09	-38,91
	Potasio	1329	981,15	-347,85
T6	Nitrógeno	21	24,27	3,27
	Fósforo	455	436,29	-18,71
	Potasio	1329	1114,06	-214,94
T7	Nitrógeno	21	25,11	4,11
	Fósforo	455	429,56	-25,44
	Potasio	1329	1020,24	-308,76

**Fuente:** El autor

Para efectos de visualización se procede a continuación a realizar un gráfico donde se observará las diferencias antes y después del experimento.



**Figura 30.** Diferencia antes y después del experimento

**Fuente:** El autor

En el gráfico se muestra que el tratamiento que más aporte de nitrógeno presenta luego del cultivo de rábano fueron T2 y T3 con una ganancia adsorbida de 10,42 ppm, la menor ganancia fue T1 con 1,59 ppm.

Se nota, además, algo interesante que el T7 que es el testigo tuvo una ganancia de nitrógeno de 4,11 ppm, mostrando menos pérdida que los T1 y T6, en todos los tratamientos ninguno mostró una pérdida basándose en el T0.

Esto se puede explicar por diversas razones: por la acción de las bacterias transformadoras de nitrógeno que están influenciadas por los factores ambientales que determinan su actividad, por los aportes indirectos de nitrógeno como el aporte realizado por la lluvia debido a la volatilización y desnitrificación, descargas eléctricas que ocurren en la atmósfera y a la quema de combustibles y bosques. Además, el aumento puede ser por la fijación no simbiótica y simbiótica causado por la agricultura tradicional que se da en la finca experimental (Perdomo, Barbazán y Durán, 2001).

También la influencia del riego es fundamental ya que según Peñafiel (2014) el río Tomebamba principal proveedor de agua para los cultivos en la finca posee 0,25 mg/l de nitrógeno amoniacal, 13,8 mg/l de nitritos y 0,205 mg/l de nitratos. Aunque la lixiviación pudo influenciar en estos tratamientos alejándolos de su raíz para su adsorción, además, el exceso de humedad influye en la disponibilidad de nitrógeno.

En el caso del fósforo, solo los tratamientos T2 y T4 exhibieron ganancia de este ion en 14,96 y 4,66 respectivamente con respecto al T0, en contraparte el T5 fue el que menos aportó dando una pérdida de este ion en comparación al T0 de 38,91 ppm, seguido de T3 con una pérdida de 32,38 con respecto al T0, el T7 mostró un consumo menor con respecto al T5 y T3 con 25,44 ppm con respecto al T0. Se puede explicar por los equilibrios de la reacción que depende de los coloides y minerales presentes en el suelo, presencia de actividad microbiología, enzimas y ácidos orgánicos que reaccionan con cationes hidroxilados quedando fósforo insoluble (Rojas, 2009).

Otra razón es por la posibilidad de que el biol empleado en el T5 y el T3 contenga fósforo soluble en gran cantidad, lo cual provocaría un descenso en la actividad de micorrizas, además, se puede dar escorrentía superficial ya que el T3 y T7 eran contiguos, aunque esta posibilidad es diminuta debido a que existe fósforo insoluble en gran cantidad, otra posibilidad es que se formó fosfatos de calcio menos solubles lo que toma un tiempo considerable en ser aprovechado por las plantas debido a el pH que vuelve menos soluble, además, como se tiene mucha materia orgánica puede verse afectado la disponibilidad o el ion carbonato está en exceso, exceso de humedad (Munera y Meza, 2017). Peñafiel (2014) señala que el río Tomebamba tiene 0,10 mg/l de fosfatos disueltos y 0,12 mg/l de fosfatos totales.

En el caso del potasio todos los tratamientos mostraron que fue adsorbido por las plantas no mostrando ganancias, pero el tratamiento que más aportó a la tierra fue T1 con una pérdida de solo

50,76 ppm, en cambio, el T5 mostró el que menos aportó con una pérdida de 347,85 ppm con respecto al T0. El T5 es el único que mostró mayor pérdida con respecto al T7 con 347,85 ppm.

Se puede explicar debido a que estas unidades experimentales pudieron tener alto contenido de arcilla que atrapa al potasio y no lo deja disponible para las plantas o los suelos poseen una baja capacidad de intercambio catiónico (Vidal, 2003). Además, Conti (2006) señala que la velocidad del potasio disponible se ve afectada por el potasio intercambiable, no intercambiable y por la velocidad de movimiento a través del suelo. Peñafiel (2014) señala que el río Tomebamba tiene 2,1 mg/l de ion potasio. Los excesos de estos elementos no son antagonistas con el nitrógeno, ni entre sí.

El pH no intervino de manera negativa en la adsorción debido que en todas las muestras del suelo estaban entre 6,8-7, esto facilita la adsorción de algunos nutrientes que resultarían tóxicos para las plantas (Cedeño, 2016).

## **Capítulo 5**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

## Conclusiones

- La generación del biol fue exitoso, ya que se reutilizó todos los desechos orgánicos de la finca, y se implementó el suelo de chaparro, pero hay que considerar que el control del proceso anaerobio fue básico y estos insumos no fueron los suficientes lo que perjudicó el contenido de los nutrientes finales, pero a nivel local puede constituir una fuente adicional para las cosechas.
- El mejor biofertilizante producido fue el biol 1 en términos de nutrientes, en contraparte el biol 2 mostró la mejor eficacia en las variables estudiadas debido a los microorganismos de chaparro incorporados, no llegando a cumplir con las normas internacionales específicas.
- Los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas de las variables de rendimiento, ni en las de crecimiento, debido a los excesos de nutrientes que mostraba los suelos experimentales por las prácticas agrícolas de la finca, aceptándose la  $H_0$ .
- Durante todas las evaluaciones de las variables consideradas en el estudio, se observa que la mejor media fue el T4 y en contraparte el T3 fue la menor media
- Se dio que al 10 % se produce la activación de los microorganismos de montañas, lo que produjo que sea el mejor tratamiento en el experimento.
- En los análisis de suelos el valor de nitrógeno no fue disminuido, dándose que T2 y T3 mostraron mayor eficacia de aporte.
- En los análisis de suelos se muestra que los valores de fósforo no fueron disminuidos en los T2 y T4.
- En los análisis de suelos muestra que los valores de potasio fueron disminuidos en todos los tratamientos, siendo el que más aportó T1, observándose que T5 el que poseía mayor porcentaje en el biol mostró la mayor pérdida.

- Concluyéndose que los factores ambientales son determinantes ya que condicionan la cantidad de nutrientes en el suelo.

### **Recomendaciones**

- Para generar un biol eficaz se debe controlar todos los parámetros anaerobios necesarios para que se produzca un proceso eficaz.
- Para el cumplimiento de las normas internacionales de los bioles se debe incorporar sustancias orgánicas adicionales ricas en nutrientes.
- Experimentar en un terreno en que se puedan expresar los nutrientes aportados por el fertilizante orgánico, lo cual es necesario para obtener valores significantes en las variables estudiadas.
- Considerar variables dependientes para el experimento, ya que ayudarán a observar resultados significativos.
- Realizar estudios con valores superiores al 10 % de bioles empleando suelo de chaparro.
- Activar el suelo de chaparro previamente para obtener microorganismos eficientes que han mostrado grandes beneficios agrícolas.
- Las unidades experimentales deben estar a una distancia significativa entre ellas para que el riego con el fertilizante orgánico no alcance la unidad experimental contigua.

## **Referencias bibliográficas**

- Abanto, R. Del Castillo, D. Alvez, E. Tadashi, R. (2015). *Efecto de la fertilización orgánica en la producción y calidad de frutos de plantas de camu camu en Ucayali-Perú*. En W. De Assis (Presidencia), *Diversidade E Soberania Na Construção Do Bem Viver*. Conferencia llevado en el IX Congresso Brasileiro de Agroecologia, Belém, Brasil.
- Acosta, Y. L., & Abreu, M. C. O. (2005). *La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I*. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar, 39(1), 35-48.
- AgroWaste. (2013). *Gasificación*. Recuperado a partir de [www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/GASIFICACIÓN.pdf](http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/GASIFICACIÓN.pdf)
- AgroWaste. (2014). *Digestión anaerobia*. Recuperado a partir de [www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf](http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf)
- Alcantar, I. (2014). *Potencial de generación de biogás de la codigestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos urbanos con aceite comestible usado* (Tesis de maestría). Recuperado a partir de [www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.../Tesis.pdf?...1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.../Tesis.pdf?...1)
- Almeida, A., Nafarrate, R. E., Alvarado, A., Cervantes, O. A., Luevanos, M. P. E., Oropeza, R. & Balagurusamy, N. (2011). *Expresión genética en la digestión anaerobia: Un paso adelante en la comprensión de las interacciones tróficas de esta biotecnología*. Acta Química Mexicana, 3,6, 14-34.
- Aragonez, M. (2015). *Análisis termogravimétrico de la pirólisis de biosólidos de la planta de tratamiento de agua residual el salitre* (Tesis de maestría). Recuperado a partir de [www.bdigital.unal.edu.co/48357/1/1032410813.2015\\_1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/48357/1/1032410813.2015_1.pdf)
- Araujo, A. (2014). *Puesta en marcha de la planta semiindustrial de digestión anaeróbica en Latinoamérica de Jugos S. A.* (Tesis de grado). Recuperado a partir de [repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3276/1/000110348.pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3276/1/000110348.pdf)

- Arauz C., L. F. (1998). *Fitopatología: un enfoque agroecológico*. San José, Costa Rica: Editorial UCR.
- Avendaño Acosta, E. F. (2015). *Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos: Análisis del caso Bogotá DC Programa Basura Cero*. Recuperado a partir de <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/3417>
- Banco Mundial. (2016). *Basura Cero – Los residuos sólidos en el epicentro del desarrollo sostenible* [Text/HTML]. Recuperado 22 de junio de 2017, a partir de <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2016/03/03/waste-not-want-not---solid-waste-at-the-heart-of-sustainable-development>
- Buechel, T. (2017). *Relación entre el fertilizante y el estiramiento de las plantas | PRO-MIX [Promix]*. Recuperado 26 de octubre de 2017, a partir de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/relacion-entre-el-fertilizante-y-el-estiramiento-de-las-plantas/>
- Cabeza, F. (2008). *Digestión anaerobia de lodos residuales usando un reactor de manto de lodos no convencional (Tipo UASB)* (Tesis de maestría). Recuperado a partir de [www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/.../cabzadevacainclan.pdf?...](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/.../cabzadevacainclan.pdf?...)
- Campo-Martínez, A. D. P., Acosta-Sánchez, R. L., Morales-Velasco, S., & Prado, F. A. (2014). *Evaluation of microorganisms of mountain (mm) in the production of chard on the plateau of Popayán*. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79-87.
- Campuzano, R. (2013). *Lixiviación de residuos sólidos orgánicos urbanos para incrementar la rapidez de producción de biogás* (Tesis de doctorado). Recuperado a partir de [www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.../Tesis.pdf?...1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.../Tesis.pdf?...1)

- Carhuacho, F. (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola* (Tesis de grado). Recuperado a partir de [repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1769/P06.C375-T.pdf?...1](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1769/P06.C375-T.pdf?...1)
- Castro, L. M. (2015). *Inoculación al suelo con pseudomonas fluorescens, azospirillum oryzae, bacillus subtilis y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero*. *Agronomía Costarricense* 39(3): 21-36. ISSN: 0377-9424 / 2015, p.1-16.
- Cedeño, R. S. (2016). *Evaluación de tres frecuencias de aplicación de biol de bovino en el cultivo de pimiento (Capsicum annum l.)* (Tesis de grado). Recuperado a partir de <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/460/TA58.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Censos Ecuador. (2015). *Los ecuatorianos producen 0,57 kilogramos de residuos sólidos diario*. Recuperado el 9 de abril de 2017, a partir de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/los-ecuatorianos-producen-057-kilogramos-de-residuos-solidos-diario/>
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). (2012). *Microorganismos*.
- Cevallos Guerrero, S. (2014). *Implementación de un programa de reducción y tratamiento de residuos sólidos no peligrosos aplicables a la educación ambiental en la Unidad Educativa Fiscal Rumiñahui*. (B.S. thesis). Quito: Universidad de las Américas, 2014. Recuperado a partir de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2522>
- Chiriboga, H. Gómez, G., Andersen, J. (2015). *Abono orgánico sólido (compost) y líquido (biol)*. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura.

- Chilom, E. 1997. *Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas*. CIDAT. 1.<sup>a</sup> impresión. La Paz, Bolivia. p.185.
- Clavijo, J. (2015). *Evaluación del proceso de digestión anaeróbica de vinaza pretratada con procesos avanzados de oxidación como alternativa energética de implementación tecnológica en un proceso de producción de etanol a partir de caña de azúcar*. (Tesis de maestría). Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/48678/1/1113623316.2015.pdf>
- Conti, M. (2006). *Disponibilidad de potasio. Aspectos relacionados a la dinámica de liberación y renovación de la solución del suelo*. Cátedra de Edafología – Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Recuperado a partir de <https://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20I.pdf>
- Contreras, L. (2013). *Digestión anaerobia de residuos de la agroindustria arrocerca cubana para la producción de biogás* (Tesis en opción al grado científico de doctor). Recuperado a partir de [dspace.uclv.edu.cu/bitstream/.../TESIS%20LUZ%20MARIA%20SEPT%202013.pdf?...](https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/.../TESIS%20LUZ%20MARIA%20SEPT%202013.pdf?...)
- Cordero Beltrán, I. M. (2010). *Aplicación de biol a partir de residuos: ganaderos, de cuy y gallinaza, en cultivos de Raph Anus Sativus L para determinar su incidencia en la calidad del suelo para agricultura* (Bachelor's thesis). Recuperado a partir de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1505/13/UPS-CT002009.pdf>
- Corena, M. (2008). *Sistemas de tratamientos para lixiviados generados*. Obtenido de <http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/304/2/628.44564C797.pdf>.
- Cortinas de Nava, Cristina. (2002). *Manuales para regular los residuos con sentido común. Manual 1: Introducción y elementos de técnica regulatoria*. México: Partido Verde Ecologista de México.

De Santos, S., & Urquiaga, R. (2013). *Compostaje y vermicompostaje doméstico. Educadores ambientales de la asociación "Siempre en Medio"*. Centro Nacional de Educación Ambiental.[Recuperado: [http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/articulosde-opinion/2013-04-santos-urquiaga\\_tcm7-269154.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/articulosde-opinion/2013-04-santos-urquiaga_tcm7-269154.pdf). Recuperado a partir de [http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-04-santos-urquiaga\\_tcm7-269154.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-04-santos-urquiaga_tcm7-269154.pdf)

Departamento de Edafología de la Universidad Autónoma de México. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. Recuperado a partir de [www.geologia.unam.mx/.../MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISI...](http://www.geologia.unam.mx/.../MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISI...)

Diario *El Telégrafo*. (2014). *La planta de compostaje de Cuenca produce 30 toneladas de abono*. Recuperado 31 de marzo de 2017, a partir de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-sur/1/la-planta-de-compostaje-de-cuenca-produce-30-toneladas-de-abono>

Diario *El Universo*. (2015, mayo 10). *Agricultores, en riesgo por el uso de los agroquímicos*. Recuperado 23 de junio de 2017, a partir de <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/05/10/nota/4853501/agricultores-riesgo-uso-agroquimicos>

Díaz (2010). *Respuesta del cultivo de arroz (oryza sativa), a la aplicación foliar de biol, té de estiércol y ácido húmico* (tesis de maestría). Recuperado a partir de: [repositorio.ug.edu.ec/.../Respuesta%20del%20cultivo%20de%20arroz%20%28Oriza%...](http://repositorio.ug.edu.ec/.../Respuesta%20del%20cultivo%20de%20arroz%20%28Oriza%...)

Durán, M. (2012). *Organografía vegetal*. Recuperado a partir de [http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/14110/organografia\\_vegetal.pdf?sequence=1](http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/14110/organografia_vegetal.pdf?sequence=1)

- EMAC EP. (2014). *Recolección* | EMAC - EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA. Recuperado 28 de junio de 2017, a partir de <http://www.emac.gob.ec/?q=content/recolecci%C3%B3n-0>
- Eusse, J. (1994). *Pastos y forrajes tropicales – Producción y manejo*. Colombia. Tercera Edición. Banco Ganadero.
- Facultad de Ciencias de la Universidad de la República de Uruguay. (2006). *Nutrientes del suelo*. Recuperado a partir de [edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf](http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf)
- Ferrer, I. Uggetti, E. Poggio, D. Velo, E. (2015). *Producción de biogás a partir de residuos orgánicos en biodigestores de bajo coste*. En II Congrés UPC Sostenible 2015, Barcelona, 9 i 10 de juliol de 2009 (pp. 1-7). Recuperado a partir de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/26544>
- Flotats, X. Campos, E. (2017). *Procesos biológicos: La digestión anaerobia y el compostaje*. Recuperado a partir de [https://www.researchgate.net/...digestion\\_anaerobia.../Procesos-biologicos-La-digestio](https://www.researchgate.net/...digestion_anaerobia.../Procesos-biologicos-La-digestio).
- Fuentes, W. Gutiérrez, M. (2007). *Estimación de la mineralización neta de nitrógeno del suelo en sistemas agroforestales y a pleno sol en el cultivo del café (coffea arabica l.)*, en el pacífico de Nicaragua, departamento de Carazo (Tesis de diploma). Recuperado a partir de [cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34f954.pdf](http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34f954.pdf)
- Fundación Española de la Nutrición. (2014). *Rábano*. Recuperado a partir de [www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/rabano.pdf](http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/rabano.pdf)
- Garita, N. Rojas, J. Universidad Nacional de Costa Rica. (2015). *Manual Composteras*. Recuperado a partir de

<http://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?sequence=1>

GAT. (2007). *Características del abono líquido*. gatfertilizados. Recuperado a partir de [http://www.gatfertilizados.com/Fertilizantes\\_Gat.pdf](http://www.gatfertilizados.com/Fertilizantes_Gat.pdf)

Gil, E. Ríos, H. (2016). *Hábitos y preferencias de consumo. Consumo en estudiantes universitarios // consumer habits and preferences. consumption in university students // hábitos de consumo e preferencias. consumo em estudantes universitários*. Dimensi?n Empresarial, 14(2), 55. <https://doi.org/10.15665/rde.v14i2.630>

Gómez de Zea, R. (2012). *La agricultura orgánica : los beneficios de un sistema de producción sostenible*. Recuperado 29 de junio de 2017, a partir de <http://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/421>

Gonçalves, L. (2013). *Evaluación de la biodegradabilidad anaerobia de residuos orgánicos pretratados térmicamente* (Tesis de doctorado). Recuperado a partir de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/4439/1/TESIS476-140226.pdf>

Gonzabay, A., Suárez, P. (2016). *Diseño y construcción de un biodigestor anaerobio vertical semicontinuo para la obtención de gas metano y biol de las cascaras de naranja y mango*. Recuperado a partir de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13392/1/UPS-GT001762.pdf>

González, & Gautama. (2013). *Uso de lixiviado procedente de material orgánico de residuos de mercados para la elaboración de biol y su evaluación como fertilizante para pasto*. Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4706>

Google Maps. (2017). Elabriego Alegre Granja Integral Orgánica Cuadruco. Recuperado 15 de septiembre de 2017, a partir de

<https://www.google.com.ec/maps/place/San+Joaqu%C3%ADn/@-2.8921745,-79.0530718,197m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91cd22c575e21923:0x212b4d65833bcf02!8m2!3d-2.894921!4d-79.0504459>

Grageda, O., Gonzales, S., Díaz, A, & Arturo. (2015). *Uso de compostas y biofertilizantes en la agricultura*. Recuperado a partir de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4332/Uso%20de%20composta%20y%20biofertilizantes.pdf?sequence=1>

Greenpeace Argentina. (2008). *Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios*. Recuperado 17 de julio de 2017, a partir de <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2009/9/resumen-de-los-impactos-ambien-2.pdf>

Guamán, M. (2017, julio 21). *¿Cuáles son los países que más alimentos desperdician en América Latina?* Recuperado 22 de julio de 2017, a partir de <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/internacionales/300006-cuales-son-paises-que-mas-alimentos-desperdician-america>

Guamán, V. (2010). *Evaluación de tres fuentes orgánicas (ovinos, cuy y gallinaza) en dos híbridos de cebolla (allium cepa), en el barrio Tiobamba, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi*. (Tesis de grado). Recuperado a partir de <repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/957/1/T-UTC-1253.pdf>

Guerrero, J. (2016). *Evaluación del potencial de biometanización de la codigestión de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales municipales mezclados con residuos de alimentos* (Tesis de maestría). Universidad de Antioquia. Recuperado a partir de [tesis.udea.edu.co/.../JulioIleana\\_2016\\_EVALUACIÓNPOTENCIALBIOMETANIZACIÓ...](tesis.udea.edu.co/.../JulioIleana_2016_EVALUACIÓNPOTENCIALBIOMETANIZACIÓ...)

- Guerrero, R. (1993). Los nutrientes de las plantas. En: *Fertilización de cultivos en clima frío*. (vol. 3). Monómeros Colombo Venezolanos S. A. (E. M. A.), Barranquilla, p. 9-13.
- Hernández, A. (2003). *La composta, su elaboración y beneficio* (tesis de pregrado). Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1265/LA%20COMPOSTA%2C%20SU%20ELABORACION%20Y%20BENEFICIO.pdf?sequence=1>.
- Hernández Millán, A. (1996). *El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas*. Papeles de Población, (10), 17-20. Recuperado de : <http://www.redalyc.org/html/112/11201002/>.
- Hoornweg y Bhada. (2012). *What a waste. A global review of solid waste management*. Washington. USA. World Bank.
- INEC. (2014). *Información ambiental en hogares*.
- INIAF. (2012). *El uso excesivo de plaguicidas, maquinaria y monocultivos destruye los suelos en Bolivia*. (En línea).
- INIAP. (2012). *Toma de muestra para análisis de suelo*. Recuperado a partir de [www.iniap.gob.ec/.../laboratorio-de-suelos-toma-de-muestras-para-analisis-de-suelo.p](http://www.iniap.gob.ec/.../laboratorio-de-suelos-toma-de-muestras-para-analisis-de-suelo.p)
- INIAP (2012b). *El biol, alternativa orgánica para nutrir y desarrollar los cultivos*. Recuperado a partir: [www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/EL%20BIOL.pd](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/EL%20BIOL.pd).
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). *Guía práctica para la exportación a EE. UU. Rábanos*. Recuperado a partir de [www.bio-nica.info/biblioteca/iica2007rabanos.pdf](http://www.bio-nica.info/biblioteca/iica2007rabanos.pdf)
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, & Besel. (2007) *Biomasa: Digestores anaerobios*. Madrid: IDAE.

- Ipni. (2016). Ipni.net. *Informaciones agronómicas N4*: Recuperado a partir de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A77BF5F95561AB058525801300603DC6/\\$FILE/Art%202.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A77BF5F95561AB058525801300603DC6/$FILE/Art%202.pdf)
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Recuperado 14 de junio de 2017, a partir de <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Apressolorgco.pdf>
- Jayr. (2010). *biodigestor | Energía Casera*. Recuperado 6 de octubre de 2017, a partir de <https://energiacasera.wordpress.com/tag/biodigestor/>
- Jiménez Cuestas, E. V. (2011). *Aplicación de biol y fertilización química en la rehabilitación de praderas, "Aloag-Pichincha"*. (B.S. thesis). SANGOLQUÍ/ESPE-IASA I/2011. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4664>
- Kant, S. K. (2002). *Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos*. Obtenido de p.264: <https://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20V.pdf>.
- León, F. M. C., Barrantes, M. S. J. G., & Candia, J. R. (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola*. Recuperado a partir de <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/01/16.pdf>
- Loyola, J. (2017). *Prácticas agroecológicas de producción hortícola en la parroquia de San Joaquín del cantón Cuenca de la provincia del Azuay* (Tesis de doctorado). Universidad de Antioquia.
- Lueneberg, K. (2009). *Dinámica de las comunidades microbianas durante el periodo de estabilización de digestores anaerobios de dos fases*. (Tesis de grado). Recuperado a partir de [repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/.../PDFunificado.pdf?...1](http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/.../PDFunificado.pdf?...1)

- Luque, V. (2009). *Estructura y propiedades de las proteínas*, Universitat de València. Recuperado a partir de [www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf)
- Magrama. (2012). *Fertilización fosfatada. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*, 75-79.
- Mamani, T. (2014). *Efecto de biol en cultivo asociado de rábano (Raphanus sativus l.) y lechuga suiza (Valerianella locusta), en ambiente atemperado de cota - La Paz* (Tesis de grado). Recuperado a partir de [repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5651](http://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5651)
- Mancillas-Salas, S., Rodríguez-de la Garza, J. A., & Ríos-González, L. (2012). *Bioestimulación de la digestión anaerobia*. Revista Científica, 4(8). Recuperado a partir de <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/Documentos/AQM/AQM8/6.pdf>
- Manobanda, S. Heras, V. (2015). *Cuantificación del metano utilizando la técnica de actividad metanogénica específica en lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba* (Tesis de grado). Recuperado a partir de [dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21975/1/TESIS.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21975/1/TESIS.pdf)
- Marelli, H. Papucci, S. Cruciani, M. Gonzales, A. (2007). *Evolución del número de tallos en el cultivo de trigo en diferentes sistemas de labranza y niveles de fertilidad nitrogenada - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Rosario*. Recuperado 27 de octubre de 2017, a partir de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/21/6AM21.htm>
- Marino, J. (2017). *Efecto de concentraciones y frecuencias de aplicación del biol en el cultivo de rábano chino (Raphanus sativus l. var. longipinnatus) en la estación experimental de cota cota - La Paz* (Tesis de grado). Recuperado a partir de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10712/T-2369.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martí, J. (2007). *Diseño de biodigestores*. La Paz – Bolivia. p 35.
- Martínez, R. (2004). *Atributos agroecológicos de sustentabilidad: manejo comparativo indígena y convencional*. Recuperado a partir de [http://hdrnet.org/302/1/Martinez\\_Castillo\\_Roger.pdf](http://hdrnet.org/302/1/Martinez_Castillo_Roger.pdf)
- Master composter soil builder. (2012). *Compostaje y Reutilización de Desechos Orgánicos*.
- Mejía, R. (2014). *Evaluación del sistema hortícola intensivo en la parroquia San Joaquín* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado a partir de [dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6302/1/UPS-CT002869.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6302/1/UPS-CT002869.pdf)
- Melgar-Valdés, C., Barba-Macías, E., Álvarez-, & González, C., Tovilla-Hernández c. y Sánchez, a. (2013). *Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón Litopenaeus annamei (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo*. *Revista Biología Tropical*, 61(3), p. 1215-1228.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento da Brasil. (2014). *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizante e corretivos*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial; Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília : MAPA/ SDA/CGAL. p. 220. Recuperado a partir de [www.agricultura.gov.br/.../manual-\\_in-5\\_-analiticos-oficiais-para-fertilizantes-e-corretiv...](http://www.agricultura.gov.br/.../manual-_in-5_-analiticos-oficiais-para-fertilizantes-e-corretiv...)
- Ministerio de la Presidencia España. (2013). *Real Decreto 506/2013*. Recuperado 23 de septiembre de 2017, a partir de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-7540>
- Moscoso, M. (2017). *Tecnología de IV gama para optimizar la calidad microbiológica del rábano (Raphanus sativus) cultivado en la parroquia de panzaleo* (Tesis de grado). Recuperado a partir de [dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6013/1/PIUABQF004-2017.pdf](https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6013/1/PIUABQF004-2017.pdf)

- Munera, G. Meza, D. (2017). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Recuperado 18 de septiembre de 2017, a partir de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5248>
- Naciones Unidas. (2014). *La situación demográfica en el mundo*.
- Nasevilla, J. (2010). *Estudio de las características fisicoquímicas y nutricionales de dos ecotipos de rábano (Raphanus sativus L.)*. (Tesis de grado). Recuperado a partir de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4867/1/41717\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4867/1/41717_1.pdf)
- Notimerica, P. E. (2014, julio 6). *¿Sabes cuánta basura genera un latinoamericano en un día?* Recuperado 22 de junio de 2017, a partir de <http://www.notimerica.com/sociedad/noticia-sabes-cuanta-basura-genera-latinoamericano-dia-20140706113118.html>
- NTE INEN 2841. (2014). *Gestión ambiental. Estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos. Requisitos*. Recuperado a partir de <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/3613>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (1999). Recuperado a partir de <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/gepnms.pdf>
- Parra, B. (2014). *Producción de metano a partir de la digestión anaerobia de biorresiduos de origen municipal* (Tesis de maestría). Recuperado a partir de [bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7645/1/7720-0446398.pdf](http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7645/1/7720-0446398.pdf)
- Peery, J. (2017). *Cantidades de fertilizante e impacto en las enfermedades de las raíces | PROMIX*. Recuperado 28 de octubre de 2017, a partir de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/cantidades-de-fertilizante-e-impacto-en-las-enfermedades-de-las-raices/>
- Peñañiel, A. (2014). *Evaluación de la calidad del agua del río Tomebamba mediante el índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua* (Tesis de grado). Recuperado a partir de [dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20919/1/tesis.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20919/1/tesis.pdf)

- Perdomo, C. Barbazán, M. Durán, J. (2001). *Nitrógeno*. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Recuperado a partir de [www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf](http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf)
- Pilarte, F. (2010). *Función de los elementos esenciales en los cultivos*. Recuperado a partir de [www.a4n.alianzacacao.org/.../Funci\\_\\_n%20de%20los%20elementos%20esenciales%2](http://www.a4n.alianzacacao.org/.../Funci__n%20de%20los%20elementos%20esenciales%2).
- Pinto, L. Suárez, M. (2016). *Propuesta para el manejo de residuos orgánicos producidos en la plaza de mercado de chía de Cundinamarca* (Tesis de pregrado). Recuperado 25 de agosto de 2017, a partir de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3362>
- Pomboza, P. León, O. Villacís, L. Vega, J y Aldaz, J. (2016). *Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa L. variedad Iceberg*. Journal of the Selva Andina Biosphere, 4(2), 84-92. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592016000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200005&lng=es&tlng=es).
- Quiroga, G. (2014). *Codigestión anaerobia de residuos ganaderos con residuos urbanos e industriales* (Tesis de doctorado). Recuperado a partir de [digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/30495/1/TD\\_GerardoQuiroga.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/30495/1/TD_GerardoQuiroga.pdf)
- Quispe Limaylla, A. (2015). *El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(1), 83-95.
- Ramírez, M. (2006). *Carbohidratos*. Recuperado a partir de [www.fmvz.unam.mx/fmvz/p\\_estudios/apuntes\\_bioquimica/Unidad\\_3.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_bioquimica/Unidad_3.pdf)
- Ramos, J. (2014). *Producción de biogás a partir de biomasa de la microalga Scenedesmus sp. Procedente de diferentes procesos* (Tesis de doctorado). Recuperado a partir de [oa.upm.es/28957/](http://oa.upm.es/28957/)

- Raya, M. (2010). *La lombricultura en el ámbito forestal* (Tesis de grado). Recuperado a partir de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/970/61365s.pdf?sequence=1>
- Rendón, A. (2013). *Elaboración de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo* (Tesis de grado). Recuperado a partir de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6642/1/BQ%2049.pdf>
- Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares*. IICA. San José, Costa Rica. pp. 1-46, 155.
- Restrepo, J. Ángel, I. Prager, M. (2000). *Agroecología*. Recuperado a partir de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material/docs/Agroecologia.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Agroecologia.pdf)
- Restrepo, J. Gómez, J. Escobar, R. (2014). *Utilización de residuos orgánicos en la agricultura*. Recuperado 1 de abril de 2017, a partir de [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos\\_Organicos\\_Agricultura\\_FIDAR.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf?sequence=1)
- Reyes, J. (2004). *El problema de la basura en la Ciudad de México*. Adolfo Christlieb Ibarola Fundación de estudios urbanos y metropolitanos, Mexico City. Recuperado a partir de [http://www.paot.mx/contenidos/paot\\_docs/pdf/basura\\_df.pdf](http://www.paot.mx/contenidos/paot_docs/pdf/basura_df.pdf)
- Ribas, C. (2015). *Desarrollo de un procedimiento de análisis para la determinación de siloxanos en biogás. Aplicación a depósitos controlados de residuos sólidos urbanos y estaciones depuradoras de aguas residuales*. (Tesis de doctorado). Recuperado a partir de [www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/301773/PDF\\_TDX.pdf?sequence=1](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/301773/PDF_TDX.pdf?sequence=1)

- Robles, S. A., Jansen, A. (2008). *Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de fermentación anaeróbica para producción de biogás*. German Prof EC GmbH, Lima, Perú, BM-4-00-1108-1239. Recuperado a partir de [www.german-profec.com/.../Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de...](http://www.german-profec.com/.../Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de...)
- Rodicio, J. M. L. (2013). *Estudio del comportamiento de reactores anaerobios de tipo ASBR frente a compuestos de difícil degradación y/o efectores negativos*. Recuperado 21 de septiembre de 2017, a partir de [http://www.usc.es/biogrup/sites/default/files/Tesis\\_doctoral\\_F.Rosenkranz.pdf](http://www.usc.es/biogrup/sites/default/files/Tesis_doctoral_F.Rosenkranz.pdf)
- Rodríguez, L. (2014). *Viabilidad técnica para producción de biogás a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos – forsu* (tesis de especialidad). Recuperado a partir de [repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/1560/RodriguezLuis2014.pdf?...1](http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/1560/RodriguezLuis2014.pdf?...1)
- Rodríguez, S. A. (1992). *Fertilizantes, nutrición vegetal*. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D. F.
- Rodríguez-Calampa, R. T.-T. (2014). *Producción de microorganismos de montaña para el desarrollo de una agricultura orgánica*. CONACIN (pág. 1). Lima: Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana.
- Rojas, C. (2009). *Disponibilidad del fósforo y su corrección*. Recuperado a partir de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28126.pdf>
- Romero, A. Pereda, I. (2015). *Biofertilizantes a partir de residuos agrícolas*. Recuperado 22 de septiembre de 2017, a partir de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar49/HTML/Articulo06N.html>
- Rosales, N. (2004). *Respuesta del rábano (Raphanus sativus L.), a densidades de siembra y aplicación de sustancias fúlvicas (k-tionic) y húmicas (humiplex std)*. (Tesis de grado).

- Recuperado a partir de  
repositorio.uaaan.mx:8080/.../T14388%20ROSALES%20AGUILAR%2C%20NIMROD...
- Rueda, P. (2013). *Estudio de prefactibilidad para el manejo de los desechos orgánicos del Galápagos Science Center* (Tesis de grado). Recuperado a partir de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2149/1/106804.pdf>
- San Joaquíncuenca. (s. f.). *San Joaquín cuenca: conociendo san Joaquín* (cawi). Recuperado 14 de septiembre de 2017, a partir de <http://sanjoaquincuenca.blogspot.com/2011/06/historia.html>
- Sanzano, A. (2010). *El fósforo del suelo*. Recuperado a partir de <https://www.edafologia.org/app/download/7956239776/El+Fosforo+del+suelo.pdf?t...>
- Sarandón, S. J. (2002). Incorporando el enfoque agroecológico en las Instituciones de Educación Agrícola Superior: la formación de profesionales para una agricultura sustentable. *Revista Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable*. EMATER RS, Brasil, 3 (2):40-49.
- Schuldt, M. (2012). *Cálculo de las relaciones carbono/nitrógeno*. Recuperado 13 de agosto de 2017, a partir de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/23521.html>
- Sentís, I. P. (2015). *Problemas de degradación de suelos en el mundo: causas y consecuencias*. Recuperado 7 de marzo de 2017, a partir de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Problemas-de-Degradacion.pdf>
- Serrano, A. (2015). *Tratamiento de residuos y subproductos agroindustriales mediante codigestión anaerobia* (Tesis de doctorado). Recuperado a partir de [helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/12558/2015000001095.pdf?sequence...](http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/12558/2015000001095.pdf?sequence...)

- Serrano, P. Lucena, J. Ruano, S. Nogales, M. López, L. Beltrán, J., Pérez, J. (2008). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del Gobierno Español.
- Sierra, C. Rojas, C. (2012). *La materia orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los suelos*.
- Smart Fertilizer Management. (2017). *Momento y frecuencia de la aplicación de fertilizantes*. Recuperado a partir de <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/timing-fertilizer-application>
- Somarriba, R. (1998). *Textos granos básicos*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Sotelo, L. Jiménez, J. Zan, A. Cueto, M. (2012). *Effect of inoculation of microorganisms on radish growth* (*Raphanus sativus*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 21-31.
- Tarigo, A. Repetto, C, Acosta, D. (2004). *Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga* (*Lactuca sativa*) *a campo* (Tesis de grado). Recuperado a partir de <http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/textostesis/2004/3171tar1.pdf>
- The Observatory of Economic Complexity. (2015). *OEC – Ecuador (ECU) Exportaciones, importaciones y socios comerciales*. Recuperado 28 de septiembre de 2017, a partir de <http://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/ecu/#Importaciones>
- Toala, E. (2013). *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica*. (Tesis de grado). Recuperado a partir de <dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/236T0100.pdf>

- Toalombo, Cristina. (2014). *Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora* (Rubus glaucus Benth) (B.S. thesis). Recuperado a partir de <http://redi.uta.edu.ec/handle/123456789/6490>
- Torrez, M. (2011). *Evaluación del cultivo de rábano (Raphanus sativus L) variedad Crimson Giant utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes «Kc» y «Ky», bajo riesgo. Finca Las Mercedes, Managua* (Trabajo de diploma). Recuperado a partir de [repositorio.una.edu.ni/2150/1/tnf01t693.pdf](http://repositorio.una.edu.ni/2150/1/tnf01t693.pdf)
- Universidad Nacional de La Plata. (2009). *El tallo de las plantas: morfología y adaptaciones*. Recuperado a partir de [https://mvegetal.weebly.com/uploads/8/6/3/.../8\\_morfologia\\_tallo\\_y\\_adaptaciones.pdf](https://mvegetal.weebly.com/uploads/8/6/3/.../8_morfologia_tallo_y_adaptaciones.pdf)
- Universidad Nacional de Luján. (2014). *Cultivo de rabanito “Raphanus sativus L.”* Departamento de Tecnología. Recuperado a partir de [www.hort.unlu.edu.ar/sites/www.hort.unlu.edu.ar/files/site/Rabanito.pdf](http://www.hort.unlu.edu.ar/sites/www.hort.unlu.edu.ar/files/site/Rabanito.pdf)
- Urien, A. (2013). *Obtención de biocarbones y biocombustibles mediante pirólisis de biomasa residual* (Tesis de maestría). Recuperado a partir de [digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES\\_CENIM\\_CSIC.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES_CENIM_CSIC.pdf)
- Verde, R. (2014). *Producción de biol a partir de residuos sólidos orgánicos en la empresa prestadora de servicios Lima Cilsa S. A.* (Práctica preprofesional). Recuperado a partir de [http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/practica%20absoluta%20evolucion%20maxima.pdf](http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/practica%20absoluta%20evolucion%20maxima.pdf)
- Vidal, J. (2003). *Dinámica del potasio en el suelo y su requerimiento por los cultivos* (Tesis de maestría). Recuperado a partir de [research.ipni.net/research/.../Dinámica\\_del\\_potasio.\\_Marzo\\_5.\\_Jose\\_Luis\\_Vidal.doc](http://research.ipni.net/research/.../Dinámica_del_potasio._Marzo_5._Jose_Luis_Vidal.doc)

- Viloria de Matos, M. (2013). *Efecto de la aplicación de un biol sobre el sistema suelo-planta en un cultivo de pimentón en una parcela del municipio Maracaibo*. universidad del Zulia-Venezuela.
- Vincent, C. (2013). *Comportamiento agronómico de tres variedades de rábano (Rhapanus sativus), con diferentes densidades de siembra aplicando abono orgánico líquido* (Tesis de grado). Recuperado a partir de [repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/554/1/T-UTEQ-0042%281%29.pdf](http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/554/1/T-UTEQ-0042%281%29.pdf)
- Zhañay, W. (2016). *Evaluación de dosis de aplicación de un biol optimizado en el cultivo de zanahoria, Daucus carota L* (B.S. thesis). Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24470>

## **Anexos**

## Anexo 1

Cálculos según Schuldt 2012

<b>Materia Prima</b>	Relación C:N	<b>Kg</b>	%	/100	C:N*/100
Panca de maíz	55,71	0,23	6,133333333	0,061333333	3,41688
Restos de hortalizas	37	1,29	34,4	0,344	12,728
Restos de frutas	34,8	0,91	24,26666667	0,242666667	8,4448
Césped fresco	17	0,6	16	0,16	2,72
Estiércol de cuy	15,8	0,72	19,2	0,192	3,0336
Leche		0,15			
Melaza		0,15			
Levadura		0,0567			
Suelo de chaparral		0,6			
		<b>3,75</b>			<b>30,34328</b>

%= kg\*100/suma Kg

## Anexo 2

### Monitoreo del proceso anaerobio

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura del cajón (°C)</b>	<b>Temperatura invernadero (°C)</b>	<b>Temperatura ambiental (°C)</b>
29 /04/2017	19:00			11
01/05/2017	12:00			20
04/05/2017	9:20			18
06/05/2017	11:46			21
09/05/2017	8:17			14
11/05/2017	10:21			17
13/05/2017	11:26			20
16/05/2017	9:12			19
18/05/2017	16:40	22	27	14
20/05/2017	15:50	26	30	19
22/05/2017	11:50	34	39	24
24/05/2017	10:00	27	30	21
26/05/2017	12:08	34	40	26
30/05/2017	10:01	30	35	23
01/06/2017	13:50	32	36	24
03/06/2017	10:00	25	28	20
06/06/2017	08:16	22	25	18
08/06/2017	11:27	26	28	21
10/06/2017	18:10	21	20	12
12/06/2017	07:58	18	16	12
14/06/2017	09:41	24	28	20
16/06/2017	11:29	29	33	24
20/06/2017	11:01	28	31	22
22/06/2017	08:36	24	27	19
24/06/2017	17:15	24	21	13

26/06/2017	10:57	29	35	22
28/06/2017	09:47	36	40	28
30/06/2017	16:56	19	21	16
04/07/2017	10:30	14	16	12
06/07/2017	10:42	20	23	18
08/07/2017	12:50	28	36	24
10/07/2017	17:06	21	20	13
12/07/2017	11:25	28	32	23
15/07/2017	12:00	34	39	29
18/07/2017	10:00	27	31	20
20/07/2017	17:24	20	18	11
22/07/2017	18:00	19	16	11
24/07/2017	11:00	30	38	26
26/07/2017	16:58	15	14	12
28/07/2017	12:42	33	38	27
29/07/2017	15:59	19	22	14

### Anexo 3

#### Unidades experimentales

0.45 m															
0.27 m	T3R1	0.45m	T7R1	0.45m	T1	R1	T5	R1	T6R1	T3R2	T7R2	T4R1	T2R1	T1R2	T6R2
0.27 m	0.45 m	0.45 m	0.45 m	0.45m											
0.27 m	T5R2	0.45m	T3R3	0.45m	T2	R2	T4	R2	T6R3	T1R3	T5R3	T2R3	T4R3	T3R3	
0.45 m															

Cada Unidad experimental tenía las mismas dimensiones, como sus respectivas parcelas separadoras

## Anexo 4

### Proceso del trabajo experimental



Construcción del biodigestor



Muestra de suelo del chaparral



Implementación de los insumos al biodigestor



Invernadero



Temperatura dentro del invernadero



Termómetro marca KT-902



Cosecha del biol



Preparación de las unidades experimentales



Siembra de rábano en las unidades experimentales



Unidades experimentales



Aplicación de los bioles



Cosecha de los rábanos



Toma de muestra del suelo



Datos de las variables estudiadas

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/F/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	<b>Rev. 3</b>  <b>Hoja 1 de 1</b>

Informe número: LN-F-E17-1130  
 Fecha emisión informe: 08-08-2017

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Esteban León Becerra / AGROCALIDAD AZUAY

Dirección: Provincia: Azuay Cantón: Cuenca  
 Teléfono: Correo Electrónico: estebangeo2@hotmail.com  
 N° Orden de Trabajo: 01-2017-331  
 N° Factura/Documento: 003-001-5442

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Fertilizante líquido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: botella plástica
Provincia: Azuay	Coordenadas: X: ---
Cantón: Cuenca	Y: ---
Parroquia: San Joaquín	Altitud: ---
Muestreado por: Esteban León	
Fecha de muestreo: 29/07/2017	Fecha de inicio de análisis: 02/08/2017
Fecha de recepción de la muestra: 01/08/2017	Fecha de finalización de análisis: 07/08/2017

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F171072	BIOL 1	NT	PEE/F/14	%	0.27	---
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	PEE/F/04 <sup>2</sup>	%	0.1642	---
		K <sub>2</sub> O*	PEE/F/19 <sup>2</sup>	%	0.2731	---

\*: Resultado obtenido por cálculo  
 NT = Nitrógeno Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo, K<sub>2</sub>O = Potasio

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Cristina Flores, Ing. Wilson Castro  
 Observaciones: Los resultados están expresados en %p/p.

Anexo Gráficos: ---  
 Anexo Documentos: ---

  
**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASESORAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 DE FERTILIZANTES  
 TUMBACO - ECUADOR  
 Ing. Wilson Castro  
 Responsable Técnico Laboratorio  
 de Calidad de Fertilizantes



Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Análisis de NPK del biol 1

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/F/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	
	<b>Rev. 3</b>	
<b>Hoja 1 de 1</b>		

Informe número: LN-F-E17-1131  
 Fecha emisión informe: 17-08-2017

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Esteban León Becerra / AGROCALIDAD AZUAY

Dirección:

Provincia: Azuay

Cantón: Cuenca

Teléfono:

Correo Electrónico: estebangeo2@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: 01-2017-331

N° Factura/Documento: 003-001-5442

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Fertilizante líquido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: botella plástica
Provincia: Azuay	X: ---
Cantón: Cuenca	Y: ---
Parroquia: San Joaquín	Altitud: ---
Muestreado por: Esteban León	
Fecha de muestreo: 29/07/2017	Fecha de inicio de análisis: 02/08/2017
Fecha de recepción de la muestra: 01/08/2017	Fecha de finalización de análisis: 17/08/2017

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F171073	BIOL 2	NT	PEE/F/14	%	0.17	---
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	PEE/F/04 <sup>2</sup>	%	0.0417	---
		K <sub>2</sub> O*	PEE/F/19 <sup>2</sup>	%	0.3478	---

\*: Resultado obtenido por cálculo  
 NT = Nitrógeno Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo, K<sub>2</sub>O = Potasio

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Wilson Castro

Observaciones: Los resultados están expresados en %p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---

  
  
**LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**  
 Ing. Wilson Castro  
 Responsable Técnico Laboratorio  
 de Calidad de Fertilizantes

17 AGO 2017  
  
**RECIBIDO**  
 Ing. Wilson Castro

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Análisis de NPK del biol 2

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/F/09-FO01</b>
	<b>Rev. 3</b>	
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	

Informe número: LN-F-E17-1132  
 Fecha emisión informe: 10-08-2017

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Esteban León Becerra / AGROCALIDAD AZUAY

Dirección: Teléfono: \_\_\_\_\_  
Correo Electrónico: estebangeo2@hotmail.com  
 Provincia: Azuay N° Orden de Trabajo: 01-2017-331  
 Cantón: Cuenca N° Factura/Documento: 003-001-5442

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Fertilizante líquido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: botella plástica
Provincia: Azuay	X: ---
Cantón: Cuenca	Coordenadas: Y: ---
Parroquia: San Joaquín	Altitud: ---
Muestreado por: Esteban León	
Fecha de muestreo: 29/07/2017	Fecha de inicio de análisis: 02/08/2017
Fecha de recepción de la muestra: 01/08/2017	Fecha de finalización de análisis: 10/08/2017

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F171074	BIOL 3	NT	PEE/F/14	%	0.13	---
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	PEE/F/04 <sup>2</sup>	%	0.0352	---
		K <sub>2</sub> O*	PEE/F/19 <sup>2</sup>	%	1.0122	---

\*: Resultado obtenido por cálculo  
 NT = Nitrógeno Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo, K<sub>2</sub>O = Potasio

**Analizado Por:** Ing. Melissa Rea, Ing. Cristina Flores, Ing. Wilson Castro

**Observaciones:** Los resultados están expresados en %p/p.

**Anexo Gráficos:** ---

**Anexo Documentos:** ---


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASESORAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 Ing. Wilson Castro  
 Responsable Técnico Laboratorio  
 de Calidad de Fertilizantes



**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Análisis de NPK del biol 3



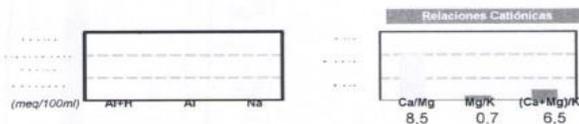
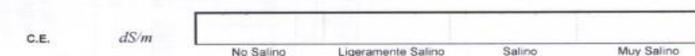
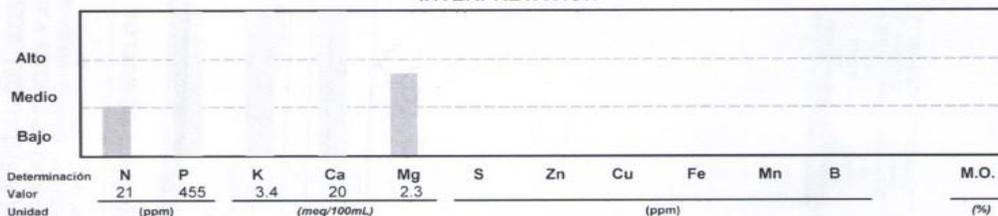
### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			
Nombre :	ESTEBAN LEON	Teléfono :	N/E
Dirección :		e-mail :	N/E
Ciudad :	Cuenca		

DATOS DE LA PROPIEDAD			
Nombre :		Parroquia :	Cuenca
Provincia :	Azuay	Ubicación :	SAN JOAQUIN
Cantón :	Cuenca	Latitud :	
		Longitud :	

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio :	5123	Responsable Muestreo :	Cliente
Identificación :	LOTE No. 0	Fecha Muestreo :	22/07/2017
Cultivo Actual :	N/E	Fecha Ingreso :	27/07/2017
		Factura No. :	0
		Fecha Análisis :	01/08/2017
		Fecha Emisión :	05/08/2017

### INTERPRETACION



Y-Bases  
26,16  
meq/100mL

% Materia Seca:  
% Humedad:

Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado pH 8.5
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Oxidación	No aplica
	Via Humeda	

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciométrica	Suelo: Agua (1:2.5)
CE	Conductometría	Pasta Saturada
Textura	Sioyocenas	No aplica
Al	Volumetría	K, Cl, 1 N
Al + H	Absorción	Pasta Saturada
Na		
E Bases	Atómica	Olsen Modificado pH 8.5

Niveles de Referencia Optimos					
N	25 - 40	S	10 - 20	B	0.5 - 1.0
P	10 - 20	Zn	4 - 8	Cl	0 - 0
K	0.2 - 0.4	Cu	1 - 10	M.O.	3 - 5
Ca	4 - 8	Fe	20 - 40	Al+H	0.5 - 1.5
Mg	1 - 3	Mn	5 - 10	Al	0.3 - 1.0
				(Ca+Mg)K	12.5 - 50.0

Responsable laboratorio

ESTACION EXPERIMENTAL CHUQUIPATA  
Laboratorio de Suelos y Aguas  
Laboratorista

N/E: No Entrega  
Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.  
Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 08/08/2017

Análisis NPK del suelo antes del experimento

**INFORME DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre : ESTEBAN LEON (ZM)	Nombre : AZUAY	Nombre : AZUAY	Nombre : AZUAY
Dirección : CUENCA	Provincia : SAN JOAQUÍN	Provincia : SAN JOAQUÍN	Provincia : SAN JOAQUÍN
Teléfono : N/E	Ubicación : SAN JOAQUÍN	Ubicación : SAN JOAQUÍN	Ubicación : SAN JOAQUÍN
Técnico : N/E	Correo-e : N/E	Longitud:	

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm		mesg/100ml		ppm		mesg/100ml		Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe			
5145	T1	6.8 PN	22.59M	439.66A	3.27A	20.19A	2.46M				8.21 A	0.75 B	6.93 B
5146	T2	7.0 PN	31.42M	469.96A	3.22A	19.72A	2.62M				25.56	0.81 B	6.94 B
5147	T3	6.9 PN	31.42M	422.86A	2.61A	20.20A	2.42M				25.23	0.93 B	8.67 B
5148	T4	6.9 PN	29.32M	459.86A	2.62A	20.73A	2.86M				26.21	1.09 B	9.00 B
5149	T5	6.8 PN	25.11M	416.09A	2.51A	20.24A	2.34M				25.09	0.93 B	9.00 B
5150	T6	6.9 PN	24.27M	456.29A	2.86A	20.10A	2.57M				25.52	0.90 B	7.95 B
5151	T7	6.9 PN	25.11M	429.56A	2.61A	20.25A	2.60M				25.46	1.00 B	8.75 B

**DATOS DE LA MUESTRA**  
 Fecha Muestreo : 31/08/2017  
 Fecha Ingreso : 07/09/2017  
 Fecha Emisión : 22/09/2017  
 Cultivo Actual : N/E

**Interpretación**

N, P, K, Ca, Mg, S	N	Normal
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	N	Normal
MAC	N	Normal
B	N	Normal
M	N	Normal
A	N	Normal

**Descomposición**

N, P	Colorimetría	Espectrofotometría	Espectrofotometría
K, Ca, Mg	Colorimetría	Colorimetría	Colorimetría
Cu, Fe, Mn	Colorimetría	Colorimetría	Colorimetría
pH	Colorimetría	Colorimetría	Colorimetría
S	Colorimetría	Colorimetría	Colorimetría

**Niveles Máximos de Referencia**

N	20 - 40	Mn	1.0 - 3	Fe	20 - 40
P	10 - 20	S	10 - 20	Mh	5 - 10
K	10 - 20	Ca	10 - 20	Cl	0.5 - 1.0
Cu	4 - 8	Cu	1.0 - 10.0	Cl	0.5 - 1.0

**Responsable Laboratorio**  
 (Firma)

**LABORATORIO EXPERIMENTAL CHUQUIPATA**  
 Laboratorio  
 Fecha de Impresión: 22/09/2017