

**ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS SÓLIDOS CON SUBPRODUCTOS
DEL CULTIVO DE FRÌJOL (*Phaseolus vulgaris* L) Y LÍQUIDOS, EVALUACIÓN
DE SU RESPUESTA EN EL CULTIVO DE *LECHUGA* (*Lactuca sativa* L), EN EL
MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO**

**JUDY JOHANA ARÉVALO LÓPEZ
LUIS CARLOS RODRIGUEZ MONTENEGRO
GALO ALEJANDRO CASTRO FLÓREZ
ADRIAN ANTONIO RIASCOS SALCEDO
BYRON MILLER CORAL CRIOLLO
YEISON ANDRES ORTIZ GOMEZ**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2015**

ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS SÓLIDOS CON SUBPRODUCTOS DEL CULTIVO DE FRÌJOL (*Phaseolus vulgaris* L) Y LÍQUIDOS, EVALUACIÓN DE SU RESPUESTA EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L, EN EL MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO

**JUDY JOHANA ARÉVALO LÓPEZ
LUIS CARLOS RODRIGUEZ MONTENEGRO
GALO ALEJANDRO CASTRO FLÓREZ
ADRIAN ANTONIO RIASCOS SALCEDO
BYRON MILLER CORAL CRIOLLO
YEISON ANDRES ORTIZ GOMEZ**

Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para optar el título de Tecnólogos en Saneamiento Ambiental

**Asesora
ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA. I. Ag – Esp – M.Sc**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2015**

NOTA: Los conceptos, afirmaciones y opiniones contenidas en el presente trabajo son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, y no comprometen al Instituto Tecnológico del Putumayo. (Lineamiento CIECYT).

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Sibundoy Putumayo, 10 de Junio de 2015

DEDICATORIA

Mi agradecimiento se dirige a quien ha forjado mi camino y me ha dirigido en el sendero correcto. A Dios, por permitirme llegar a esta etapa tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis queridos padres, por su infinito amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y su ejemplo de perseverancia que me han infundido siempre, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi familia en general, en especial a mis hermanos por haberme brindado su apoyo incondicional moral y económico desde el inicio de este proceso.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a todos los docentes que contribuyeron en mi formación profesional en especial a nuestra asesora Msc. Adriana Guerra Acosta por su importante aporte y participación en el desarrollo de este trabajo, destacando su orientación, disponibilidad, paciencia y apoyo.

También agradezco a mis amigos y a todos los que fueron mis compañeros de clase, en especial a mis compañeros de tesis con ustedes he compartido las experiencias más grandes de mi vida, hemos vivido los buenos y malos momentos que solo se vienen en la universidad y que más que compañeros somos verdaderamente amigos.

Finalmente a todas aquellas personas que han y están marcado mi vida y que me han permitido ser parte de la suya, personas que de una u otra manera estuvieron a mi lado dándome ánimos de salir adelante, a todos ustedes GRACIAS...

Johana Arévalo López

DEDICATORIA

Por todo el esfuerzo que llevar a cabo un sueño implica, mi más sincero agradecimiento a Dios, por ayudarme a mí y a mi madre a cumplir una etapa más en mi vida, sin el nada es posible, Dios es amor.

Por todo el esfuerzo moral y económico durante todo este proceso le agradezco principalmente a mi madre Gloria Montenegro por ser mi punto de partida y mi apoyo incondicional por más difícil que sea la situación, gracias mamá.

Por hacer parte de mi formación educativa le agradezca a mi profesora Adriana Guerra por apoyarnos a seguir adelante, y sobre todo por apoyarnos a sacar adelante este proyecto y mirar en nosotros futuros profesionales.

También le agradezco a mi familia en especial a mis abuelos por darme una voz de ánimo cuando más lo necesitaba.

Como parte fundamental de este proceso también son mis compañeros que en algún punto de la vida fueron más que compañeros y se convirtieron en amigos.

Luis Carlos Rodríguez Montenegro

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por concederme el privilegio de la vida por siempre guiar mi camino a pesar de todas las pruebas y obstáculos que se presentan día a día para poder mejorar como persona gracias también por ayudarme a terminar esta fase de mi carrera con la fe y grandeza que me permitió seguir adelante.

Quiero agradecer infinitamente a mis padres ya que gracias a ellos he podido tener esta gran oportunidad de tener un triunfo más para mi vida y a su vez me han ayudado en todos los momentos tanto buenos como malos y me han inculcado siempre el seguir adelante para alcanzar las metas que me he propuesto día a día.

Es importante para mí agradecerles a mis hermanos y demás familiares por estar toda la vida conmigo en cada momento y en cada instante apoyándome para nunca rendirme y aconsejándome que es lo mejor para seguir adelante y realizar tus propios sueños.

En esta oportunidad es importante también agradecerle a la ing. Adriana Guerra Acosta por habernos colaborado como asesora en nuestro trabajo de grado gracias a ella por haber forjado en nosotros muchos conocimientos, valores y esfuerzos para poder alcanzar una meta más para nuestra vida, gracias por todo el tiempo brindado.

Gracias también a mis compañeros por todos los momentos especiales que hemos atravesado en cada instante y que a su vez nos han ayudado para seguir adelante en nuestros estudios a pesar de todos los momentos difíciles y gracias especialmente por esa amistad tan especial y sincera que nos han forjado como buenos amigos.

Yeison Ortiz Gómez

DEDICATORIA

En la culminación de esta etapa de mi formación universitaria, he contado con el apoyo de personas, quienes me han permitido en los momentos de consistencia y dificultad vivir una grandiosa experiencia profesional, a quienes doy mis sinceros agradecimientos.

Primero que todo agradezco a Dios, por la oportunidad de permitirme el haber culminado esta etapa tan importante de mi formación profesional y el haber conocido maravillosas personas.

Doy mis sinceros agradecimientos a mis padres, por enseñarme cada día a ser mejor ser humano, siendo un claro ejemplo de lucha y perseverancia, ya que sin su esfuerzo no hubiera sido posible todo esto, al dejarme una profunda lección de vida, convirtiéndose en la base fundamental para lograr esta meta, su apoyo y confianza fueron primordiales para lograr con humildad este objetivo.

Le agradezco a la Msc - Esp- Ing. Adriana Del Socorro Guerra Acosta, asesora de este proyecto de grado, por su incondicional apoyo y el haber ayudado alcanzar este pasó en mi formación profesional, sus conocimientos y amistad hicieron posible esto.

A todos los docentes del Instituto Tecnológico del Putumayo por compartir sus conocimientos, por su tiempo y por su pasión por la actividad docente, haciendo posible que mi formación se vea reflejado en el proyecto.

A mis amigos y compañeros, especialmente a los de mi proyecto, a quienes compartieron su confianza, tiempo y los mejores momentos especiales que hemos atravesado durante esta etapa universitaria, fortaleciendo más nuestra amistad.

Finalmente agradezco a mis hermanos y demás familiares, quienes por estar siempre presentes, han hecho parte de la culminación de esta etapa en vida profesional.

Adrian Antonio Riascos Salcedo

DEDICATORIA

En primera instancia le doy gracias a Dios por brindarme la oportunidad de tener otro triunfo personal y darme salud y entendimiento para lograr esta meta.

Les agradezco a mis padres Juan Noel Castro Quistanchala y Aura Ligia Flórez Moran por apoyarme incondicionalmente en este proceso de culminar mis estudios.

A mis hermanos Carlos Hernán, Oscar Fernando y Juan Gabriel que no se encuentra con migo pero que me cuida desde el cielo, que siempre me apoyaron en este camino.

A la Ingeniera Adriana Acosta por ser la guía en este proceso y por brindarnos todo su esfuerzo y dedicación.

A mis compañeros de trabajo por ser un gran apoyo durante toda esta investigación que gracias a ellos compartimos momentos inolvidables ya que conocimos la verdadera amistad.

A los docentes del ITP por brindarnos todos sus conocimientos y apoyarnos a seguir adelante.

Alejandro Castro Flórez

DEDICATORIA

Agradezco principalmente a Dios por darme la vida y la oportunidad de estar aquí, de una manera muy especial a mi querida madre que con su esfuerzo ha logrado salir adelante, a mi tutora que con paciencia y dedicación nos ayudado en este duro caminar, a mis compañeros porque a lo largo de este camino hemos podido superar todos los obstáculos y por ultimo agradecer a mis hermanos y sobrinas.

Miller Coral Criollo

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecemos a Dios por habernos dado la linda oportunidad de el milagro de la vida y poder así día a día realizar todos nuestros objetivos propuestos gracias a la ayuda y grandeza que nos brindas en todo momento para que hagamos las cosas de la mejor manera y siempre de una manera razonable para beneficio de nosotros y siempre ser mejores personas capaces de lograr todo lo propuesto siempre teniendo fe en ti guiándonos al mejor camino.

Gracias al Instituto Tecnológico del Putumayo por habernos dado la oportunidad de tener un lindo campo de estudio para poder tener la oportunidad y el compromiso de poder crearnos como buenos profesionales.

En esta oportunidad es muy importante para nosotros agradecerle infinitamente a nuestra querida asesora la magister Adriana Guerra gracias por todo el tiempo y la experiencia que nos ha brindado junto a nosotros colaborándonos e inspirando en cada uno de nosotros muchos conocimientos, esfuerzos para poder alcanzar esta meta que para todos nosotros es muy importante y de gran satisfacción para nuestro futuro gracias por todos esos consejos que nos han permitido ser mejores y servido de mucho para nuestra carrera.

Gracias también a todos nuestros profesores por todos sus conocimientos y su forma de enseñar que en algún momento no los dieron a conocer a cada uno de nosotros colaborándonos para ser mejores cada día y por todos esos consejos que nos han ayudado para poder salir adelante y nunca rendirnos a pesar de todos los obstáculos presentes.

Es importante agradecer a todas las personas que de alguna u otra manera nos han ayudado para poder salir adelante y poder lograr para nosotros este gran triunfo muchas gracias a todos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	24
1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	26
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
1.2 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	27
2. JUSTIFICACIÓN.....	28
3. OBJETIVOS.....	30
3.1 OBJETIVO GENERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
4. MARCO REFERENCIAL.....	31
4.1 MARCO CONTEXTUAL	31
4.1.1 Valle de Sibundoy.	31
4.1.2 Condiciones ambientales.....	32
4.1.3 Descripción del área de trabajo..	32
4.2 MARCO CONCEPTUAL	32
4.2.1 Abono orgánico.....	32
4.2.2 Actividad biológica..	32
4.2.3 Bioabonos.....	33
4.2.4 Buenas prácticas agropecuarias.....	33
4.2.5 Calidad de suelos..	33
4.2.6 Conservación de los organismos del suelo.....	33
4.2.7 Edafón.....	33
4.2.8 Fertilidad..	33
4.2.9 Impacto ambiental.....	33
4.2.10 Suelo.....	33
4.2.11 Microorganismos (Activadores).....	34
4.2.12 Materia orgánica..	34
4.2.13 Nutrientes.....	35
4.2.14 Organismos del suelo..	35

4.2.15 Residuos vegetales y animales.....	35
4.3 MARCO LEGAL	35
4.4 MARCO TEÓRICO	39
4.4.1 Importancia del recurso suelo.....	39
4.4.2 Eficiencia de abonos orgánicos en Colombia..	39
4.4.3 Abonos orgánicos y su eficiencia en el Putumayo..	39
4.4.4 Uso del suelo..	40
4.4.5 Propiedades de los Abonos Orgánicos y sus beneficios.	41
4.4.6 Tipos de abonos orgánicos.....	42
4.4.7 Contenido de materia orgánica.....	43
4.4.8 Curva termofílica para abonos orgánicos.....	44
4.4.9 Elaboración de abonos orgánicos.....	45
4.4.9.1 Compost de volteo.....	45
4.4.9.2 Abono orgánico tipo bocashi.....	48
4.4.9.3 Materiales para la elaboración de abonos orgánicos líquidos.....	48
4.4.9.4 Pantotenato.....	55
4.4.9.5 Caldo anaerobio.....	55
4.4.9.6 Caldo aerobio.....	56
5. METODOLOGÍA	57
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57
5.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	57
5.3 DISEÑO METODOLÓGICO.....	57
5.3.1 Encuesta.....	57
5.3.2 Elaboración de abonos	58
5.3.3 Evaluación de la respuesta de abonos orgánicos líquidos en un cultivo de lechuga.	60
5.3.4 Distribución y adecuación del terreno para la siembra de cada una de las hortalizas..	60
5.3.5 Distribución de tratamientos al azar.....	61
5.4 PARÁMETROS A EVALUAR.....	63
5.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	63
5.6 SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS	63

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
6.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA	64
6.2 ABONOS ORGÁNICOS.....	70
6.2.1 Elaboración de abonos orgánicos.....	70
6.2.1.1 Elaboración de compost de volteo y bocashi.....	70
6.2.1.2 Elaboración de abonos orgánicos líquidos.....	70
6.2.1.3 Análisis de curvas de temperatura para compost y bocashi.	73
6.2.1.4 Estimativos sobre producción de cascarilla..	76
6.2.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS SOLIDOS ..	78
6.2.4 Análisis fisicoquímico para Pantotenato (abono líquido).....	83
6.2.5 Análisis microbiológico abonos bocashi, compost y pantotenato.....	86
6.3 ANÁLISIS DE SUELO DEL SITIO DE SIEMBRA	87
6.3.2 Resultados estadísticos de la respuesta a la aplicación de abonos orgánicos en lechuga (Lactuca sativa)..	102
7. CONCLUSIONES	119
BIBLIOGRAFÍA.....	120
ANEXOS	129

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Variedad de frijol.	66
Cuadro 2. Materiales y cantidades para el compost de volteo.	70
Cuadro 3. Materiales y cantidades para la elaboración de bocashi.	71
Cuadro 4. Cantidad de abono solido obtenido después de la fermentación.	72
Cuadro 5. Materiales y cantidades para la elaboración de Pantotenato.	72
Cuadro 6. Materiales y cantidades para la elaboración de caldo anaerobio.	73
Cuadro 7. Materiales y cantidades para la elaboración de caldo aerobio.	74
Cuadro 8. Cantidades de cascarilla producida en el Valle de Sibundoy.	77
Cuadro 9. Cantidad de compost representada solo por la cascarilla de frijol.	77
Cuadro 10. Cantidad de bocashi representada solo por la cascarilla de frijol.	77
Cuadro 11. Análisis fisicoquímico para bocashi y volteo a partir de cáscara de frijol.	78
Cuadro 12. Análisis fisicoquímico para pantotenato.	83
Cuadro 13. Análisis microbiológico para compost, bocashi y pantotenato.	86
Cuadro 14. Resultados de los parámetros químicos de muestras de suelo obtenidos en la finca de propiedad del Instituto Tecnológico del Putumayo.	87
Cuadro 15. Estimativos de pH.	88
Cuadro 16. Estimativos de materia orgánica MO.	89
Cuadro 17. Estimativo para el P.	90
Cuadro 18. Estimativo para el CIC.	91
Cuadro 19. Estimativo para el Ca, Mg y K.	92
Cuadro 20. Apreciación en la relación de bases.	93
Cuadro 21. Estimativo para el Al de cambio.	96
Cuadro 22. Cantidad de Elementos menores según el análisis.	96
Cuadro 23. Estimativo para elementos menores: Fe, Mn, Cu, Zn y B.	97
Cuadro 24. Estimativo para el Nitrógeno total.	97
Cuadro 25. Estimativo para el Carbono Orgánico.	98
Cuadro 26. Estimativo para el azufre.	99
Cuadro 27. Resultado de análisis de las propiedades físicas.	99
Cuadro 28. Apreciación de la porosidad.	102

Cuadro 29. Resumen Estadístico para la altura (cm) de planta.....	103
Cuadro 30. Correlaciones entre los tratamientos para altura de planta.	105
Cuadro 31. Resumen Estadístico para el diámetro (cm) de la planta.	107
Cuadro 32. Correlaciones entre los tratamientos para diámetro de planta.	108
Cuadro 33. Resumen Estadístico para el diámetro (cm) de la raíz.	108
Cuadro 34. Correlaciones entre los tratamientos para diámetro de raíz.	110
Cuadro 35. Resumen Estadístico para la longitud (cm) de la raíz.	110
Cuadro 36. Correlaciones entre los tratamientos para longitud de raíz.	111
Cuadro 37. Resumen Estadístico para el peso (g) de la planta.	112
Cuadro 38. Correlaciones entre los tratamientos.	113
Cuadro 39. Resumen Estadístico para el peso (g) de la raíz.	113
Cuadro 40. Correlaciones entre los tratamientos.	114
Cuadro 41. Resumen Estadístico para la materia seca de la planta.	115
Cuadro 42. Correlaciones entre los tratamientos.	116
Cuadro 43. Resumen Estadístico para la materia seca de la raíz.	117
Cuadro 44. Correlaciones entre los tratamientos.	118

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del Instituto Tecnológico del Putumayo sede Sibundoy en el mapa de Sibundoy.....	31
Figura 2. Evolución de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje.....	44
Figura 3. Aplicación de encuesta a productor de Fríjol.....	58
Figura 4. Elaboración de abono orgánico solido compost de volteo.....	59
Figura 5. Elaboración de abono orgánico Bocashi.....	59
Figura 6. Plano para la distribución de tratamientos en el cultivo de lechuga.....	62
Figura 7. Compost de volteo.....	70
Figura 8. Bocashi Maduro.....	71
Figura 9. Recipiente con pantotenato.....	73
Figura 10. Recipiente con caldo anaeróbico.....	74
Figura 11. Caldo aeróbico.....	75
Figura 12. Curva termofilica de abono bocashi.....	75

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Número de hectáreas dedicadas al cultivo de frijol.	64
Gráfica 2. Número de años que se cultiva frijol en el municipio de Sibundoy.	65
Gráfica 3. Variedades de frijol que se siembra en el municipio de Sibundoy.	66
Gráfica 4. Número de toneladas que se obtiene a partir de una hectárea de frijol en el municipio de Sibundoy.	67
Gráfica 5. Cantidad de cascarilla (Kg) que se obtiene a partir de un bulto de frijol desganado.	68
Gráfica 6. Manejo y disposición de la cascarilla producida.	69
Gráfica 7. Promedio general de altura (cm) de planta.	104
Gráfica 8. Promedio general para el diámetro (cm) de la planta.	107
Gráfica 9. Promedio general del diámetro (cm) de la raíz.	109
Gráfica 10. Promedio general de la longitud (cm) de la raíz.	111
Gráfica 11. Promedio general para el peso (g) de la planta.	112
Gráfica 12. Promedio para el peso (g) de la raíz.	114
Gráfica 13. Promedio para la materia seca (g) de la planta.	116
Gráfica 14. Promedio para la materia seca (g) de la planta.	117

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta	130
Anexo B. Análisis de suelo de sitio de siembra	131
Anexo C. Estándares generales para interpretar análisis de suelos con fines agrícolas	132
Anexo D. Análisis fisicoquímico para compost	133
Anexo E. Análisis fisicoquímico para bocashi	134
Anexo F. Análisis fisicoquímico par pantotenato.....	135
Anexo G. Analises microbiologico para para compost.....	136
Anexo H. Análisis microbiologico para bocashi.....	137
Anexo I. Análises microbiologico para pantotenato	138
Anexo J. Lecturas tomadas de altura, diámetro, peso y materia seca de planta y raíz .	139

RESUMEN DEL PROYECTO

El uso de la materia orgánica como práctica de manejo de suelo cambiando las propiedades es una de las más importantes debido a que ella mejora propiedades físicas y por ende propiedades químicas, además uno de sus principales aportes son microorganismos benéficos al suelo tales como descomponedores y mineralizadores de la materia orgánica (Jaramillo 2003).

En la región denominada Valle de Sibundoy, la producción agrícola juega un papel preponderante en su economía, y el recurso suelo es la base fundamental para sustentar la productividad y la sostenibilidad del sector, dada que su dinámica económica gira entorno a la producción de frijol como uno de los cultivos de mayor área sembrada.

Como producto secundario de la cosecha de frijol queda la cascarilla, la que es incinerada en un alto porcentaje, perdiendo un potencial para la elaboración de abonos orgánicos; al ser quemada y no continuar con el ciclo de reingreso al suelo se van dando procesos de erosión del suelo y por ende la fertilidad baja por falta de los nutrientes aportados por la materia orgánica que en su mayoría se pierde por incineración.

Con el aprovechamiento de los residuos vegetales que se generan a partir del cultivo de frijol se busca generar alternativas de desarrollo sostenible mediante la elaboración de abonos orgánicos sólidos obtenidos a partir de la cascarilla de frijol, logrando la reincorporación de la materia orgánica al suelo y por ende se mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Mediante el desarrollo de este proyecto se elaboró con la cascarilla subproducto de cosecha de frijol dos tipos de abonos orgánicos sólidos un compost de volteo y el bocashi que permitirán el mejoramiento de aspectos como la calidad del suelo, sociales y ambientales de los sistemas de producción, una vez elaborados los abonos se realizó un análisis físico químico de cada uno, en el laboratorio de la Universidad de Nariño, en lo que corresponde a los abonos líquidos se elaboraron pantotenato, caldo aeróbico y caldo anaeróbico que se fabricaron con estiércoles de ganado y otros materiales de fácil consecución, estos permiten la activación de los abonos sólidos.

Para la evaluación de la respuesta de los abonos, se evaluó en lechuga (*Lactuca sativa* L), y se aplicó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos donde se evaluarán la respuesta de las lechugas (*Lactuca sativa*) sometida a análisis multivariado de correlaciones.

Las variables a evaluar fueron altura y peso de plantas, tamaño, diámetro y peso de raíz, producción y materia seca, para lo cual los resultados fueron que el T3 compuesto de 100 cc de pantotenato y 50 g de bocashi respondió mejor a los demás tratamiento con un promedio de crecimiento de 12.7 cm la cual supera a los tratamiento T0, T1 y T2 los cuales obtuvieron promedios de 11.9 cm, 12.3 cm y 12.6 cm respectivamente.

ABSTRACT

The use of organic matter and soil management practice by changing the properties is one of the most important because it improves physical properties and chemical properties thus also one of its main contributions are beneficial microorganisms to the soil such as decomposers and mineralizing organic matter (Jaramillo 2003).

In the region called Valley Sibundoy, agricultural production plays a major role in its economy, and soil resource is critical to sustain the productivity and sustainability of the sector basis, given that their economic dynamic revolves around the production of beans as one of the crops most planted area.

As a side product of the harvest of beans is the husk, which is burned in a high percentage, losing a potential for the production of organic fertilizers; to be burned and not continue the cycle of re-entry to the ground are giving soil erosion and therefore the low fertility because of lack of nutrients from organic matter is lost mostly by incineration.

With the use of vegetable waste generated from bean crop is to generate alternatives for sustainable development through the development of solid organic fertilizers obtained from the husk of beans, making the return of organic matter to the soil and thus improving the physical, chemical and biological soil properties.

By developing this project was developed with the husk byproduct bean harvest two types of solid manure compost dump and bocashi that will improve aspects such as soil quality, economic, social and environmentally systems production, once made chemical fertilizers physical analysis of each laboratory at the University of Nariño, as it pertains to the pantothenate liquid fertilizers were developed, aerobic and anaerobic broth soup is made with cattle manure will be held and other materials easily obtained, these allow activation of solid fertilizers.

For the evaluation of the response of fertilizers was evaluated on lettuce (*Lactuca sativa* L), and an experimental randomized block design was used with four treatments where the response of lettuce (*Lactuta sativa*) subjected to multivariate analysis will be evaluated correlations.

The variables assessed are height and weight of plants, size, diameter and weight of root and dry matter production, for which the results were that the T3 composed of 100 cc and 50 g pantothenate bocashi best responded to other treatment with an average growth rate of 12.7 cm which exceeds the treatment T0, T1 and T2 which averages obtained 11.9 cm, 12.3 cm and 12.6 cm

INTRODUCCIÓN

El suelo como cuerpo natural organizado, debe proporcionar a las raíces de las plantas las características físicas necesarias para su buen desarrollo y la suficiente disponibilidad de elementos nutritivos para que crezcan sin limitaciones, pero sufren cambios de acuerdo con las prácticas de uso y manejo a las que se hallan sometidas (Navas, 1994).

Es indispensable la conservación del recurso para mantener a largo plazo la sustentabilidad de los agros ecosistemas. El uso de los suelos y las prácticas de manejo marcan principalmente el grado y la dirección de los cambios en su calidad en tiempo y espacio (Quiroga y Funaro, 2004).

La materia orgánica (MO) es un indicador de la calidad del suelo, ya que incide directamente sobre propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno (Gregorich *et al.*, 1994). Numerosos estudios coinciden en que la MO, es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Quiroga y Funaro, 2004).

Según Jimenez (1993), durante muchos años, la fertilidad del suelo ha sido estrechamente asociada con rendimientos de la cosecha. Por esta razón, los métodos agrícolas se han concentrado en la labranza intensiva, altos niveles de mecanización y el suministro externo como medios para incrementar la fertilidad del suelo y los rendimientos de la cosecha.

El manejo sustentable de los recursos naturales debe basarse en el conocimiento de sus características y funcionalidad, cuyo conocimiento es importante a la hora de tomar decisiones para el uso más adecuado del mismo a nivel predial, y disponer de instrumentos eficaces de orientación del desarrollo del territorio, la regulación de la utilización, ocupación y transformación de su espacio físico, en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales (Heredia *et al.*, 2006).

Mantener y mejorar la calidad del suelo en sistemas de cultivo continuo es crítico para sostener la productividad agrícola y la calidad del medio ambiente para las futuras generaciones (Reeves, 1997).

La elaboración de abonos orgánicos ocupa un lugar muy importante en la agricultura, ya que contribuye al mejoramiento de las estructuras y fertilización del suelo a través de la incorporación de nutrimento y microorganismos, y también a la regulación del pH del suelo. Con la utilización de los abonos orgánicos los agricultores puede reducir el uso de insumos externos y aumentar la eficiencia de

los recursos de la comunidad, protegiendo al mismo tiempo la salud humana y el ambiente.

La materia orgánica es indispensable para mantener la fertilidad del suelo. De ahí que su incorporación en forma de abono es indispensable en sistemas de producción ecológica. Esta práctica, en conjunto con otras como: las obras de conservación de suelos, la adecuada rotación y asociación de plantas, la diversificación de cultivos en el tiempo y en el espacio, entre otras, nos aseguran el alcance de un equilibrio en el sistema y, por lo tanto, una producción continua, es decir, la posibilidad de sembrar todo el año y por muchos años (CEDECO, 2005).

Una estrategia para mejorar la calidad del suelo es la implementación de prácticas de conservación en sistemas productivos (PCS), como es el caso de la aplicación de materia orgánica. Según (Quintero M, 2003) la materia orgánica del suelo es uno de los factores más importantes para determinar la productividad del suelo en forma sostenida. Representa una estrategia básica para darle vida al suelo, porque sirve de alimento a todos los organismos que viven en él, particularmente a la microflora responsable de realizar una serie de procesos de gran importancia en la dinámica del suelo, en beneficio del crecimiento de las plantas y por lo tanto facilite el mejoramiento en los rendimientos de las cosechas. Una de las fuentes de materia orgánica es la elaboración de abonos orgánicos y fertilizantes líquidos que ayudan a optimar la calidad del suelo y evitar su degradación ya que mejoran algunas propiedades físicas como químicas, además de estimular el edafon del suelo.

En la investigación se desarrolló de aspectos básicos y técnicos sobre la materia orgánica, fuente enriquecedora del suelo y que puede ser adquirida en mayores proporciones ante la aplicación de abonos orgánicos. A través de diversas opciones tecnológicas como el abonamiento orgánico como compost de volteo, bocashi, y caldos de activación, se puede lograr un mejoramiento de la fertilidad del suelo con el aporte y aumento de vida micro y macro orgánica; se aborda la fertilización química en forma general, pues el énfasis del presente trabajo es el manejo más ecológico del suelo.

El proyecto incluyó la elaboración de abonos orgánicos sólidos y líquidos, teniendo como base de materia orgánica los restos de cosechas del frijol producido en el municipio de Sibundoy, esto con el fin de dar a conocer algunas formas del aprovechamiento de estos residuos, que al ser aprovechados pueden disminuir costos de producción en fertilización de cultivos, así mismo dará productos de muy buena calidad nutricional y de manera orgánica, y disminuir los impactos ambientales que se generan por la mala disposición de este tipo de residuos.

1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante el afán del hombre de mejorar su bienestar socio-económico, siempre se ha preocupado en su diario laboral por mantener sano el cultivo más no por el suelo, que es el recurso primordial que le sustenta los rendimientos de su producción y es un filtro ambiental.

La aplicación de la agricultura convencional (agricultura de alto costo energético) y el manejo antrópico inadecuado ha provocado la degradación de los recursos naturales incluido el suelo.

Dentro del modelo convencional y el manejo actual que se ha dado a los suelos, este recurso es considerado simplemente como un soporte inerte donde se puede desarrollar actividades sin ningún tipo de consideración ambiental.

Los suelos cumplen importantes funciones para la vida humana y su uso inadecuado, aparte de la degradación y/o destrucción del recurso, puede generar importantes y significativos impactos ambientales, a través de su impacto en la productividad agrícola y en el ambiente por lo cual la degradación da lugar a la inestabilidad económica, y social.

En nuestro municipio valle de Sibundoy los suelos son explotados en altos porcentaje ya que la economía se basa principalmente en la agricultura, extensiones de grandes monocultivos donde el uso excesivo de abonos químicos ha hecho que algunos suelos vayan perdiendo su fertilidad y productividad, y en consecuencia la erosión y degradación de ellos.

En el municipio de Sibundoy existe un problema con los sistemas de producción agrícola, el cual se basa en la quema de restos de cosechas, al realizar esta actividad se está afectando los ciclos de la materia orgánica al impedir su regreso al suelo, causando una problemática mayor con la degradación de dicho recurso por alteración en el ciclo de reciclaje o reingreso de la materia orgánica.

La pérdida del componente orgánico en los suelos por labranza o quema de los residuos de cosecha que no se reintegran genera la disminución de la fertilidad disminuyendo y deteriorando las condiciones naturales o propiedades del suelo como estabilidad estructural, retención de nutrientes, fertilidad, aumenta la infiltración de agua y por ende la erosión hídrica, haciendo cada vez más costoso y difícil la producción de cultivos.

Los suelos del municipio de Sibundoy poseen este problema ya que la materia orgánica que se debe reintegrar se pierde al momento de hacer la quema como método para deshacerse de los residuos de las cosechas.

En consecuencia se genera una pérdida potencial de materiales para la elaboración de abonos orgánicos que se pueden aplicar al suelo para la adecuación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos de esta región, por tal motivo esta investigación permitirá evaluar como los residuos de cosecha se pueden manejar ambientalmente para beneficio de este recurso en el municipio de Sibundoy.

1.2 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

¿La elaboración de abonos orgánicos con subproductos de la cosecha de frijol genera cambios a nivel ambiental que beneficia el mejoramiento de la calidad de los suelos del municipio de Sibundoy?

¿Qué beneficios en el recurso suelo se generan por la aplicación de abonos orgánicos líquidos?

2. JUSTIFICACIÓN

La materia orgánica es uno de los componentes más importantes en la estabilidad y la disminución de la erosión sobre todo para suelos con dedicación agrícola, por ello su aporte desde diversas fuentes es primordial para mantener procesos biológicos y del mismo ciclo de los nutrientes.

La importancia de la materia orgánica se fundamenta en mantener y mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas (Inforganic, 2004), sobre todo en suelos con dedicación agrícola como los que existen en el municipio de Sibundoy, con el aporte de materia orgánica se mejora y mantiene en buenas condiciones el suelo. Características físicas: La materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua. Existen numerosos estudios sobre la mejora de estas características tras el aporte de materia orgánica, aunque no queda bien claro qué estudio de la materia orgánica favorece qué proceso.

La materia orgánica viva de origen vegetal se caracteriza por una estructura celular abierta. Las partículas de cortezas o corcho o las fibras vegetales tienen células en su interior que contribuyen a aumentar la porosidad del suelo (porcentaje de poros), es decir, aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen total de suelo. Los espacios vacíos que se forman en la interface entre las partículas orgánicas y minerales pueden contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial.

Características químicas: La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles.

Características biológicas: La materia orgánica sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo.

Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos, factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno, etc.

Aun cuando la degradación de los suelos es un problema de causa principal, con la capacidad de producir significativos impactos en el bienestar de la humanidad y en el ambiente. Hecho que hace destacar la importancia de su conocimiento cuando se trata de llevar a cabo planes y programas, proyectos de aprovechamiento del suelo, la tierra, los recursos naturales asociados y el ambiente.

La investigación permitió afianzar los conocimientos en los campos de estudio referentes a los beneficios que brinda la utilización de los abonos orgánicos, realizando un análisis de comparación entre los diferentes tipos de abonos tanto sólidos como líquidos en un suelo testigo utilizando variables como longitud, diámetro y peso de raíces para evaluar los resultados que estos generan sobre los cultivos.

Ante la situación planteada, se justifica la elaboración de abonos orgánicos tanto sólidos como líquidos para hacer frente a la degradación y producción de los suelos.

El presente proyecto se justificó en el mal aprovechamiento de los restos de cosecha, por ello al implementar los sistemas de producción de abonos orgánicos se puede disminuir los procesos erosivos del suelo, así como también disminuir costos de producción al agricultor y mejorar la calidad de los suelos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar diferentes tipos de abonos orgánicos sólidos tomando como base los residuos de cosecha del cultivo de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris L*) y líquidos con diferentes materiales.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar abonos orgánicos sólidos como compost de volteo y bocashi con residuos de cosecha del cultivo de frijol.
- Elaborar abonos orgánicos líquidos como caldo aeróbico, anaeróbico y pantotenato
- Determinar el contenido nutricional y microbiológico de los abonos orgánicos sólidos y del que mejor respuesta presente al crecimiento de la lechuga.
- Evaluar su eficiencia en la producción en cultivos de hortalizas (*Lactuca sativa*), con la aplicación de los abonos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONTEXTUAL

Figura 1. Ubicación del Instituto Tecnológico del Putumayo sede Sibundoy en el mapa de Sibundoy.



Fuente: Google Maps.

4.1.1 Valle de Sibundoy. Cuenta con una gran área potencialmente aprovechable, para el año 2013 se sembraron 1200 hectáreas de frijol en sus diferentes variedades (Erazo, 2015). El Valle de Sibundoy se encuentra localizado al sur occidente de Colombia en las estribaciones de las montañas del Macizo Colombiano en el noroccidente del departamento del Putumayo a una altura de 2.100 m.s.n.m. con coordenadas geográficas en el centro del Valle de Sibundoy $1^{\circ} 10' N$, $777^{\circ} 27' W$, las laderas circundantes se elevan hasta los 3.500 m.s.n.m (POMCA, 2009)

El municipio de Sibundoy (Figura 1) se encuentra ubicado a una altura de 2100 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media registrada es de $16^{\circ}C$; en cuanto a la población cuenta 13 mil habitantes aproximadamente, de los cuales el 45% se encuentra ubicado en la rural y el 55% en la zona urbana (POMCA, 2009).

4.1.2 Condiciones ambientales. Dentro de las condiciones naturales del municipio de Sibundoy que más sobresalen son la temperatura que oscila entre los 14 y 17°C, el promedio mensual anual es de 15.98 °C, el mayor valor es 16.5 °C en los meses de noviembre a enero y el menor valor 10.4°C siendo las temperaturas más bajas en los meses de julio y agosto (Corponariño, Corpoamazonia, 2002), se presenta un acumulado de precipitación anual promedio de 1715 mm (Corponariño, Corpoamazonia, 2002), presentando un comportamiento unimodal biestacional, con una época de intensas lluvias que comienzan en el mes de abril hasta agosto y una época de baja pluviosidad en los meses de octubre a marzo. Las estaciones registran datos más altos de precipitación en los meses de mayo a julio y los datos promedios más bajos se presentan entre los meses de octubre a enero (Corpoamazonia, 2008). En el municipio de Sibundoy, presenta un promedio mensual multianual de humedad relativa de 81%, el mayor valor 89.9% en los meses abril, mayo y junio; y el menor valor se presenta en enero con 75.7%, entre los meses de agosto y febrero. (Corponariño, Corpoamazonia, 2002).

4.1.3 Descripción del área de trabajo. El área de estudio donde se realizó la evaluación de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) se encuentra en la vereda Versalles propiedad del Instituto Tecnológico del Putumayo, que se encuentra a 3 Km del casco urbano.

Según Erazo (2015) para el año 2013 existieron unas 600 hectáreas con cultivo de frijol de diferentes variedades, en el año 2014 hubo una caída en el precio del frijol lo que provoco perdida de este producto, como consecuencia muchos de los agricultores optaron por ya no sembrar frijol, actualmente año 2015 el número de agricultores que siembran frijol ha reducido demasiado. Para el año 2014 en el municipio de Sibundoy hay 245 agricultores dedicados a la siembra de frijol.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Abono orgánico. Según Calva, (1998) es un producto derivado del proceso de descomposición de materiales de desecho orgánicos, a partir de la acción de una mezcla de poblaciones de microorganismos, en un medio ambiente aeróbico, de calor y humedad. Está considerado como un mejorador orgánico de los suelos, que tiene un alto valor energético y nutritivo para las plantas. Los abonos orgánicos al ser aplicados al suelo mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas, resolviendo los problemas de la fertilidad de los suelos, además de aumentar la capacidad de resistencia a factores ambientales negativos.

4.2.2 Actividad biológica. La mayor actividad de los microorganismos se realiza desde la superficie del suelo hasta unos 20 centímetros de profundidad. Las colonias de microorganismos permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus (fracción coloidal) y a las raíces de las plantas que les suministran

sustancias orgánicas que les sirven de alimento y estimulan su reproducción. (Burbano y Silva, 2010).

4.2.3 Bioabonos. El bioabono es un fertilizante orgánico - mineral que contiene sales solubles con elementos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg S + menores); también puede tener microorganismos como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de nitrógeno y agentes bioquímicos fisiológicamente activos como enzimas, hormonas, ácidos húmicos y aminoácidos entre otros, que pueden acelerar la toma de los nutrientes por las plantas y/o absorberlos para ser metabolizados (Berovides, 1985).

4.2.4 Buenas prácticas agropecuarias. Son todas las prácticas aplicadas en la producción agropecuaria para evitar o reducir daños ambientales, procurarla adecuada productividad de las actividades agropecuarias y obtener productos inocuos para las personas que los consumen. Se aplican desde la finca hasta la planta de proceso, incluyendo las fases de preproducción, producción, cosecha, transporte, acopio, clasificación, lavado, empaque, almacenamiento y entrega en el centro de distribución al consumidor.

4.2.5 Calidad de suelos. La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos. La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter *et al.*, 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo.

4.2.6 Conservación de los organismos del suelo. Promover el equilibrio de los organismos beneficiosos del suelo es un elemento clave de su conservación. El suelo es un ecosistema que incluye desde los microorganismos, bacterias y virus, hasta las especies macroscópicas, como la lombriz de tierra.

4.2.7 Edafón. Comprende la totalidad de los microorganismos del suelo tanto la flora Y la fauna en su forma macro y micro. Contribuye a solubilizar y mineralizar las fuentes nutritivas. Así como a mejora la estructura del suelo (Pérez, 2000).

4.2.8 Fertilidad. La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Domínguez, 1997).

4.2.9 Impacto ambiental. Alteración, favorable o desfavorable, producida por los cambios generados por una determinada acción de un proyecto o actividad, la cual repercute en el medio ambiente o en alguno de sus componentes.

4.2.10 Suelo. El suelo es un componente que nunca debe faltar en la formulación de un abono orgánico fermentado. En algunos casos puede ocupar hasta la

tercera parte del volumen total del abono. Es el medio para iniciar el desarrollo de la actividad microbiológica del abono, también tiene la función de dar una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad.

Otra función de suelo es servir de esponja, por tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo a sus necesidades. El suelo, dependiendo de su origen, puede variar en el tamaño de partículas, composición química de nutrientes e inoculación de microorganismos.

Las partículas grandes del suelo como piedras, terrones y pedazos de palos deben ser eliminados. El suelo debe obtenerse a una profundidad no mayor de 30cm, en las orillas de las labranzas y calles internas (Restrepo, 1996).

El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo.

4.2.11 Microorganismos (Activadores). En los ecosistemas naturales existen una serie muy amplia de microorganismos naturales benéficos que son activadores del suelo y de los ecosistemas.

Estos se encargan de descomponer la materia orgánica del suelo y demás residuos que se depositan en él. Algunos fijan nitrógeno de la atmósfera, controlan a otros microorganismos dañinos, incrementan la disponibilidad de nutrientes para la planta a través del reciclaje de éstos, degradan algunas sustancias tóxicas, incluyendo pesticidas y producen antibióticos y otros componentes bioactivos, mejorando la agregación del suelo, entre otras funciones (Fundases, 2005).

Aprovechando todas estas características de los microorganismos benéficos, es que se ha potenciado su uso en la agricultura orgánica, lo que resulta ser fácil y barato.

Normalmente se les llama microorganismos eficaces (EM), haciendo referencia al sistema que utiliza una selección de microorganismos que habitan el suelo naturalmente fértil y que se usan como apoyo para la producción agropecuaria.

Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es amplificado, o sea, crece por su acción en comunidad. (Cedeco, 2005)

4.2.12 Materia orgánica. Mejora la textura del suelo, incrementa su capacidad de retención de humedad y porosidad, facilita la disponibilidad de líquidos y nutrientes para las plantas y reduce la incidencia de ciertas plagas y enfermedades como aquellas producidas por nematodos del suelo (Suquilanda, 1995).

4.2.13 Nutrientes. Son aquellos componentes de los alimentos que tienen una función energética, estructural o reguladora. En ellos encontramos distintos grupos: Hidratos de carbono (energéticos y estructurales). Lípidos (energéticos y estructurales). Proteínas (estructurales). Vitaminas y minerales (reguladora).

4.2.14 Organismos del suelo. La población microbiana del suelo es numerosa y diversa esta población tiene unas características muy especiales y realiza una diversidad de funciones que repercuten en las condiciones del suelo, circunstancias que ameritan su estudio (Burbano y Silva, 2010).

4.2.15 Residuos vegetales y animales. Hay diversas formas de procesar todo tipo de residuos de plantas y animales, (incluidos los desechos de cocina) para acelerar o potenciar su uso como abonos orgánicos, sólidos o líquidos. No aprovechar estos recursos es equivalente a desperdiciar una gran cantidad de dinero, que en las condiciones actuales de un agricultor pequeño o mediano es un error.

Estos son algunos ejemplos de materias primas:

- Todo tipo de desecho vegetal: hojas, ramas, flores, frutos, semillas, tusas, olotes, cáscaras y cascarillas.
- Cenizas de maderas blancas, de olotes y de bagazo entre otras.
- Estiércoles de cerdo, cabra, oveja, conejo, aves, vaca y caballo.
- Orines de ganado bovinos, de cabras y otros animales domésticos.
- Desechos animales como plumas, cascos, cuernos, huesos, cáscaras de huevo, entre otros.
- Melaza o jugo de caña. (Cedeco, 2005).

4.3 MARCO LEGAL

El propósito de la Ley es establecer un marco jurídico que permita preservar y conservar el suelo, protegiéndolo de las principales causas de degradación provenientes de las prácticas agrícolas y ganaderas que realiza el hombre.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991

CAPÍTULO 3: DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE

DECRETO 2811 DE 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

ARTICULO 3. De acuerdo con los objetivos enunciados, el presente Código regula:

3o. la tierra, el suelo y el subsuelo.

7o. Las pendientes topográficas con potencial energético.

8o. Los recursos geotérmicos.

9o. Los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental e insular de la República.

ARTICULO 178. Los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo a sus condiciones y factores constitutivos.

Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región.

ARTICULO 179. El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora.

En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.

ARTICULO 180. Es deber de todos los habitantes de la República colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

Las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligadas a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales.

Ley N° 15.239

Uso y conservación de los suelos y de las aguas.

ARTÍCULO 1: Declárese de Interés Nacional promover y regular el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios.

Es deber del Estado velar por prevenir y controlar la erosión y degradación de los suelos, las inundaciones y la sedimentación en cursos de agua y en los lagos y lagunas naturales y artificiales, así como detener y fijar las dunas.

LEY NÚMERO 99 DE 1993 (22 de diciembre)

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la Gestión y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.

ARTÍCULO 3. Establece el concepto de Desarrollo sostenible entendido como “El que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

La Constitución Política de Colombia con sus 380 artículos cuenta con más de 35 de ellos que de forma directa hablan del medio ambiente y los recursos naturales, los siguientes artículos de la Constitución, ofrecen una mayor ilustración:

ARTÍCULO 49. La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción y recuperación de la salud.

ARTÍCULO 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

ARTÍCULO 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

ARTÍCULO. 95. Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las Leyes. Son deberes de la persona y del ciudadano: Num.8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

ARTÍCULO 332. El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes

ARTÍCULO. 334. La dirección general de la economía estará a cargo del Estado, Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales en el uso del suelo, en la producción, distribución y utilización y consumo de los bienes y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.

ARTÍCULO. 366. El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, educación, de saneamiento y de agua potable.

4.4 MARCO TEÓRICO

4.4.1 Importancia del recurso suelo. Los procesos de alteración mecánica y meteorización química de las rocas, determinan la formación de un manto de alteración o elevación que, cuando por la acción de los mecanismos de transporte de laderas, es desplazado de su posición de origen, se denomina coluvión.

Constituye un conjunto complejo de elementos físicos, químicos y biológicos que compone el sustrato natural en el cual se desarrolla la vida en la superficie de los continentes. El suelo es el hábitat de una biota específica de microorganismos y pequeños animales que constituyen el edafón. El suelo es propio de las tierras emergidas, no existiendo apenas contrapartida equivalente en los ecosistemas acuáticos. Es importante subrayar que el suelo así entendido no se extiende sobre todos los terrenos, sino que en muchos espacios lo que se pisa es roca fresca, o una roca alterada sólo por meteorización, un regolito, que no merece el nombre de suelo.

Desde el punto de vista biológico, las características del suelo más importantes son su permeabilidad, relacionada con la porosidad, su estructura y su composición química. Los suelos retienen las sustancias minerales que las plantas necesitan para su nutrición y que se liberan por la degradación de los restos orgánicos. Un buen suelo es condición para la productividad agrícola (Moresi M. y Mongelli G., 1988).

4.4.2 Eficiencia de abonos orgánicos en Colombia. Según Álvarez (1979) en el estudio sobre el efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja* en el municipio de Providencia (Nariño), quienes utilizaron Lombricompost y Bocashi se encontró que el resultado en cuanto a crecimiento y producción por hectárea fue mayor en el cultivo al cual se le agrego Lombricompost para maximizar los procesos de fertilización.

Otros estudios que han aportado al conocimiento sobre la eficiencia de abonos orgánicos son los de Valencia y Morales (2006) quienes utilizaron diferentes tipos de abonos orgánicos como compost, bocashi, purin y gallinaza, para evaluar el rendimiento de Dominico-harton en el Quindío encontrando que este tipo de plantas responde mejor a la fertilización con compost, el cual por su alto contenido de nitrógeno favorece mejor el crecimiento en esta especie.

4.4.3 Abonos orgánicos y su eficiencia en el Putumayo. En 2007 Galicia, desarrollo el análisis comparativo en la aplicación de tres tipos de abonos orgánicos en tres variedades de Hortalizas, utilizando fertilizantes, compost, Lombricompost y abono mixto, cultivos de Remolacha, Zanahoria y Repollo, realizando análisis en los cuales encontraron que el abono más efectivo en el desarrollo de hortalizas es el Lombricompost por cuanto se observa mayor rendimiento en cuanto a kilogramos por hectárea.

4.4.4 Uso del suelo. La agricultura se localiza en su mayoría en la zona baja, se practica en pequeñas parcelas o solares suburbanos, donde se encuentran fundamentalmente cultivos limpios y semilunios, como cultivos de frijol y maíz. La ganadería es la principal actividad económica en la región influyendo para que el mayor uso del suelo sea el establecimiento de potreros. Las razas más predominantes son la Holstein y Normando las cuales son utilizadas en gran mayoría para la explotación lechera y en cantidades más bajas para la obtención de carne

En la actualidad existe una gran variedad de métodos, técnicas y prácticas (biodegradación aeróbica, biodigestión, lombricultura) dirigidas al manejo de desechos orgánicos que permiten su aprovechamiento como materia prima para la elaboración de abonos orgánicos contribuyendo a resolver problemas de contaminación ambiental.

El uso de estos subproductos orgánicos en la agricultura requiere del establecimiento de diversas alternativas tecnológicas, según las condiciones de cada país y/o región, para producir abonos de buena calidad al menor costo posible que coadyuven solos o combinados con los fertilizantes químicos en la nutrición vegetal, además de contribuir con la activación biológica y el mejoramiento paulatino de las propiedades físicas de los suelos (Jardín actual, Colombia, 2010).

Con esta práctica de fertilización se reciclan componentes nutricionales de estos desechos y se mejora la calidad física y biológica del suelo. El abono orgánico ofrece la ventaja de restablecer el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo; incrementa la cantidad y diversidad de la flora microbiana benéfica, permite la reproducción de lombrices de tierra al tiempo que libera los elementos químicos que las plantas necesitan. Se les considera como productos fertilizantes de lenta liberación cuya acción se prolonga en el tiempo (acción residual) que contribuyen a mejorar la calidad del medio ambiente y favorecer la producción sostenible de alimentos (Acuña, 2009).

Aunque el abono orgánico es uno de los fertilizantes más antiguos, desde hace algunos años ha tomado relevancia el uso de este producto como fertilizante para la producción agrícola, particularmente a partir de la década de 1980, mediante el establecimiento de sistemas de desarrollo integrado de nutrición de plantas en los que se promueve el empleo de fuentes orgánicas de nutrimentos, así como, el uso oportuno y estratégico de fertilizantes químicos sintéticos, lo que constituye un enfoque sustentable (ecológica, social y económicamente viable) y ambientalmente correcto de manejo de los sistemas agrícolas, ya que mientras los fertilizantes sintéticos facilitan el manejo efectivo, inmediato y económico de nutrimentos específicos, los materiales orgánicos no solo suplen nutrimentos, sino que también mejoran las propiedades físicas y biológicas del suelo incrementando la productividad de los sistemas agrícolas en el tiempo (Acuña, 2009).

El uso de ambos productos en forma complementaria permite superar algunas de las limitaciones que estos presentan cuando se usan como fuentes únicas; en tal sentido, el efecto residual en el tiempo de los abonos orgánicos es una de las características de particular relevancia para su inclusión en los sistemas de nutrición integrados de plantas.

La dinámica de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos, su acción residual y aporte en la nutrición de las plantas y propiedades del suelo, depende de un conjunto de variables como la naturaleza de los productos, características del suelo, las poblaciones de organismos y su actividad, y las características climáticas; el seguimiento de los mismos es complejo y difícil de caracterizar por su dinámica, diversidad e interrelaciones de los factores y procesos que intervienen. A pesar de ello, es referido claramente por diversos investigadores el efecto prolongado de los abonos orgánicos y su acción residual en el mediano y largo plazo sobre las características del suelo que definen su fertilidad (Acuña, 2009); esto implica necesariamente el establecimiento y seguimiento de ensayos durante largos períodos de tiempo. Sin embargo, el aporte de los abonos orgánicos en la nutrición de cultivos puede determinarse en ensayos bajo condiciones controladas.

En este trabajo de investigación se estableció como objetivo general la evaluación y comparación del efecto de dos abonos orgánicos mediante la determinación de su eficiencia empleando plántulas de *Lactuca sativa* (Lechuga) como planta indicadora.

4.4.5 Propiedades de los Abonos Orgánicos y sus beneficios. Los abonos orgánicos tienen unas propiedades, que ejercen unos determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

Físicas

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de éste.
- Disminuye la erosión del suelo, tanto eólica como hídrica.
- Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano.

Químicas

- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo (intercambio catiónico), y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.
- Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente.

4.4.6 Tipos de abonos orgánicos. El compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos.

Es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos debido a la actividad de alimentación de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos, etc.) en presencia de aire (oxígeno). El abono compostado es un producto estable. Este abono orgánico se construye con el estiércol de los animales de granja (aves, caballos, vacas, ovejas o cerdos), residuos de cosechas, desperdicios orgánicos domésticos y papel.

El proceso de compostaje tiene la particularidad que es un proceso que se da con elevadas temperaturas. La materia orgánica es utilizada como alimento por los microorganismos, y es en este proceso de alimentación que la temperatura de la pila se eleva, pudiendo alcanzar los 65 a 70 °C. Para que el proceso se desarrolle normalmente es imprescindible que haya humedad y oxígeno suficientes, ya que los microorganismos encargados de realizar la descomposición de los materiales orgánicos necesitan de estos elementos para vivir.

La elevada temperatura que adquiere la pila de compost es muy importante, ya que es una manera de eliminar muchos tipos de microorganismos que pueden perjudicar a las plantas que se cultiva y que se encontraban presentes en el material original.

Los microorganismos capaces de sobrevivir a temperaturas elevadas son en su mayoría desintegradores de materia orgánica, ya que se alimentan de ella; los microorganismos que perjudican las plantas no sobreviven con altas temperaturas y sí lo hacen si la temperatura es entre 15 y 25.

En el proceso de compostaje, luego que la temperatura desciende los microorganismos perjudiciales para las plantas que pudieran existir desaparecen. Así, se favorece el desarrollo de microorganismos que viven a temperaturas de 15 a 25 °C. pero no perjudican las plantas. De esta manera compiten con los organismos perjudiciales ocupando el lugar que podrían ocupar ellos.

Los abonos químicos convencionales, también han contribuido de manera silenciosa y constante a la destrucción de nuestro medio, los componentes químicos en ellos contenidos lejos de ser inofensivos, son extremadamente dañinos y destructores de un elemento totalmente vivo como es el suelo, es por ello que si optamos por cambiarnos definitivamente al uso de abonos orgánicos como el humus, se estará contribuyendo a revertir el calentamiento global. Es por ello que usted también debe decir NO a los abonos químicos convencionales y decir sí a los abonos y enmiendas orgánicas (cal, sal, roca fosfórica).

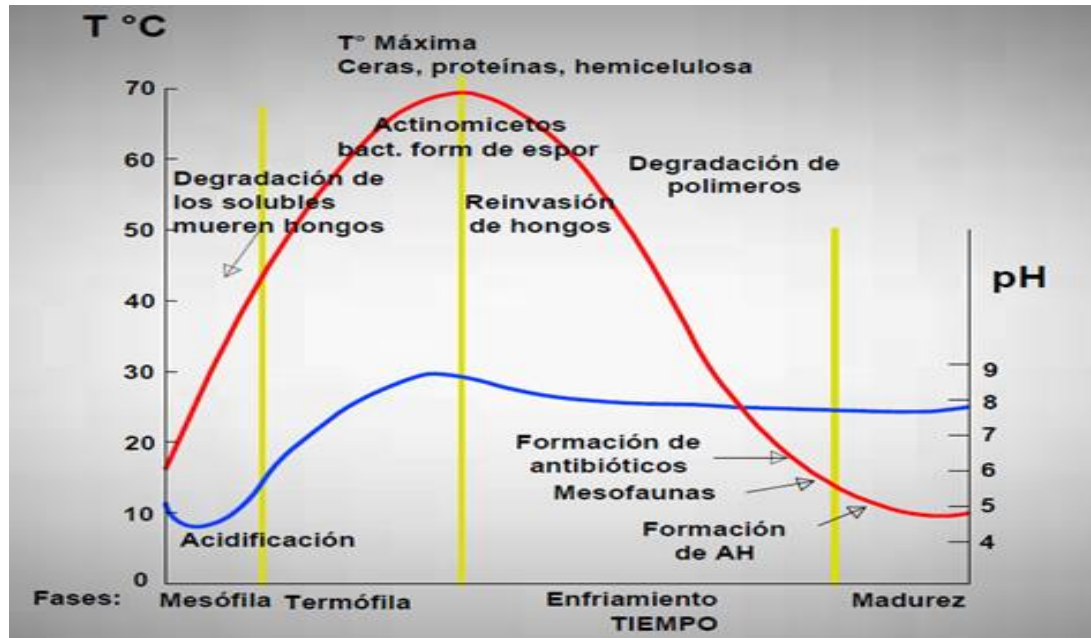
Se encuentra así mismo el abono orgánico de lombrices, el cual en la mayoría de los casos se utiliza la lombriz roja californiana, la cual es un híbrido de varias especies, es fácil de criar en cautiverio y se adapta a diferentes medios, también se puede utilizar la cubana roja. Las lombrices son uno de los organismos principales de la cadena de la descomposición de la materia orgánica y en la formación de humus estable en el suelo. Con la crianza permanente de las lombrices se produce abono orgánico de alta calidad.

4.4.7 Contenido de materia orgánica. La materia orgánica se refiere a todo el material de origen animal o vegetal que este descompuesto, parcialmente descompuesto y sin descomposición. Generalmente es sinónimo con el humus aunque este término es más usado cuando nos referimos a la materia orgánica bien descompuesta llamada sustancias húmicas. El contenido de materia orgánica de los horizontes minerales se puede estimar mediante el color del suelo seco y/o húmedo en el cuadro Munsell, tomando en cuenta su clase textural. Esta estimación se basa en la suposición de que el color del suelo (valor) es debido a la mezcla de sustancias orgánicas de color oscuro y minerales de color claro (Schlichting, *et al.* 1995).

Esta estimación no funciona muy bien en subsuelos fuertemente coloreados ya que tiende a sobrestimar el contenido de materia orgánica en suelos de regiones secas, y subestimar el contenido de materia orgánica en algunos suelos tropicales.

4.4.8 Curva termofilica para abonos orgánicos

Figura 2. Evolución de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje.



Fuente: Costa, 1991

Normalmente los abonos recién hechos, en sus primeros días presentan un incremento considerable de en un número y actividad de microorganismos. Su metabolismo produce calor e incremento de temperatura. Durante los primeros días la temperatura del abono alcanza hasta 80°C donde solo algunos microorganismos benéficos sobreviven. Luego la temperatura comienza a descender considerablemente donde garantiza la formación optima del abono

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro etapas, de acuerdo a los cambios de la temperatura:

FASE 1 MESOFILICA La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la descomposición, la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH (la acidez) (Infoagro, 2004).

FASE 2 TERMÓFILA Cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos, o sea aquellos que actúan a temperaturas altas transformando el nitrógeno en amoníaco y la acidez (pH) de la compostura sube. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias

esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas (Infoagro, 2004).

FASE 3: ENFRIAMIENTO Luego de la etapa anterior cuando la temperatura baja a menos de 60°C, reaparecen los microorganismos termófilos que reinvasan la compostera y descomponen la celulosa. Al bajar la temperatura a menos de 40°C los mismos organismos de la primera etapa reinician su actividad y la acidez (pH) del medio desciende ligeramente (Infoagro, 2004).

FASE 4: MADURACIÓN Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus (Infoagro, 2004).

En conclusión en el inicio del proceso, las temperaturas altas van a impedir la multiplicación de los microorganismos, por lo tanto los recuentos son más bajos; cuando la temperatura va disminuyendo las poblaciones incrementan su número. Por lo tanto, los valores de materia orgánica siempre deberán ser comprobados en el lugar ya que proveen sólo una gruesa estimación (Schlichting, *et al.* 1995.)

4.4.9 Elaboración de abonos orgánicos

4.4.9.1 Compost de volteo. Es un abono orgánico sólido, en términos generales el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. Como, la biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos. En una pila de material en compostaje, si bien se dan procesos de fermentación en determinadas etapas y bajo ciertas condiciones, lo deseable es que prevalezcan los metabolismos respiratorios de tipo aerobio, tratando de minimizar los procesos fermentativos y las respiraciones anaerobias, ya que los productos finales de este tipo de metabolismo no son adecuados para su aplicación agronómica y conducen a la pérdida de nutrientes.

Lo importante no es biodegradar, sino poder conducir esta biodegradación por rutas metabólicas, que nos permitan la obtención de un producto final lo más apropiado posible, en el menor tiempo posible. El éxito de un proceso de compostaje, dependerá entonces de aplicar los conocimientos de la microbiología, manejando la pila de compost como un medio de cultivo (OPS, 2009)

Los parámetros a tener en cuenta para la elaboración del compost de volteo según la Dirección General de apoyos para el Desarrollo Rural son:

Temperatura: La actividad microbiana produce un incremento en la temperatura atribuido a las oxidaciones biológicas exotérmicas; esta fase se llama termofílica y es donde ocurre la descomposición más rápida de la materia orgánica.

La temperatura óptima de la descomposición termofílica es de 50 a 60 °C considerando la producción de CO₂; en algunas ocasiones la temperatura por la actividad microbiana puede alcanzar hasta 70°C, situación no deseable, debido que a temperaturas de 64° C la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco es muy alta.

Durante los primeros días, la temperatura se eleva hasta 60° ó 70° C, posteriormente se estabiliza a 40° o 50° C; si la temperatura no aumenta, indica que hay un defecto en la aireación, baja relación C/N o un bajo nivel de humedad. Temperaturas elevadas, mayores de 65° C, prolongadas, pueden ocasionar la muerte de bacterias benéficas, lo que frena la fermentación y provoca pérdidas de nitrógeno.

Para sanear el material de la composta se requiere una temperatura de 60° a 65° C; durante 2 ó 3 semanas; sin embargo si el material presenta este rango de temperatura durante 5 ó 6 semanas; es señal de una anomalía en el proceso y pudiera ocurrir un retraso en la estabilización de la composta. Cuando existen deficiencias en el proceso de aireación y mezclas no equilibradas; generalmente hay una baja temperatura.

En la elaboración del compost de volteo se tomaron las temperaturas cada dos días obteniendo así la curva de temperaturas.

Humedad: La actividad biológica disminuye cuando el contenido de humedad es menor de 12%; si existe un exceso de humedad, hay descenso en la temperatura y producción de olores desagradables; cuando la circulación de oxígeno es limitada y los contenidos de humedad son del orden del 60%. La actividad microbiana disminuye; la humedad óptima se encuentra en el rango de 50 a 70%.

Una deficiencia de humedad en las pilas, provoca una sensible disminución de la actividad microbiana, lo que produce que la fermentación se detenga y descienda la temperatura; un exceso de humedad, dificulta la circulación de oxígeno y provoca fermentaciones anaerobias. El mayor nivel de humedad se requiere durante la fase inicial del proceso de descomposición.

Aireación: En el proceso de composteo, el oxígeno se requiere para el metabolismo aeróbico, ligado a la oxidación de moléculas orgánicas presentes en el material por descomponer. Por ello, generalmente se requiere incrementar la aireación por medio de volteos periódicos de las pilas; con estas acciones,

además de suministrarse oxígeno, se disipa el calor producido dentro de la pila. Para determinar algunos intervalos en días, óptimos para realizar los volteos se consideran factores como la temperatura y la humedad; así han surgido algunas recomendaciones como la de realizar el primer volteo a los 15 días y posteriormente cada 7; también se realiza cuando la temperatura es mayor a 60 °C o cuando hay exceso de humedad.

En este caso el primer volteo se lo hizo a los 7 días y seguidamente cada 2 días para acelerar el proceso.

Oxígeno: El consumo de oxígeno es directamente proporcional a la actividad microbiana; por ello existe una relación directamente proporcional entre el oxígeno consumido y la temperatura. La mayor cantidad de oxígeno se requiere durante la fase inicial de la descomposición, debido al crecimiento de la población microbiana, el incremento en la temperatura y la gran actividad bioquímica; durante la fase de estabilización, la demanda de oxígeno decrece.

Los materiales para la elaboración del compost son (Ramírez, 2000):

- **Estiércol de animales, ya sea de ganado, caballo, porcinos, cuy o pollos:** aporta nitrógeno, aporta microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica y principal fuente de nitrógeno.
- **Residuos de cosechas,** residuos de cosecha de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris*)
- **Tierra virgen:** libre de contaminantes, aporta microorganismos y mantiene el equilibrio con la materia vegetal.
- **Mantillo de bosque:** Aporta agentes descomponedores de materia orgánica.
- **Cal:** Regula el pH y añade calcio.
- **Ceniza:** Aporta potasio.
- **Melaza:** Aporta energía a los microorganismos, acelera el proceso de descomposición.
- **Cerveza o levadura**
- **Plástico:** Para regular la temperatura e impedir que el compost se lave por precipitación
- **Bioabono:** Es un biofertilizante líquido obtenido por el trabajo de microorganismos de diferente tipo (levadura y microorganismos presentes en el estiércol de ganado) y cuya acción sobre el suelo estimula la nutrición de muchos organismos y aporta nutrientes útiles para ellos. Para cumplir esta función debe estar libre de tóxicos y materiales artificiales que promuevan funcionamiento no natural en el ecosistema.

Con los materiales listos el proceso a seguir según Ramirez (2000) es:

1. Se adecua el área donde se ubicara la compostera, se entierran dos palos de 10 cm de diámetro en el centro del área que luego al quitarlos servirán como respiradero para el compost.

2. La primera capa a colocar corresponde a los residuos vegetales, en este caso residuos de cosecha de frijol. Esta capa debe tener una altura de 20 cm.
3. Se añade una capa de tierra y mantillo de bosque la cual debe tener una altura de cinco centímetros.
4. Luego se aplica una capa de estiércol de 5 cm de grosor.
5. Se añade una capa de ceniza y cal; y se repite el proceso hasta obtener una altura máxima de 1.2 metros.
6. Se retira los dos palos del centro y se cubre con el plástico.

El primer volteo de la pila se debe realizar a las 7 días de iniciado el proceso de elaboración del compost, en este periodo de tiempo se puede añadir algún fertilizante de tipo líquido para acelerar el proceso de descomposición.

De la tercera semana en adelante los volteos se realizan cada ocho días preferiblemente cada 2 para que la descomposición sea pareja, esto se realiza aproximadamente por tres meses hasta obtener un suelo negro, lo que indica que el compost está listo. Se hace riegos periódicos para mantener una buena humedad, se tiene un buen punto de humedad aplicando la prueba del puño.

La velocidad de descomposición depende del material vegetal usado y de la curva termofílica que suceda dentro del compost, esta puede llegar máximo a 60 °C, en caso de superar esta temperatura es necesario un volteo para disminuir temperatura.

Como parte de la investigación se realizara un seguimiento de temperatura que el compost posea durante la etapa de preparación, esta será tomada en días intercalados.

4.4.9.2 Abono orgánico tipo bocashi. El abono orgánico fermentado tipo Bocashi es un producto sólido, La elaboración de los abonos orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de semi-descomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, quimioorganotróficos, que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra. (Restrepo J. 1996).

Las ventajas que presenta el proceso de elaboración del abono orgánico fermentado son:

- a) No se forman gases tóxicos ni surgen malos olores debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de la fermentación, evitándose cualquier inicio de putrefacción.
- b) Se autorregulan "agentes patogénicos" en la tierra, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros.
- c) Se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos.
- d) Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica.
- e) El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fito hormonas y fitorreguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados.

Para la elaboración del abono orgánico tipo Bocashi es necesario los siguientes materiales (Restrepo, 1996):

- **Residuos de cosechas**, residuos de cosecha de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris*). En el caso del frijol, el aumento en la MO del suelo favorece el desarrollo de Rhizobium, requerido para el mejoramiento de la fijación de N. Cuando se inoculan semillas de frijol con Rhizobium, pueden economizarse hasta 100 kg de sulfato de amonio/ha. Cuando se utiliza abono o residuos no fermentados, debe utilizarse fertilizante nitrogenado para asegurar su disponibilidad a la planta de frijol. El uso de cascara de frijol a abonos orgánicos aumenta la cantidad de materia orgánica y debido al efecto residual el uso de abonos tanto orgánicos como químicos baja a medida del número de cosechas (Oliveira, *et al.* 1999)
- **Estiércol de ganado**: aporta nitrógeno y microorganismos descomponedores. Es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos.
- **Tierra virgen**: aporta microorganismos y mantiene el equilibrio entre material vegetal y tierra. Entre otros aportes, tiene la función de darle una mayor

homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y, consecuentemente, lograr una buena fermentación.

- **Carbón vegetal molido:** para aumentar la temperatura dentro de la pila, también añade potasio, mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía).
- **Cal:** Contribuye con el calcio y otros nutrientes según sea su origen, pero la función más importante es la de regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de fermentación de los abonos (Ramirez, 2000).
- **Mantillo de bosque:** añade agentes descomponedores como hongos y bacterias descomponedores de materia orgánica, constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Es el arranque o la semilla de la fermentación.
- **Cisco de arroz o afrecho:** Es uno de los ingredientes que favorecen, en alto grado, la fermentación de los abonos, la cual se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en la pulidura o en el afrecho de arroz, también llamado de salvado en muchos países.
- **Melaza:** proporciona energía a los microorganismos e impulsa el proceso de fermentación.
- **Agua:** Tiene la finalidad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos.
- **Bioabono:** Es un biofertilizante líquido obtenido por el trabajo de microorganismos de diferente tipo (levadura y microorganismos presentes en el estiércol de ganado) y cuya acción sobre el suelo estimula la nutrición de muchos organismos y aporta nutrientes útiles para ellos. Para cumplir esta función debe estar libre de tóxicos y materiales artificiales que promuevan funcionamiento no natural en el ecosistema.

El proceso para la elaboración del Bocashi es el siguiente (CENTA):

1. Se mezcla el cisco de arroz con el estiércol, la tierra virgen, y el mantillo de bosque hasta lograr una mezcla homogénea.
2. Se añade el carbón vegetal molido y se vuelve a mezclar.
3. Se añade la levadura mezclada con la melaza diluida.

4. Se organiza en una pila con forma piramidal y se abre orificios para la respiración.
5. Por último se procede a tapar con cónstales para regular temperatura.

Como parte de la investigación se realizara un seguimiento de temperatura que el compost posea durante la etapa de preparación, esta será tomada en días intercalado.

Los parámetros a tener en cuenta son:

Hay que tener el bocashi bajo techo durante todo su proceso, También es importante entender el efecto de parámetros como la temperatura, la humedad, el pH, o la relación carbono-nitrógeno, entre otros. Aquí se destacan dos cosas. La primera, que los procesos microbianos que tienen lugar en el bocashi son de carácter aeróbico, es decir, requieren de la presencia de oxígeno, que se debe tener en cuenta y cuidar, para ello toca airear (voltear) el producto periódicamente y asegurarnos de que el tamaño de las partículas que lo componen no sea demasiado pequeño, así como de que no haya un exceso de humedad, que sacaría el aire de la mezcla. La segunda es que las bacterias que se quiere fomentar en este preparado tienen una actividad muy baja por debajo de los 20 °C, y en el otro extremo, mueren a temperaturas por encima de unos 75 °C. Para controlar la temperatura se utiliza también el volteo, realizado cada vez que la temperatura alcance los 60-65 °C, aproximadamente (Blog disidente, 2014).

Temperatura: Cuando la temperatura sube arriba de 60°C se debe realizar el volteo porque si no pierde la calidad biológica, este volteo debe hacerse cada 48 horas (Centa).

A continuación esta la curva de temperaturas que dio como resultado de las temperaturas tomadas cada dos días durante el tiempo de preparación, donde se ve un máximo de 57 °C y cuando se estabilizo ya al final con una temperatura mínima de 25 °C

La humedad. Determina las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación cuando está fabricando el abono. Tanto la falta como el exceso de humedad son perjudiciales para la obtención final de un abono de calidad. La humedad óptima, para lograr la mayor eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50 y 60 % del peso (Restrepo, 1996).

La aireación. Es la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, necesaria para la fermentación aeróbica del abono. Se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno. Si en caso de exceso de humedad los micro poros presentan un estado anaeróbico, se perjudica la aeración y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad (Restrepo, 1996).

El tamaño de las partículas de los ingredientes. La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. Cuando la mezcla tiene demasiado partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal (Restrepo, 1996).

El pH. El pH necesario para la elaboración del abono es de un 6 a 7.5. Los valores extremos perjudican la actividad microbiológica en la descomposición de los materiales, para control de acidez se añade cal (Restrepo, 1996).

Relación carbono-nitrógeno. La relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación (Restrepo, 1996).

4.4.9.3 Materiales para la elaboración de abonos orgánicos líquidos. Para la elaboración de abonos orgánicos líquidos (pantotenato, caldo anaerobio y caldo aerobio) se requieren los siguientes materiales, a continuación se describe el material y que aporte tiene:

Agua: Es la base para que el insumo sea líquido, Propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos (Restrepo, 1996).

Melaza o miel de purga: Su función es alimentar los microorganismos que están presentes en las sustancias, con el fin de favorecer su multiplicación y su actividad microbiológica, además de aportar algunos nutrientes como potasio, calcio, magnesio y micronutrientes como boro. La melaza es el subproducto de la industria azucarera del cual se ha abstraído el máximo de sacarosa. Este producto tiene la capacidad de fermentar rápidamente y es muy utilizado en procesos de ensilado como preservante (FAO, 2002). Su principal función es aportar la energía necesaria para que los microorganismos puedan desempeñar adecuadamente procesos de fermentación y descomposición de materia orgánica (Restrepo, 2002).

Leche cruda: En este caso fortifica y ayuda a multiplicar los microorganismos de la sustancia y también aporta algunos nutrientes importantes para la planta y el suelo. En lo posible se debe utilizar leche de conocida procedencia y nunca leche en bolsa, porque ha perdido algunas propiedades naturales. Los lactobacillus presentes en la leche cruda son bacterias que traen muchos beneficios. Ayudan a descomponer la materia orgánica en el suelo. Esto les permite a las plantas

absorber los nutrimentos, como el calcio, el fósforo y el potasio, que se encuentran en esa materia. Además, se usan para prevenir enfermedades causadas por hongos, como por ejemplo el Fusarium en los semilleros de tomate, y la Rhizoctonia o Mal del Talluelo (Quiros, 2004).

Estiércol: Son fuente principal de nitrógeno en la fabricación de abonos compostados, pero también mejoran fertilidad del suelo aportando algunos nutrientes como fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. En algunas regiones del mundo, el estiércol bovino se ha utilizado como una alternativa para complementar la fertilización a base de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, este material posee una cantidad de nutrientes relativamente baja, si se compara con los fertilizantes comerciales (Breeuswsma et al, 1998). Por otro lado, el contenido nutricional puede variar de acuerdo a la alimentación del ganado. Otra desventaja es que la disponibilidad de los nutrientes presentes en el estiércol, a excepción del nitrógeno, el fósforo y el potasio, no ha sido bien documentada (Brady y Weil, 1999).

Para efectos de preparación de abonos líquidos foliares, el estiércol bovino resulta un excelente sustrato para el crecimiento de los microorganismos, debido a que estos hacen que las excretas sufran procesos de degradación biológica (Day y Funk, 1998). Durante este proceso, los microorganismos llevan a cabo una serie de reacciones metabólicas que permiten la degradación de sustancias orgánicas complejas como los carbohidratos, proteínas y grasas. Bajo condiciones anaeróbicas algunos microorganismos, entre ellos las bacterias, desdoblan estas sustancias complejas a ácidos orgánicos simples, alcoholes y metano, dependiendo el tipo de proceso anaeróbico al que el sustrato esté sometido (Day y Funk, 1998). Sin embargo, la capacidad de las plantas de absorber moléculas enteras provenientes de los abonos es limitada, ya que la absorción de nutrientes sucede principalmente en forma de cationes y aniones en solución acuosa (García y García, 1982).

Mantillo de bosque: Este material aporta nutrientes importantes y microorganismos que ayudan a la transformación del material orgánico. Añade agentes descomponedores como hongos y bacterias descomponedores de materia orgánica, constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Es el arranque o la semilla de la fermentación (Restrepo, 1996).

Cal: Contribuye con el calcio y otros nutrientes según sea su origen, pero la función más importante es la de regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de fermentación de los abonos (Ramirez, 2000).

Ceniza: Aporta potasio, pero además sirve para retener la humedad de los compostajes, dado que lleva carboncillos pequeños que cumplen esa función. El abono devuelve a los suelos la materia orgánica en una forma utilizable. El uso de

ceniza de madera ayuda a mantener una condición neutra en el suelo, ayudando a los microorganismos a descomponer la materia orgánica. El crecimiento de la planta se mejora mediante la estimulación de microorganismos favorables y por los nutrientes agregados por la ceniza de madera, que son esenciales para el suelo. Estas cenizas deben ser rociadas en cada capa de abono a medida que la pila se acumula (Billie Abbott, Dowling)

Urea: Aporta principalmente nitrógeno asimilable para las plantas. En lo que respecta al consumo de nitrógeno traducido a fertilizantes nitrogenados, el principal aporte lo realiza la urea, con cerca del 80% del total de N consumido. El resto es aportado por el Fosfato Diamónico (8%), Sulfato de Amonio (6%), Nitrato de Amonio (4%) y un 2% en otras fuentes (Perdomo, *et al*, 2010).

NPK (10-30-10): Brinda a mayor proporción los elementos mayores o básicos para las plantas de una manera inorgánica.

Agrimins: Aporta elementos menores como P, Ca, Mg, S, B, Cu, Mo y Zn. . La utilización de fertilizantes en forma de sales inorgánicas para la producción de abonos líquidos fermentados, tiene como objetivo principal proveer a las plantas de una cantidad de micro y macro nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. Es importante mencionar que no todas las sales recomendadas para la fabricación de los abonos líquidos fermentados son solubles en agua, por lo que se cuestiona el aporte de las mismas, desde el punto nutricional. Ocasionalmente se afirma que las sales inorgánicas activan y mejoran fermentación (Restrepo, 2002). Por otro lado, no se encuentran documentos que describan el efecto que la fermentación del abonos líquidos fermentados pueda tener sobre la disponibilidad, solubilidad y aprovechamiento de los nutrientes, adicionados a la mezcla en forma de sales (Galindo, Jerónimo, 2005).

Ortiga: Se usan plantas medicinales para el control de patógenos durante la fermentación y en la aplicación al cultivo ayuda a controlar la presencia de enfermedades y plagas. En la actualidad son muchos los agricultores que están aplicando con buenos resultados purines o hidrolatos a partir de plantas medicinales, estiércoles y otros productos con buenos resultados los cuales se han comprobado que se usan en la producción agropecuaria desde hace muchos años (Ramirez, 2000).

Carbón: Aporta potasio y ayuda con la fermentación

Levadura: (*Saccharomyces cerevisiae*) Las levaduras son microorganismos aerobios facultativos, capaces de sobrevivir a rangos de pH bajos. En general, las levaduras se cultivan en sustratos que contengan melazas y residuos vegetales para obtener los productos finales de la fermentación alcohólica (Madigan et al, 1998). Las levaduras intervienen en el proceso de fermentación alcohólica, por lo que son capaces de soportar altas concentraciones de alcohol en comparación

con otros microorganismos. Debido a lo anterior, son utilizadas para la conservación y producción de alimentos (Carrillo, 2002). Por otro lado, se tiene conocimiento de que extractos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), han sido utilizados por la industria para la fabricación de productos biológicos, tales como fertilizantes y bactericidas (EPA, 2004), aunque no se ha encontrado información que documente la producción de este tipo de compuestos a partir de la fabricación de los abonos líquidos fermentados.

4.4.9.4 Pantotenato. Según Fenalce (2013) actualmente se trabaja con un caldo en base a levadura de cerveza o panificación para la obtención de pantotenato de calcio (vitamina B5), nucleótidos, componentes estructurales de pared celular, para promover una estimulación fisiológica que mejora los procesos de equilibrio hormonal y de defensa a factores adversos, incluidos los patógenos. La adición de carbón vegetal molido influye positivamente en la actividad fotosintetizante, como en el equilibrio de cargas electromagnéticas. Se recomiendan aplicaciones periódicas durante el cultivo, haciendo aspersiones a la planta y remojes en la base. La preparación se hace de la siguiente manera.

- a. **Crecimiento de levaduras:** En una caneca o tarro plástico de 20 litros de capacidad se colocan ortiga o alfalfa picada, melaza dispersa en agua, de leche cruda, de urea y levadura, agregando aguas hasta las tres cuartas partes para revolver y cerrar herméticamente, accionando el sistema de salida y recepción de burbujas en una botella de aguas conectada a la caneca por medio de una manguera la cual es colocada dentro de la caneca pero sin que toque la superficie del líquido para que no se impida la salida de los gases.
- b. **Adición de cal y estiércol de ganado:** Un mes después, una vez que disminuye significativamente la emisión de burbujas, se destapa el tanque para agregar cal dolomita y estiércol fresco de ganado, para revolver y cerrar de manera hermética. Ocurre nuevamente producción de burbujas, lo que se detecta en la botella con agua.
- c. **Enriquecimiento y adición de carbón:** Al reducirse la emisión de burbujas, se destapa el tanque para agregar de NPK y de agrimins para añadir elementos menores, agregando aguas hasta cerca del borde, revolviendo sin cerrar para favorecer reacciones de ionización y oxidación.

Por último, según el procedimiento es para la elaboración de 20 litros de pantotenato, la cantidad de cada material se duplico para la elaboración de 40 litros de este líquido.

4.4.9.5 Caldo anaerobio. Los preparados líquidos conteniendo las materias primas se mantienen en recipientes herméticamente cerrados para tener un ambiente sin oxígeno, con intervención de bacterias anaerobias facultativas y anaerobias obligadas, dando como resultado la proliferación de poblaciones

microbiales que trabajan en el suelo, bajo condiciones de muy escasa aireación. El aporte de nutrientes quelatados, moléculas orgánicas de bajo peso molecular y sustancias de naturaleza hormonal, contribuye a mejorar las condiciones químicas para la fertilidad natural de los suelos, proporcionando un mejoramiento evidente en el crecimiento y producción de las plantas, además de los mecanismos naturales de la defensa de estas frente a factores bióticos y abióticos desfavorables (Fenalce, 2013).

Procedimiento: Según Fenalce (2013) en una caneca plástica de capacidad de 20 litros se adiciona el estiércol, la ortiga picada, la melaza y la leche cruda, adicionando aguas hasta las tres cuartas partes de la capacidad del tanque revolviendo vigorosamente, para cerrar de manera hermética. En un orificio de la tapa se incrusta una manguera plástica transparente de un octavo a un cuarto de pulgada y de 1.5 metros de longitud, cuidando que el extremo que va en el interior del tanque no quede en contacto con el líquido. Para evitar entradas de aire, ante la manque y el orificio se sella con silicona o una pasta impermeabilizante. El extremo externo de la manguera se introduce en una botella plástica de dos litros llena de agua, la cual se coloca amarrada a un soporte frente a la caneca. Con el tiempo se notara que por la manguera salen gases que burbujan en la botella con agua. Cuando el producto está maduro, ya no se observa desprendimiento de burbujas. Entonces se destapa el recipiente, para agregar las fuentes fertilizantes y se acaba de llenar con agua, haciendo revolturas frecuentes y se tapa no herméticamente.

4.4.9.6 Caldo aerobio. Se obtienen en presencia de oxígeno libre y son resultado de la acción de microorganismos aerobios, psicrófilicos y anaerobios facultativos dando como resultado un medio rico en nutrientes, de rápida asimilación por las plantas además de contener una microbiota compleja de los grupos descomponedores, mineralizadores y oxidadores, como también responsables de equilibrios biológicos (Fenalce, 2013), el procedimiento a seguir es:

Se utiliza una caneca o tarro plástico con capacidad de 20 litros cumpliendo una primera etapa con la adición de la melaza dispersa en agua, la leche cruda, el estiércol fresco de ganado, el mantillo, cal dolomita y la ceniza, más agua corriente hasta cubrir las tres cuartas partes del recipiente y revolviendo continuamente; para tapar de manera no hermética. A los cinco días se agrega la urea, con revoltura vigorosa y tapando no herméticamente. Después de tres días el NPK y Agrimins, revolviendo de nuevo, para llenar completamente el recipiente con agua y tapa de manera no hermética.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio en la elaboración de abonos orgánicos líquidos y sólidos y la evaluación de la respuesta en el cultivo de lechuga, se realizó con un tipo de investigación experimental, que permitió evidenciar: la calidad de abonos sólidos como el compost y el bocashi que se obtendrán a partir de la cascarilla de frijol, subproducto que se obtiene después de la cosecha, además se elaboró 3 tipos de abonos líquidos, caldo anaeróbico, caldo aeróbico y pantotenato que una vez realizados se evidencio la eficacia de los abonos en cada tratamiento en el crecimiento en el cultivo de lechuga.

La finalidad fue experimentar en campo diferentes tratamientos, para evaluar el crecimiento de la planta y así determinar que tratamiento responde mejor fisiológicamente (altura de plantas, crecimiento de raíces).

5.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Localización de la zona de estudio. El trabajo de campo se realizó en la finca Versailles del Instituto Tecnológico del Putumayo, área de estudio situada a una altura de 2100 m.s.n.m. en las coordenadas, N 01°12'00.0" y W 76°56'44.9" localizada en la vereda Versailles del municipio de Sibundoy departamento del Putumayo.

Para determinar la fertilidad del suelo en la zona de evaluación se tomó como base el análisis de laboratorio de suelos realizado en la universidad de Nariño el cual se interpretó y se analizó según los parámetros establecidos por Castro y Gómez (2010).

5.3 DISEÑO METODOLÓGICO

5.3.1 Encuesta. Se recolecto información primaria a partir de la aplicación de una encuesta (Anexo A) (Figura 3) a una muestra de 50 productores de frijol del municipio de Sibundoy, con el objetivo de obtener información sobre el manejo del cultivo y el subproducto cascarilla obtenido del desgranado. Se analizó la información recolectada con promedios.

Figura 3. Aplicación de encuesta a productor de Frijol.



5.3.2 Elaboración de abonos

➤ **Elaboraciones de abono orgánico solido compost de volteo.** Para la elaboración de este de abono (Figura 4) se tuvo en cuenta el proceso descrito en el marco teórico, el cual se realizó en un tiempo aproximado de tres meses realizando el primer volteo primer volteo a los 15 días y luego cada ocho días esto con el objetivo de aumentar el proceso de descomposición del material vegetal y la mezcla de todos los componentes hasta obtener un abono listo para usar, del cual se envió una muestra al laboratorio para análisis fisicoquímico y microbiológico.

Además se determinó la curva termofílica tomando las temperaturas cada dos días para determinar el comportamiento de este parámetro al transcurrir del tiempo, que permitió determinar los cambios térmicos que se presentan en las diferentes fases del proceso.

Figura 4. Elaboración de abono orgánico solido compost de volteo.



- **Elaboración de abono orgánico Bocashi:** Para la elaboración del bocashi (Figura 5) se tuvo en cuenta el proceso descrito anteriormente

Figura 5. Elaboración de abono orgánico Bocashi.



El primer volteo se le hizo a los 8 días y luego cada dos días, se le tomo datos de temperatura para graficarlos y observar el comportamiento con el transcurrir del tiempo.

- **Elaboración de Pantotenato:** Para la elaboración del pantotenato se tuvo en cuenta el proceso y parámetro descrito en el punto 4.4.9.4.

Este líquido se dejó fermentar durante tres meses para que esté listo.

- **Elaboración de abono líquido caldo anaerobio:** Su fermentación duro tres meses. Y su proceso se encuentra descrito en el punto 4.4.9.5.
- **Elaboración de abono líquido aeróbico:** Para la elaboración de este abono líquido se tuvo en cuenta el proceso y parámetro descrito en el punto 4.4.9.6.

La ceniza y la urea fueron adicionadas a los 3 y 5 días respectivamente, además se dejó durante un tiempo de dos meses para que madure.

Una vez finalizado la elaboración de los abonos líquidos y sólidos se enviaron las muestras al laboratorio y se procedió a la interpretación respectiva de cada uno de ellos.

5.3.3 Evaluación de la respuesta de abonos orgánicos líquidos en un cultivo de lechuga. La evaluación de este parámetro permitió determinar la respuesta de las plantas a la aplicación de abonos sólidos y líquidos que permitan la organización, recolección y sistematización de la información, para realizar un análisis sobre la respuesta del cultivo en cuanto a crecimiento, con los distintos tratamientos.

La investigación evaluó el efecto de la respuesta de la aplicación de caldo aeróbico, anaeróbico y pantotenato en mezcla de una abono solidos tipo bocashi con un diseño de bloques irrestrictamente al azar con las siguientes características.

Se estableció 4 bloques con cuatro tratamientos

Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

- TO: Testigo sin ninguna aplicación
- T1: 100 cc de caldo aeróbico + 50 g de Bocashi
- T2: 100 cc de caldo anaeróbico + 50 g de Bocashi
- T3: 100 cc de pantotenato + 50 g de Bocashi

5.3.4 Distribución y adecuación del terreno para la siembra de cada una de las hortalizas. En la investigación se incluyó cuatro bloques (I,II,III.IV) en los cuales se ubican los tratamientos con cuatro repeticiones con cuatro parcelas por bloque.

El área de muestreo fue de 36 m² donde se distribuyeron 4 bloques y en cada uno se ubicaron cuatro parcelas, las medidas de las eras son de 1m por 1m con una separación entre eras de 0,5 m para evitar el efecto de borde en los diferentes

tratamientos, los bloques tienen unas medidas de 1m de ancho por 6m de largo para un área de 6 m².

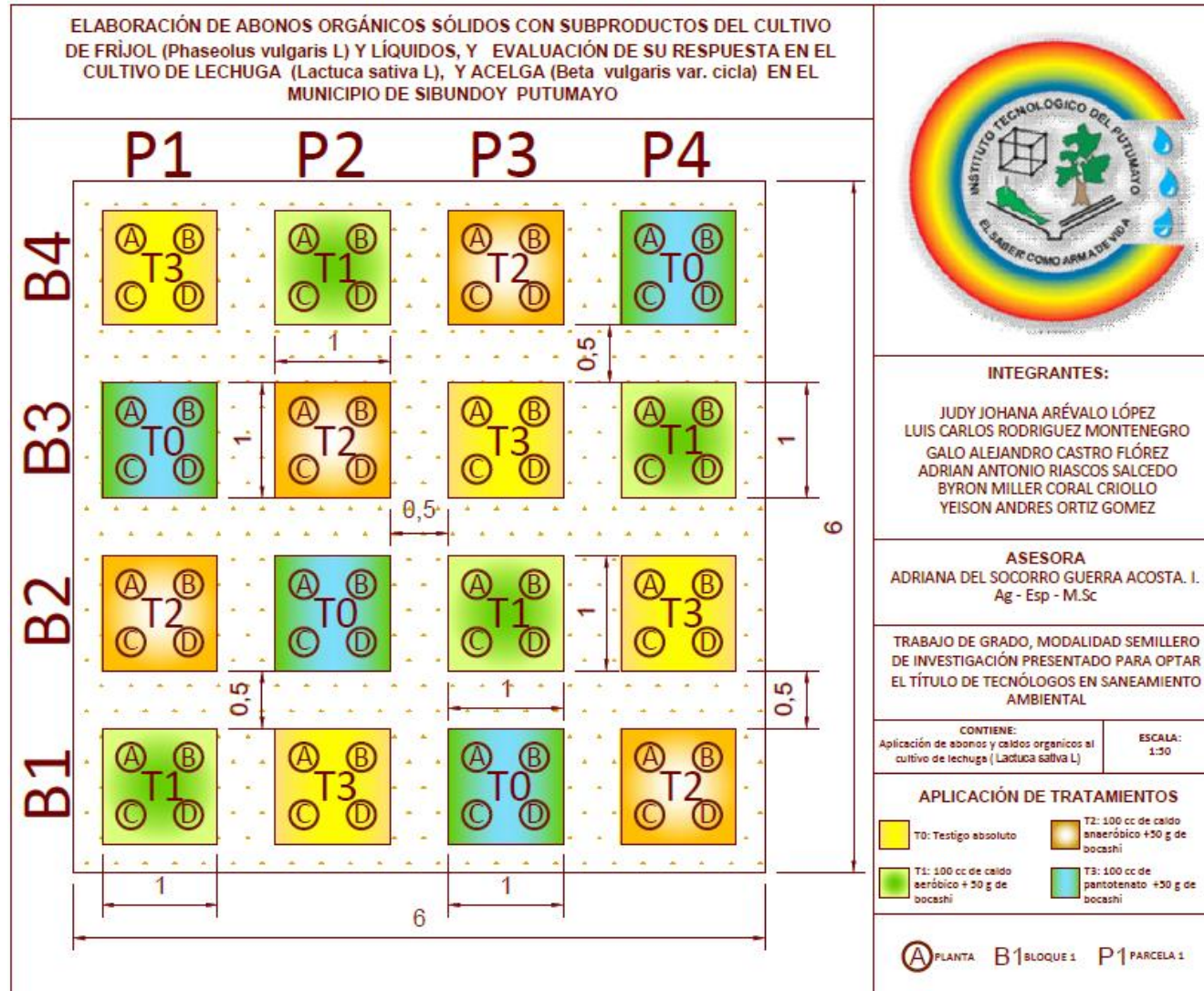
Los bloques están separados entre sí por calles de 0.5m con el objeto de evitar el efecto de borde y facilitar en cada una de las etapas de manejo y el mantenimiento de los cultivos (aplicación de abonos, desyerbas, cosechas, mediciones).

La densidad de siembra fue de 4 plantas por tratamiento, 16 plantas por bloque para una densidad total de 64 plantas en total.

5.3.5 Distribución de tratamientos al azar. Se sorteó la ubicación de los diferentes tratamientos en los cuatro bloques evaluados como se observa en la Figura 6.

Esta distribución tuvo por objeto disminuir la probabilidad de error en cuanto a la respuesta de las plantas a cada uno de los tratamientos evaluados.

Figura 6. Plano para la distribución de tratamientos en el cultivo de lechuga.



5.4 PARÁMETROS A EVALUAR

- Altura y diámetro se tomó los datos cada 8 días, midiendo desde la base del tallo hasta la parte final de las hojas.
- Diámetro y largo de raíz al momento de la cosecha, se corta la raíz desde la base de la planta y se mide con regla.
- Peso de la planta y de la raíz en el momento de cosecha, una vez cosechada y separada la raíz de la planta se pesa y se toma el dato.
- Peso de materia seca, una vez realizada la última medición y peso de las plantas en los diferentes tratamientos se procedió a determinar la materia seca de cada una de los tratamientos tanto de la raíz como de la planta, deshidratándolas en el horno a una temperatura de 105 °C durante 72 horas aproximadamente, hasta obtener datos constantes.
- Análisis fisicoquímico y microbiológico de los abonos (Bocashi, compost de volteo, y pantotenato), se envían muestras al laboratorio de bromatología y abonos orgánicos de la universidad de Nariño para su análisis.

5.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información recolectada de la respuesta de los abonos orgánicos en las hortalizas se evaluó estadísticamente por un análisis de varianza (Andeva) con el programa Statgraphics Centurion Version XVI.1.

5.6 SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se dieron a conocer a los estudiantes de ingeniería ambiental sede Sibundoy y a los productores asociados a la cooperativa de productores de fríjol del Putumayo (Cofrimayo) y a las cuatro asociaciones en los municipios del valle de Sibundoy

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

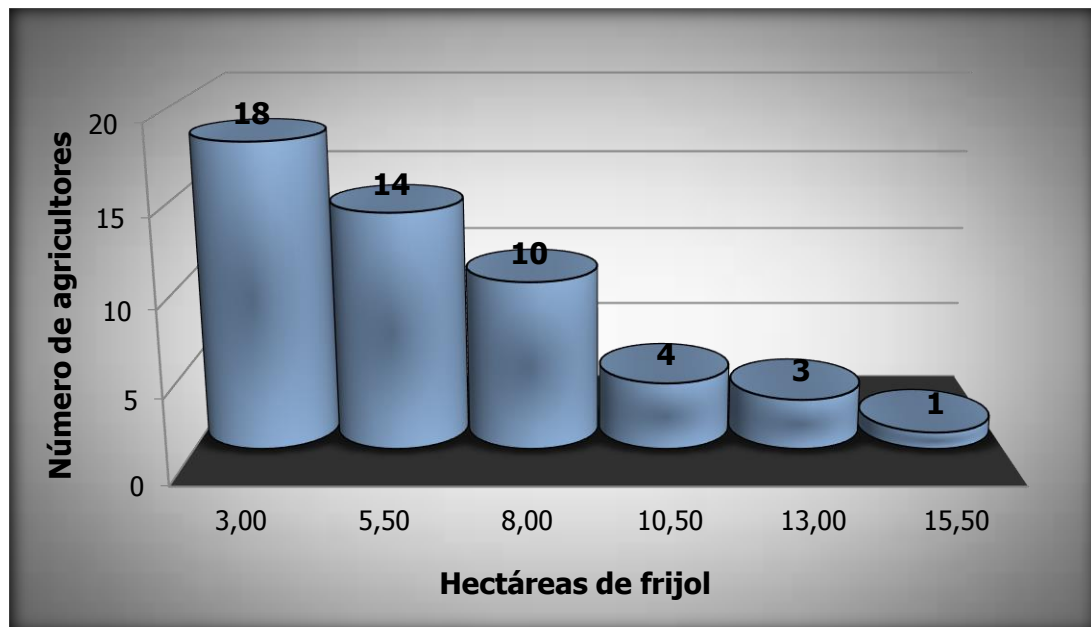
El presente capítulo se divide en tres partes: el primero de ellos reúne la información discutida de la encuesta que se realizó a 50 productores de frijol del municipio de Sibundoy, el segundo se hace una discusión de los resultados obtenidos en los abonos orgánicos y se interpreta los resultados de laboratorio y en el tercero se hacen un análisis estadístico con los resultados obtenidos del crecimiento de las plantas de lechuga.

6.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

Una vez realizada la encuesta en campo cuyo fin fue la recopilación de información primaria sobre el manejo del cultivo de frijol enfocado especialmente al subproducto cascarilla (Anexo A), se procedió a analizar los resultados por medio de histogramas, obteniendo el siguiente resultado.

- Resultados y análisis de la encuesta

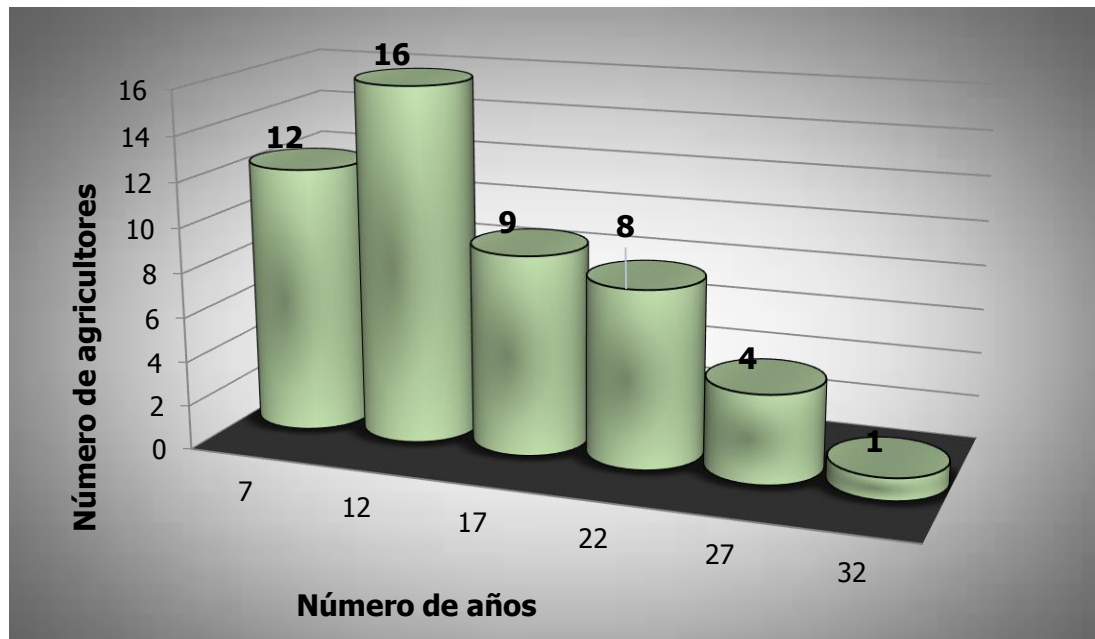
Gráfica 1. Número de hectáreas dedicadas al cultivo de frijol.



El cultivo de frijol en el país pertenece a la denominada economía campesina, de tipo minifundio, con un área promedia de siembra de una hectárea, en un 70% son tierras propias y la otra parte corresponde a lotes en arriendo o en participación (Fenalce, 2010), esto con acuerdo con la Gráfica 1 se obtiene que 0.5 a 3 hectáreas (Ha) son cosechadas por la mayor parte de la muestra que corresponde a 18 productores con un 36%, entre 3 y 5.5 Ha, 14 productores con un 28%, de 5.5 a

8 Ha 10 con un 20%, de 8 a 10.5 Ha lo dedican 4 productores con un 8%, entre 10.5 y 13 Ha 3 productores que representan un 6%, por lo anterior se puede afirmar que la mayor parte de los productores se encuentran en minifundios que van de 1 a 3 hectáreas. En el Valle de Sibundoy se sembraron 1200 ha dedicadas al cultivo de frijol para el año 2014, 600 hectáreas para el año 2014 y se estima 800 hectáreas para el año 2015(Erazo, 2015) la cual se divide y predominan los minifundios ya que el promedio de tenencia de tierras es de 1.08 a 3.4 hectáreas (Corpoamazonia, 2009).

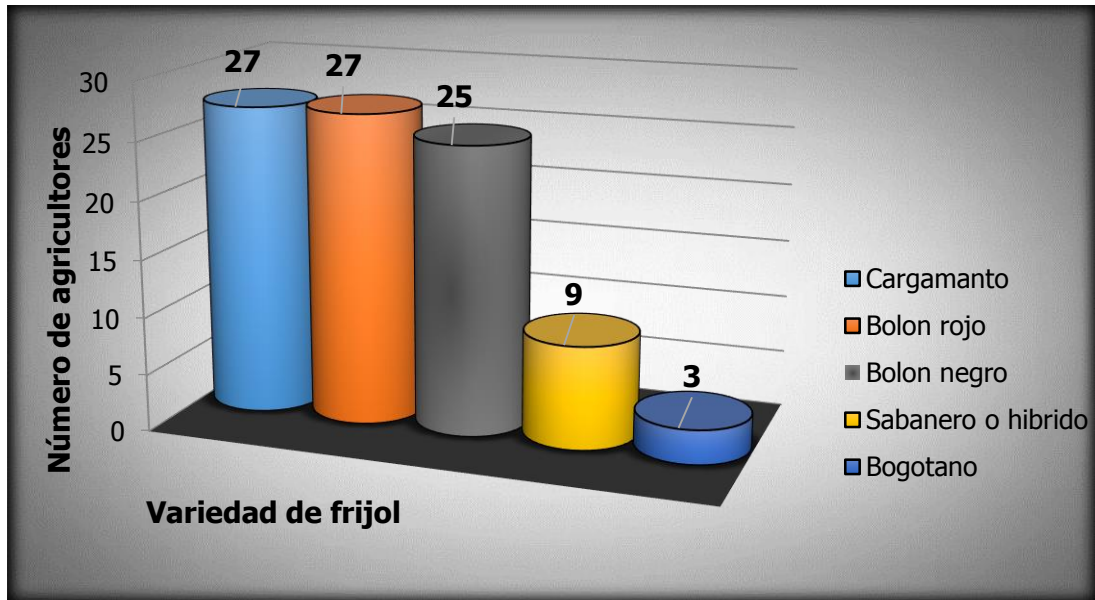
Gráfica 2. Número de años que se cultiva frijol en el municipio de Sibundoy.



La producción de frijol según la Gráfica 2, 12 productores llevan a cabo esta actividad desde hace 7 años, 16 productores la practican entre hace 7 y 12 años, 9 productores entre hace 12 y 17 años, 8 productores desde hace 17 y 22 años, 4 productores desde entre 22 y 27 años y 1 productor lleva a cabo esta actividad hace 32 años.

El cultivo del frijol representa parte importante en la economía de los campesinos del municipio de Sibundoy ya que el desarrollo económico de la región en los últimos años se ha basado en la explotación agrícola destacándose especialmente a la producción de frijol como primer renglón, seguido por la explotación de ganado de leche, y frutas y hortalizas, como una zona con altos niveles de producción, actualmente los pobladores de esta localidad basan su economía en la agricultura intensiva (Guerra, 2008), esta afirmación se puede corroborar con el aumento de productores dedicados a la agricultura del frijol, debido a que hace alrededor de 20 a 26 años empezó la producción de frijol

Gráfica 3. Variedades de frijol que se siembra en el municipio de Sibundoy.



Cuadro 1. Variedad de frijol.

ESPECIE	CANTIDAD	PORCENTAJE
Cargamento	27	30%
Bolón rojo	27	30%
Bolón negro	25	27%
Sabanero o híbrido	9	10%
Bogotano	3	3%
TOTAL	91	100%

La producción de frijol en el municipio de Sibundoy las variedades cultivadas (Gráfica 3) (Cuadro 1) más comunes son: balín, bolón rojo, cargamento, híbrido, con un rendimiento promedio de 2.5 ton/ha (Guerra, 2014) y para el año 2013 se sembraron 1200 hectáreas, para el 2014 600 hectáreas y para el 2015 se estiman unas 800 hectáreas.

El cultivo se siembra en un alto porcentaje en rotación con maíz, donde en los meses de enero y febrero se siembra el maíz y cuando está en estado lechoso se siembra el frijol voluble, para que la caña del maíz le sirva de tutor

Gráfica 4. Número de toneladas que se obtiene a partir de una hectárea de frijol en el municipio de Sibundoy.

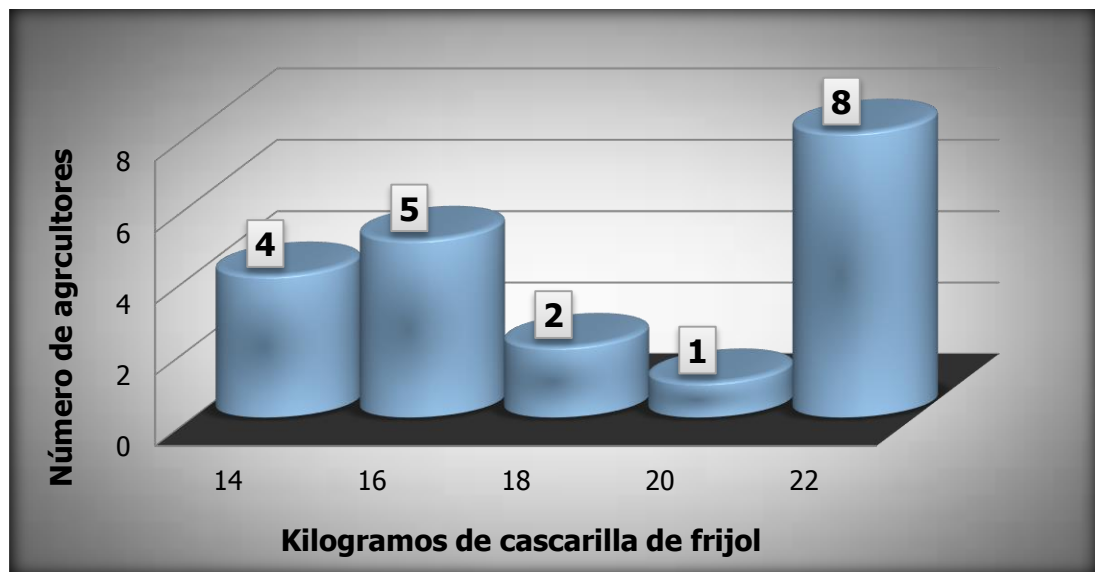


El municipio de Sibundoy el promedio de producción que esta entre 35- 40 bultos los cuales oscilan entre 2.5 ton/hec (Erazo, 2015), aunque el promedio de producción según la Gráfica 4 es de 2.9 ton/hec.

La Gráfica 4 muestra que 1 productor obtiene de 2.0 a 2.4 ton/hec, 10 productores obtienen de 2.4 a 2.8 ton/hec, 36 productores obtienen entre 2.8 y 3.2 ton/hec, 2 productores obtienen de 3.2 a 3.6 ton/hec y finalmente 1 productor obtiene entre 4.4 y 4.8 ton/hec.

De lo anterior se puede concluir que la mayoría de agricultores del municipio de Sibundoy obtienen una producción que está entre los 2,8 y 3,2 toneladas por hectárea; la producción por hectárea también depende de diversos factores como el clima, época del año, tipo de abonamiento y sobre todo de la variedad de frijól que se siembra.

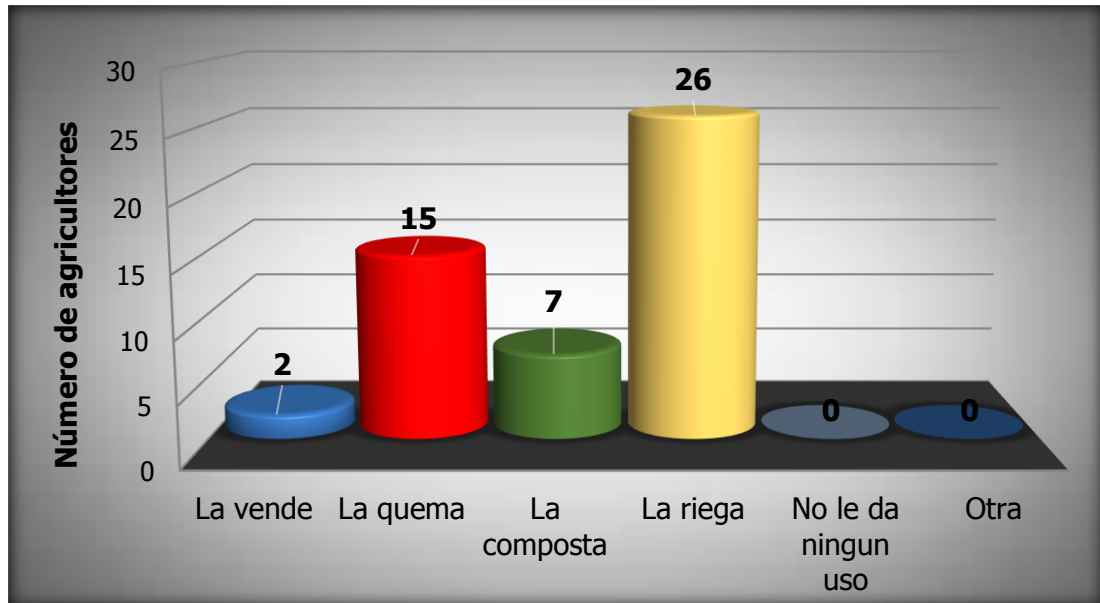
Gráfica 5. Cantidad de cascarilla (Kg) que se obtiene a partir de un bulto de frijol desgranado.



Los resultados de la Gráfica 5, muestran que cuando trillan el frijol, 8 productores obtienen entre 20 y 22 Kg de cascarilla por bulto desgranado de 63 Kg, 1 productor obtiene de 18 a 20 Kg de cascarilla por bulto desgranado, 2 productores obtienen entre 16 y 18 Kg de cascarilla por bulto desgranado, 5 productores obtienen entre 14 y 16 Kg de cascarilla por bulto desgranado y 4 productores obtienen entre 12 y 14 Kg de cascarilla de frijol por bulto desgranando.

El promedio obtenido fue 16.96 Kg de cascara de frijol por bulto de frijol desgranado, para comprobar la cantidad real que se produce en cascarilla se pesó la cascarilla producida durante una trilla de frijol y obtuvo que por bulto se producen 16.7 Kg lo que es un resultado muy similar al promedio de la gráfica.

Gráfica 6. Manejo y disposición de la cascarilla producida.



La Gráfica 6, muestra que 26 productores que representan un 52% optan por regar la cascarilla en el suelo, 15 productores que representan el 30% la queman la cascarilla, 7 productores que representan un 14% compostan la cascarilla, 2 productores que representan un 4% la venden.

Al respecto Erazo (2015), el 50% de los productores de frijol del municipio de Sibundoy prefieren quemar la cascarilla y el otro 50% simplemente la riega sobre los cultivos, no hay una aprovechamiento de ella a manera de abono orgánico, según la Gráfica 6, el 30% de los productores queman la cascarilla, por tal razón conviene propender labores culturales dirigidas a un plan de manejo del suelo que incluya el componente orgánico, en especial usando los residuos de cosecha como la cascarilla de frijol que se obtiene del proceso de trilla, que en las fincas resulta abundante y en la actualidad en un alto porcentaje se quema, perdiendo un potencial orgánico con el cual se puede generar procesos de elaboración de abonos como prácticas de conservación que permitan mejorar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, junto con programas de fertilización planificadas técnicamente que suplan los contenidos de nutrientes extraídos por los cultivos de frijol voluble relevo maíz a través del tiempo (Jaramillo, 2003).

6.2 ABONOS ORGÁNICOS

6.2.1 Elaboración de abonos orgánicos

6.2.1.1 Elaboración de compost de volteo y bocashi. Para la elaboración del compost (Cuadro 2) (Figura 7) y del bocashi (Cuadro 3) (Figura 8) se usaron las siguientes cantidades.

Cuadro 2. Materiales y cantidades para el compost de volteo.

MATERIALES	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (kg)
Cascarilla de fríjol	75,5
estiércol de ganado	179
Mantillo de bosque	24
Ceniza	9
Cal	4
Suelo virgen	22
TOTAL	313,5

Figura 7. Compost de volteo.



Cuadro 3. Materiales y cantidades para la elaboración de bocashi

MATERIALES	
DESCRIPCION	CANTIDAD (kg)
Cisco de arroz	5
Ceniza	5
Cal	5
Mantillo	6,5
Levadura	0,1
Suelo (banco de microorganismo)	57
Carbón	11,5
Estiércol	152,5
Cascarilla de frijol	50
TOTAL	292,6

Figura 8. Bocashi Maduro.



En la elaboración del compost de volteo y del bocashi se tuvo en cuenta la temperatura la cual se tomó cada dos días para obtener una gráfica donde se observa el comportamiento de esta variable.

Cuadro 4. Cantidad de abono solido obtenido después de la fermentación.

ABONOS SOLIDOS		
TIPO DE ABONO	Kg	
	CANTIDAD INVERTIDA	CANTIDAD PRODUCIDA
Compost de volteo	315,2	242,5
Bocashi	292,6	202

Como resultado de ello se tiene que para la preparación de 100 Kg de compost es necesario 130 Kg de ingredientes para el compost y para la preparación de 100 Kg de Bocashi son necesario 150 Kg de materiales.

6.2.1.2 Elaboración de abonos orgánicos líquidos. Se elaboraron tres tipos de abonos orgánicos líquidos: Pantotenato (Cuadro 5) (Figura 9), Caldo anaerobio (Cuadro 6) (Figura 10) y caldo aerobio (Cuadro 7) (Figura 11), con los procesos descritos anteriormente, para todos los abonos se elaboraron un volumen de 40 litros, en dos recipientes de 20 litros cada uno.

Cuadro 5. Materiales y cantidades para la elaboración de Pantotenato.

PANTOTENATO		
	DESCRIPCIÓN	PARA 1 TARRO (20 LITROS)
A Crecimiento de levaduras.	Ortiga	750 gr
	Melaza	375 gr
	Leche cruda	225 cc
	Urea	75 gr
	Levadura	19 gr
B Adición de cal y estiércol de ganado.	Cal dolomita	750 gr
	Estiércol	750 gr
C Enriquecimiento y adición de carbón	10-30-10 NPK	525 gr
	Carbón	75 gr
	Agrimins	75 gr
	Agua	15 Litros

Figura 9. Recipiente con pantotenato.



Cuadro 6. Materiales y cantidades para la elaboración de caldo anaerobio

CALDOS ANAERÓBICOS	
DESCRIPCIÓN	PARA 1 TARRO (20 LITROS)
Estiércol	750 gr
Ortiga	750 gr
Melaza	750 cc
Leche cruda	225 cc
NPK	525 gr
Agrimins	75 gr
Agua	15 Litros

Figura 10. Recipiente con caldo anaeróbico.



Cuadro 7. Materiales y cantidades para la elaboración de caldo aerobio.

CALDOS AERÓBICOS	
DESCRIPCIÓN	PARA 1 TARRO (20 LITROS)
Melaza	375 cc
Leche cruda	300 cc
Estiércol	750 gr
Mantillo de bosque	750 gr
Cal	375 gr
Ceniza 5 días	375 gr
Urea 3 días	225 gr
NPK	525 gr
Agrimins	75 gr
Agua	15 Litros

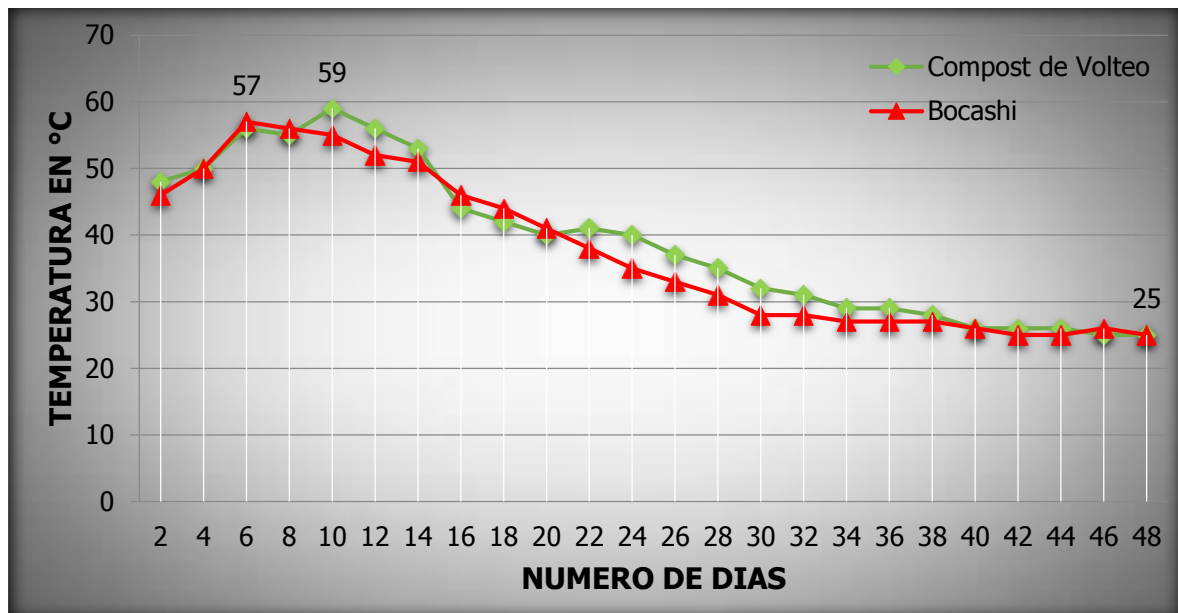
Figura 11. Caldo aeróbico.



6.2.1.3 Análisis de curvas de temperatura para compost y bocashi

La Figura 12 muestra la curva de temperatura obtenida como parte del seguimiento en la elaboración de los abonos orgánicos sólidos, para ello se tomó los datos de temperatura cada 2 días.

Figura 12. Curva termofílica de abono bocashi.



Inicialmente, los residuos se encuentran a temperatura ambiente, enseguida los microorganismos crecen y la temperatura sube considerablemente, a los pocos días se alcanzan los 40°C (fase mesófila) la temperatura sigue subiendo hasta alcanzar valores comprendidos entre 60-70° C (fase termófila) la mayor parte de los microorganismos iniciales mueren y son reemplazados por otros resistentes a esa temperatura. A partir de los 60° C, los hongos termófilos cesan su actividad y la reacción se lleva a cabo por las bacterias formadoras de esporas y actinomicetos.

Según la Figura 12, durante los primeros 12 días de terminado la etapa de la mezcla de todos los ingredientes del abono, la temperatura del abono orgánico tipo bocashi alcanzo una temperatura máxima de 57°C y el compost de 59°C, estando en un proceso de dos fases de compostaje la mesofílica y la termófila. Durante las fases de enfriamiento y maduración la temperatura tiende a bajar, llegando después de 48 días a una temperatura de almacenamiento de 25°C para ambos abonos.

La mayoría de los materiales empleados para la elaboración de abonos orgánicos generan calor durante el proceso de maduración, principalmente cuando alcanzan la fase termofílica, en donde las temperaturas pueden alcanzar los 65-70°C. Estas temperaturas se originan por la evaporación del agua y la posterior generación de calor, en donde se presentan varias reacciones bioquímicas (Keener *et.al.*, 1993).

En esta fase la generación de calor se iguala a la velocidad de pérdida de calor en la superficie de las pilas, esto marca el final de la fase termófila. Por último, se produce una nueva fase mesófila o de enfriamiento y una fase final de maduración en la que la temperatura se iguala a la del medio ambiente. La temperatura se debe controlar, ya que, por una parte, las temperaturas bajas suponen una lenta transformación de los residuos, prolongándose los tiempos de retención, y, sin embargo, las temperaturas elevadas determinan la destrucción de la mayor parte de los microorganismos (pasteurización), fenómeno que sólo debe permitirse al final del compostaje, para asegurar la eliminación de patógenos (Ciemat, 2000).

Al respecto Bach, et al, (1987) manifiesta que la temperatura es un parámetro muy importante, por lo que debe ser regulado y monitoreado constantemente. Durante el proceso, la temperatura varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos.

6.2.1.4 Estimativos sobre producción de cascarilla. A continuación se hace un análisis cuantitativo de la cascarilla de frijol producida en los años 2013, 2014 y 2015 con los datos aportados por Erazo (2015).

Cada 100 Kg del complejo cascarilla más frijol desgranado, 73.26 Kg son frijol y 26.74 son cascarilla, por tal una hectárea que produce en promedio 45 bultos de

63Kg cada uno, es decir que una hectárea produce 2.85 ton/hectárea de frijol desgranado, según lo anterior se está produciendo 1.035 ton/hectárea.

Con los datos de producción de frijol en el Valle de Sibundoy se procede a calcular la cantidad de cascarilla producida para los años 2013, 2014 y 2015.

Cuadro 8. Cantidades de cascarilla producida en el Valle de Sibundoy.

Año	No. De hectáreas dedicadas al cultivo de frijol	Cantidad de cascarilla producida (toneladas)
2013	1200	1242
2014	600	621
2015	800	828

Compost: Durante la elaboración del compost se utilizó 313.5 Kg de la totalidad de los materiales donde 75.5 Kg el cual representa el 24.1% de la totalidad de materiales; como producto final se obtuvieron 242.5 Kg de compost donde la cascarilla que representa el 24.1% que corresponde a 58.4 Kg de compost.

Cuadro 9. Cantidad de compost representada solo por la cascarilla de frijol.

	Cantidad inicial de cascarilla (toneladas)	Cantidad de cascarilla representada en compost (toneladas)
2013	1242	960
2014	621	480
2015	828	640

Bocashi: Durante su elaboración se utilizó 292.6 Kg de la totalidad de materiales donde 50 Kg son cascarilla de frijol el cual representa el 17% de la totalidad de materiales, como producto final se obtuvieron 202 Kg de bocashi donde la cascarilla que representa el 17.1% corresponde a 34.5 Kg de bocashi.

Cuadro 10. Cantidad de bocashi representada solo por la cascarilla de frijol.

	Cantidad inicial de cascarilla (toneladas)	Cantidad de cascarilla representada en compost (toneladas)
2013	1242	857
2014	621	429
2015	828	571

6.2.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS SOLIDOS

Cuadro 11. Análisis fisicoquímico para bocashi y volteo a partir de cáscara de frijol.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	BOCASHI	COMPOST	NTC 5167
Humedad	g/100g	18,2	17,5	≤30
Materia Seca	g/100g	81,8	82,5	
Ceniza	g/100g	49,4	59,7	≤60
Pérdidas por Volatilización	g/100g	32,4	22,7	
Carbono orgánico Oxid	g/100g	10,4	9,1	≥15
Nitrógeno	g/100g	0,76	0,9	≥1
Calcio	g/100g	2,81	1,37	
Fósforo	g/100g	0,29	0,26	
Magnesio	g/100g	0,55	0,47	
Potasio	g/100g	1,28	0,89	
Azufre	g/100g	0,18	0,15	
Hierro	g/100g	1,08	1,37	
Manganeso	mg/Kg	431	517	
Zinc	mg/Kg	121	123,5	
Cobre	mg/Kg	22,7	21,8	
CIC	cmol(+)/Kg	18,2	19	≥30
Densidad aparente	g/mL	0,44	0,53	≤0,6
Capacidad Retención Agua	g/100g	87,1	81,7	≥100
pH	-	8,03	7,67	4—9
Conductividad (25°C)	dS/m	21,3	13	
Cao	g/100g	3,94	1,92	
P ₂ O ₅	g/100g	0,66	0,59	≥1
MgO	g/100g	0,92	0,78	
K ₂ O	g/100g	1,55	1,07	≥1

Fuente: Análisis de laboratorio universidad de Nariño (Anexos D y E)

En el Cuadro 11 y los anexos D y E se encuentran los resultados del análisis físico químico y microbiológico del abono y en el anexo D y E se incluye los estimativos de evaluación según la NTC 5167.

➤ **Humedad.** Los abonos solidos evaluados presentaron una humedad de 18,2% para bocashi y 17,5 para compost, estos valores se encuentran en el rango entre 20%-30% según la norma, los cuales cumplen con este parametro que tiene influencia en la calidad del abono permitiendo mantener la actividad microbilogica.

La humedad ha sido reconocida como uno de los aspectos criticos para lograr la optimizacion del compostaje, siendo este un proceso biologico de la descomposicion de la materia organica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidas fisiologicas de los microorganismos que intervienen en este proceso (Diaz,1999).

Este es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

La humedad óptima para el bocashi y compost se sitúa alrededor de 20%-30%, esta varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad esta por debajo de 20%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>30%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material (Picado & Añasco, 2005).

➤ **Materia seca (MS).** Teniendo en cuenta los analisis, se estimo valores de 81.8 g/100g para bocashi y 82.5 g/100g en el compost, la materia seca corresponde al material al cual se le ha extraido toda la humedad, al contener los abonos una humedad apropiada determianan que el contenido de MS es adecuado.

Al respecto Stritzler *et al.*, (2004) afirma que la estimación del % MS es de suma importancia para establecer las cantidades de nutrientes contenidas en ella. Los cálculos de raciones deben hacerse en materia seca, de la misma manera que la comparación entre nutrientes ofrecidos y requerimientos

La materia seca refleja el contenido en todos los componentes no volátiles. Se incluyen aquí fundamentalmente lípidos, hidratos de carbono, proteínas y minerales. Es evidente que la suma del porcentaje de materia seca y de agua no necesariamente es del 100 %.

Por lo tanto la materia seca está constituida por una fracción orgánica y otra inorgánica. El componente inorgánico está dado por los minerales que poseen,

principalmente potasio y silicio. Pero también, la mayoría de los compuestos orgánicos contienen elementos minerales como componentes estructurales, por ejemplo, las proteínas contienen azufre, y muchos lípidos y carbohidratos, fósforo.

El componente orgánico está constituido por carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ácidos orgánicos y vitaminas. Los carbohidratos son los más abundantes en todos los vegetales y en la mayoría de las semillas. Esto se debe a que los carbohidratos, principalmente celulosa y hemicelulosa, son los principales componentes de la pared celular de los vegetales y a que constituyen la mayor fuente de almacenamiento de energía en forma de almidón y fructosanos (Crespo y Castaño, 2003).

➤ **Cenizas.** Los valores obtenidos fueron 49,4 g/100g y 59,7 g/100g para bocashi y compost respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los rangos establecidos siendo así beneficioso para la calidad del abono.

Las cenizas son las encargadas de reducir la acidez que se presenta durante todo el proceso de fermentación. Según su origen puede aportar otros nutrimentos como calcio y magnesio, también mejora las características físicas del suelo en cuanto a aireación, absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica del abono y del suelo, al mismo tiempo funciona como esponja con la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles de la planta, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo (Soto, M.G.2003).

➤ **Pérdidas por volatilización.** Para este parámetro se presentaron valores de 32,4 g/100g y 22,7 g/100g para el bocashi y el compost respectivamente, esta medida permite determinar la pérdida de nitrógeno.

La pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales.

Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante (Soto, 2005).

➤ **Carbono orgánico Oxidable.** En esta variable el bocashi presentó un valor de 10,4 g/100g y el compost 9,10 g/100g los cuales, están por debajo de rango establecido por la norma ≥ 15 .

Al respecto Aguilera M, (2000), sostiene que existe una afectación en la actividad biológica del suelo, lo que confirma lo manifestado por Burbano (1989), quien sostiene que la disponibilidad de nutrientes adecuados es el factor principal para

determinar si un microbio debe crecer o no en un medio particular, comunmente lo carbohidratos son empleados como fuente de carbono.

➤ **Nitrogeno.** La cantidad de nitrogeno obtenido en esta investigación fue 0.76 g/100g para bocashi y 0,90 g/100g para el compost, el cual se encuentra por debajo del rango establecido ≥ 15 por la NTC, los valores bajos de este elemento nutricional puede generar deficiencia del mismo, las plantas disminuyen su capacidad para la síntesis de proteínas, aminoácidos, enzimas, clorofila, alcaloides y ácidos nucleicos. Siendo el principal responsable del crecimiento del tallo, hojas, ramas y vigor en general (Rodriguez,J.1992).

Munévar (2013), afirma que la transformación del N tiene efectos en la fertilidad del suelo y en la nutrición vegetal porque ellas actúan sobre la gran reserva de N, que está compuesta por en N orgánico y el N₂ atmosférico, o sobre las pocas formas de N que pueden ser absorbidas directamente por las plantas para su nutrición.

Cabe resaltar que el N es un elemento sujeto a una multiplicidad de cambios en sus formas químicas, fundamentalmente por la acción de los microorganismos del suelo. son diversas las formas químicas en las cuales se encuentra el N en el sistema suelo-planta-atmosfera y los microorganismos son los principales responsables de la conversión de unas formas a otras, mediante reacciones enzimáticas que ocurren simultáneamente en diversas direcciones (Munévar 2013).

Los abonos elaborados presentan deficiencia de este elemento, recomendando la adición de estiercoles con mayor contenido de N que permita suplir esta deficiencia, pero es importante destacar que la importancia de este tipo de abonos radica en el complejo microbioal que genera diversas funciones en el suelo.

➤ **Calcio.** La cantidad obtenida en los abonos evaluados fue 2,81g/100 g y 1,37 g/100g para el bocashi y compost respectivamente, según la NTC esta variable no está estimada en los abonos orgánicos sólidos, los valores encontrados permiten afirmar que existe un contenido de este elemento en los abonos debido a que en el procesos de elaboración se aplicó carbonato de calcio CaCO₃ (cal apagada), generando procesos de aporte nutricional de los abonos hacia la planta una vez mineralizada.

➤ En relación a los minerales fosforo, magnesio, potasio, azufre, hierro, manganeso, zinc, cobre (Cuadro 11) presentaron los siguientes resultados. El fosforo 0,29 g/100g para bocashi y 0,26 g/100g para el compost, magnesio 0,55 g/100g para el bocashi y 0,47 g/100g para el compost, potasio 1,28 g/100g para bocashi y 0,89 g/100g para compost, azufre 0,18 g/100g y 0,15 g/100g para el bocashi y el compost respectivamente, hierro 1,08 g/100g para bocashi y 1,37 g/100g para el compost, manganeso 0,55 mg/Kg para Bocashi y 0,47 mg/Kg para

el compost, zinc 121 mg/Kg para Bocashi y 123,5 mg/Kg para el compost, cobre 22,7 mg/Kg para Bocashi y 21,8 mg/Kg para el compost.

Según la NTC no hay un parámetro de evaluación del contenido de estos elementos nutritivos que son esenciales para el crecimiento y producción de las plantas, los abonos elaborados en su proceso de fermentación y al descomponer los diferentes materiales que forman los abonos aportan estos elementos al compost como base nutricional después de un proceso de mineralización para los vegetales.

- **Capacidad de Intercambio Cationico.** Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio para este parámetro fueron de 18,2 cmol (+)/Kg para el bocashi y 19 cmol (+)/Kg para el compost, los que se encuentran por debajo del rango mínimo establecido por norma (≥ 30 cmol(+)/kg), estos resultados indican que en el proceso de elaboración de los abonos los compuestos orgánicos no llegaron a la etapa de humificación, la cual esta contiene en su estructura cargas negativas que pueden atraer positivas como K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , entre otros.
- **Densidad aparente.** En este parámetro se obtuvo valores de 0.54 g/ml para bocashi y 0.53 g/ml para el compost, para lo cual cumple con lo establecido por la normatividad que tiene rango menor o igual a 0.6 g/ml.
- **Capacidad retención Agua.** La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua, así como también mejora la fertilidad de los suelos, este parámetro tuvo resultados de 87.1 g/100g para el bocashi y 81.7 g/100g para el compost.
- **pH.** En este parámetro se presentaron valores de 8,03 y 7,67 para el bocashi y compost respectivamente, los cuales se encuentran dentro del valor permitido por la norma.

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. (Picado & Añasco, 2005).

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0, así como también la mayor disponibilidad de nutrientes se encuentra en pH neutros (Restrepo, J. 1996).

6.2.4 Análisis fisicoquímico para Pantotenato (abono líquido)

Cuadro 12. Análisis fisicoquímico para pantotenato.

Parámetro	Unidad de medida	Abono liquido pantotenato	NTC 5167
Carbono orgánico oxidado	g/L	7.66	≥ 20
Nitrógeno	g/L	6.63	≥ 15
Calcio	g/L	3.93	
Fosforo	g/L	1.34	
Magnesio	g/L	0.09	
Potasio	g/L	4.35	
Azufre	g/L	0.88	
Hierro	g/L	0.10	
Manganeso	g/L	0.01	
Zinc	g/L	4.35	
Cobre	g/L	0.01	
Densidad	g/mL	1.03	
pH	-	8.08	≤ 8.5
Conductividad(25°)	dS/m	49.5	
CaO	g/L	3.93	
P ₂ O ₅	g/L	3.08	≥15
MgO	g/L	0.15	
K ₂ O	g/L	5.23	≥15

Fuente: Análisis de laboratorio Udenar (Anexo F)

El análisis fisicoquímico del pantotenato se basó en determinar la riqueza nutricional que existe en este abono, debido a que las plantas deben alimentarse lo cual este activa la respiración y deben involucrarse los estimulantes fisiológicos como son los nutrientes para la absorción, transporte y utilización de asimilados por los cultivos, también para las sustancias estimulantes y microorganismos.

Según el resultado del análisis fisicoquímico del pantotenato se pudo determinar que la mayoría de datos son inferiores, por lo que este análisis se basó más que todo en la activación de la respiración y no se aplicó en gran cantidad los que aportan la riqueza nutricional a un abono como C, N, P, K entre otros.

Esencialmente todos los residuos de plantas y animales retornan al suelo y son sometidos a la descomposición por los microorganismos como resultados de este proceso microbiológico, los elementos que son consumidos originalmente por las

plantas para la síntesis orgánica retornan para su circulación a fin de ser reutilizados (Burbano H, 1989).

La disponibilidad de nutrientes adecuados es factor principal para determinar si un microbio puede crecer o no en un medio particular. Como un todo, los microorganismos, nutricionalmente tiene mayor diversidad que los organismos superiores, dentro de este contexto hay en la actualidad mucho interés en la degradación microbial de una amplia gama de compuestos químicos natural y artificial, con miras al reciclaje de desechos a fin de prevenir la biodeteriorización (Lozano, *et al* 1982).

Según Lozano *et al* (1982) se considera que los nutrientes cumplen tres funciones: proveen los materiales requeridos para la síntesis protoplasmática abasteciendo de energía, para el crecimiento celular para las reacciones de biosíntesis, y sirven como aceptores de electrones liberados en las reacciones que proporcionan energía a los organismos.

Los ácidos orgánicos son utilizados rápida y directamente como fuentes de carbono por la mayor parte de los microbios, las grasas son digeridas por las lipasas para dar glicerol y ácidos grasos (Lozano, *et al* 1982).

En la preparación del abono la ausencia o abundancia de oxígeno permite una selección tanto de microorganismos como de productos del metabolismo. Cuando el cultivo se produce en presencia de oxígeno molecular, la fermentación se denomina aeróbica y cuando este carece de oxígeno anaeróbica. Si la fermentación es anaeróbica, la mayor parte del carbono se emplea como energía y solo el 2% se asimila como material metabólica, por lo que en un proceso fermentativo en fase anaerobia se caracteriza por la producción de biomasa y en fase anaerobia generalmente por la producción de etanol (Owen, 1991).

La levadura crece en una serie de fermentadores. Estos fermentadores son operados bajo condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno libre o exceso de aire), puesto que bajo condiciones anaeróbicas (limitación o ausencia de oxígeno) los azúcares fermentables son consumidos en la formación de etanol y dióxido de carbono y ácido pantoténico o vitamina B5 (EPA, 2004).

Estos organismos juegan un papel importante en el ciclaje de energía y nutrientes. Algunas bacterias muy escasas en números pero muy importante para el crecimiento de las plantas superiores son quimio autótrofas. Ejemplo son las bacterias que oxidan los compuestos nitrogenados reducidos a nitratos y las que oxidan el azufre a sulfatos. Considerando la necesidad del oxígeno las bacterias pueden ser aerobias, anaerobias y aerobias facultativas. De otra parte también difieren considerablemente en su nutrición y en su respuesta a las condiciones ambientales (Burbano H, 1989).

Retomando el concepto de suelo, para quien tiene interés de carácter microbiológico, en medio ambiente edáfico es único en diferentes aspectos, toda vez que contiene gran variedad de bacterias, actinomicetos, algas, hongos y protozoarios constituyéndose en uno de los escenarios más dinámicos e interacción biológica, en el cual se realizan la mayor parte de las reacciones bioquímicas involucrados en la descomposición de la materia orgánica, la intemperización de la roca, la nutrición de las plantas (Burbano H, 1989).

Cuando en un suelo se establecen plantas la situación para los microorganismos cambia drásticamente por que las plantas, están entre los principales suministradores de nutrientes al suelo. No debe sorprender, por tanto, que la población microbial explote en abundancia en la región radical, llamado zona interrizarosfera, llamado usualmente rizosfera. Con frecuencia el efecto de la rizosfera se expresa en términos de la relación R/S, esto es la relación del número de microorganismos en el suelo de la rizosfera al número correspondiente al suelo libre de raíces. Esta situación, entonces, este parámetro sirve para ilustrar como la utilización y consecencialmente el manejo del suelo afecta la presencia la actividad de la población microbial presente en un determinado momento (Burbano H, 1989).

La microflora recurre a tres alternativas para obtener energía: la mayor parte de las algas y unas pocas bacterias pueden utilizar directamente la luz solar; algunas bacterias pueden usar parte de la energía liberada cuando se oxidan ciertos compuestos inorgánicos, como amoniaco, nitritio, ácido sulfhídrico, entre otros; mientras que la mayor parte de la microflora pueden utilizar parcialmente la energía que se libera cuando se degradan u oxidan azucares y otros compuestos orgánicos (Shintani, 2000).

En general los resultados del análisis de laboratorio dieron bajos de los rangos establecidos por la norma, aunque el aporte es bajo pero el mayor aporte de este abono líquido es en microorganismos benéficos al suelo y el aporte de vitamina B5 por parte de las levaduras que es un estimulante fisiológico.

6.2.5 Análisis microbiológico abonos bocashi, compost y pantotenato

Cuadro 13. Análisis microbiológico para compost, bocashi y pantotenato.

	PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA NTC 5167
PANTOTENATO	Coliformes totales	NMP	Tubos múltiples	No bacterias/ g	29	<1000
	Salmonella/ 25grs	Presencia /Ausencia	Aislamiento e identificación	Positivo/Neg ativo	Negativo	Ausente
COMPOST	Coliformes totales	NMP	Tubos múltiples	No bacterias/ g	21	<1000
	Salmonella/ 25grs	Presencia /Ausencia	Aislamiento e identificación	Positivo/Neg ativo	Negativo	Ausente
BOCASHI	Coliformes totales	NMP	Tubos múltiples	No bacterias/ g	9	<1000
	Salmonella/ 25grs	Presencia /Ausencia	Aislamiento e identificación	Positivo/Neg ativo	Negativo	Ausente

Fuente: Resultados de laboratorio Udenar (Anexos G, H, I)

El análisis microbiológico (Cuadro 13) incluye dos parámetros, el primero coliformes totales que según el valor de referencia norma NTC 5167, están en rangos menores de 1000, los valores obtenidos fueron, pantotenato de 29, el compost 21, el bocashi 9, por lo que permite afirmar que los tres tipos de abonos cumplen con los valores establecido por la norma, sin presentar alteraciones de este microorganismo patógeno.

El segundo análisis fue la presencia de salmonella de acuerdo al valor de referencia norma NTC 5167 debe estar ausente, por tanto el valor obtenido fue negativo es por esto que los resultados son buenos ya que los tres tipos de abonos el pantotenato, el compost y el bocashi cumplen con esta norma al no presentar en los compuestos este tipo de microorganismo.

6.3 ANÁLISIS DE SUELO DEL SITIO DE SIEMBRA

Según el reporte realizado por la Universidad de Nariño, (Cuadro 14, Anexo B).

Cuadro 14. Resultados de los parámetros químicos de muestras de suelo obtenidos en la finca de propiedad del Instituto Tecnológico del Putumayo

PARÁMETROS QUÍMICOS			
Parámetros	Método	Unidad de medida	LSIA-1529-12
			Muestra N°2
pH, potenciómetro relación suelo: (1:1) agua	NTC 5264		5,45
Materia orgánica	Walkley - Black (Colorimétrico) NTC 5403	%	7,57
Fosforo disponible	Bray II y Kurts NTC 5350	mg/kg	26,8
Capacidad intercambio catiónico (CIC)	CH3COONH41NpH7 NTC 5268	Cmol ⁺ /kg	22,9
Calcio de cambio	CH3COONH41NpH7 NTC 5349		8,68
Magnesio de cambio			1,25
Potasio de cambio			0,52
Aluminio de cambio	Extracción KCL 1N NTC 5263		0,30
Hierro	DTPA – NTC 5226	mg/kg	281
Manganeso			13,5
Cobre			6,23
Zinc			4,88
Boro			Agua caliente NTC 5404
Nitrógeno total	Con base en la materia orgánica	%	0,29
Carbono orgánico	Walkley - Black (Colorimétrico) NTC 5403	%	4,39
Azufre disponible	(Ca(H2PO4)2.H2O)0,008M NTC 5402	mg/kg	10,5

Teniendo en cuenta el Cuadro 14, de análisis de suelos agrícolas, obtenidos en el laboratorio de la Universidad de Nariño, se procede a generalizar los datos, de acuerdo a lo planteado por Castro Y Gómez (2010), (ANEXO C), por cada parámetro químico a analizar.

➤ **pH.** Es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad

de minerales del suelo; prácticas agrícolas, tales como el encalado o el agregado de fertilizantes de amonio, puedan alterar el pH (Thomas, 1996).

El pH es uno de los principales responsables de la producción de reacciones para que las sustancias nutritivas estén a disposición de las plantas.

Teniendo en cuenta el análisis de laboratorio de acuerdo a Castro y Gómez (2010), se presenta los estándares generales para interpretar análisis de suelos con fines agrícolas donde se identifica los estimativos de pH (Cuadro 15).

Cuadro 15. Estimativos de pH.

ESTIMATIVO DE pH (5,45)	VALOR	CARACTERIZACIÓN
Extremadamente ácido	< 4,5	Posible toxicidad de Al y Mn, posibles deficiencias de Ca, Mg y Mo. Es necesario encalar la mayoría de los cultivos.
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0	
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5	
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0	Baja solubilidad de P y regular disponibilidad de Ca y Mg. Algunos cultivos como las leguminosas requieren encalado.
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5	Condición adecuada para la mayoría de los cultivos.
Casi Neutro o Neutro	6,6 – 7,3	Buena disponibilidad de Ca y Mg, moderada disponibilidad de P, baja disponibilidad de micro elementos a excepción de la MO.
Alcalino	7,4 – 8,0	Posible exceso de carbonatos, baja solubilidad de P y de micro elementos a excepción de la MO. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de cultivos, se requiere enmiendas.
Muy Alcalino	> 8,0	Posible exceso de Na intercambiable. Se inhibe de la mayoría de cultivos. Es necesario tratar el suelo con enmiendas.

En el análisis, el suelo presenta un pH de 5.45 lo cual indica que el suelo es fuertemente ácido y esto afecta la disponibilidad de los nutrientes vegetales que se ve afectada por cambios de los minerales del suelo también se ve afectado la actividad de los microorganismos y la solubilidad de los minerales del suelo en los cuales predominan los hongos

Una de las estrategias para bajar la acides en el suelo es la aplicación de cal a suelos ácidos aumenta el pH, suministrar calcio y algunas veces magnesio como

nutrimento a la planta, Reducir la toxicidad del aluminio, hierro y manganeso, provocando la absorción del cobre a las partículas del suelo o su precipitación, con lo que su fracción biodisponible disminuye. Este efecto, denominado inmovilización, disminuye la acumulación de metales en las plantas, mejorando de esta forma su germinación y desarrollo (Jackson, M. L., 1964).

➤ **La materia orgánica (MO).** Es un indicador de la calidad del suelo, ya que incide directamente sobre propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno (Gregorich et al., 1994). Numerosos estudios coinciden en que es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Quiroga Y Funaro, 2004).

La MO tiene muchas funciones que son cruciales para el éxito del agricultor; entenderlas puede ayudar a tomar las decisiones correctas en el manejo del terreno. (Ifoam, 2004).

El manejo inadecuado del suelo lleva a una reducción del contenido de MO, teniendo como consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura.

Cuadro 16. Estimativos de materia orgánica MO.

APRECIACIÓN	MO % (7,57)		
	Clima Frio	Clima Medio	Clima Cálido
BAJO	< 5	< 3	< 1,5
MEDIO	5 - 10	3 - 5	1,5 - 3
ALTO	> 10	> 5	> 3

Según el estimativo de MO del 7,57%, corresponde a una zona de tipo de clima frío, lo cual, considera un suelo de apreciación medio, al encontrarse entre un rango de 5 – 10% (Cuadro 16).

El valor de la MO obtenido del suelo no es un valor fijo, toda vez que es resultado de la adición de materiales frescos y de la descomposición tanto de los materiales adicionados como del material humificado del suelo. La MO juega un papel en el mantenimiento de la fertilidad del suelo así como en la recuperación del mismo (Inforganic, 2004).

La MO absorbe nutrientes disponibles, los fija y los pone a disposición de las plantas. Fija especialmente nitrógeno (NO₃, NH₄), fósforo (P₀₄) calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y otros. Mantiene la vida de los organismos del suelo, esenciales para los procesos de renovación del recurso, por lo cual

aumenta la productividad de los cultivos en más del 100 % si a los suelos pobres se les aplica materia orgánica (Ávila, 2001).

➤ **Fósforo (P).** Según la FAO e.IFA, Roma, (2002) el P es un macronutriente, necesario para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El P es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o dónde la fijación limita su disponibilidad.

El P se asimila durante el desarrollo vegetativo, pero al igual que en el caso del N, la asimilación más intensa tiene lugar en el de máximo crecimiento de las plantas. Los análisis de P sirven fundamentalmente para el control de la dosificación de productos químicos en tratamientos de agua o suelos, o como un medio para determinar que un sistema presenta contaminación por exceso de este compuesto (Muñoz *et al.*, 2000).

Cuadro 17. Estimativo para el P.

APRECIACIÓN	PROPIEDADES QUÍMICAS
	P (ppm) 26,8
	BRAY II
Muy bajo	< 10
Bajo	10-20
Medio	> 20-40
Alto	> 40

La cantidad de fósforo (P) encontrada en el suelo (26,8 ppm), si comparamos con el cuadro estimativo es un valor medio porque oscila entre un 20 a 40 ppm Bray II. La estimación del P (Cuadro 17) obtenido contribuye a que las plantas de cualquier tipo de cultivo lo asimilen, de forma estable tanto de sus raíces como el de sus hojas y mejore su resistencia en cuanto a cambio de temperaturas y a la resistencia de enfermedades.

Según Duarte (2003), el P es imprescindible en los procesos reproductivos y metabólicos de las plantas, animales y microorganismos, además una concentración adecuada es crucial en la producción agrícola; la deficiencia de este elemento es uno de los factores que limita el desarrollo de los cultivos, ya que en la mayoría de los suelos el P se encuentra retenido, es decir las fases mineral y orgánica “atrapa” el P y no lo deja pasar a la solución del suelo donde las plantas lo podrían absorber; el uso de materia orgánica y la acción de microorganismos son factores de mejoramiento de su disposición en diferentes tipos de suelos,

encontrándose que la disposición misma de la materia orgánica libera ácidos orgánicos que a su vez disuelven fosfatos cálcicos y roca fosfórica.

La aplicación de abonos orgánicos en el sitio de estudio, no tan solo permitirá enriquecer el suelo sino también el de mantener este importante macronutriente, durante un largo periodo; pero es importante evitar el sobreuso del suelo para que no dé a erosionarse o exista el lavado de este nutriente por sobresaturación, que para ello es importante como es el caso al ser de una topografía plana, el de prever sistemas de drenaje.

➤ **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).** Es la cantidad de cationes que pueden situarse en sus posiciones de intercambio, expresada en cmol+/kg de suelo. Es una característica del suelo que depende de su composición química, fundamentalmente del contenido y naturaleza de las arcillas, de la materia orgánica, etc. Su estudio es de gran interés, tanto para la interpretación genética y sistemática del suelo, pues está relacionada directamente con el complejo de alteración, como para conocer su comportamiento práctico, puesto que constituye un índice de la aptitud del suelo para retener y suministrar nutrientes a las plantas. (Bower, C.A., 1952).

En unidades SI la CIC se expresa en centimoles de carga positiva por kilogramo, cmol (+) kg⁻¹ o bien cmolc kg⁻¹. Con anterioridad se venía utilizando como unidad el meq/100g, cuyo uso se halla todavía muy extendido. El valor numérico es el mismo con ambas unidades (Porta *et al.*, 2003).

Cuadro 18. Estimativo para el CIC.

APRECIACIÓN	PROPIEDADES QUÍMICAS
	CIC (cmol+/kg) 22,9
Muy bajo	< 5
Bajo	5-10
Medio	> 10-20
Alto	> 20

En cuanto al CIC estimado (Cuadro 18), el suelo en estudio se encuentra en una apreciación alta, al constituir un valor mayor a 20 cmol+/kg que fue de 22,9 cmol+/kg, lo cual refiere que la eficiencia del CIC, parte del contenido notable de la presencia de materia orgánica analizada anteriormente, como base de lo cual se estima la fertilidad del suelo.

Según lo considerado por Grim (1953), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una propiedad química a partir de la cual es posible inferir acerca del tipo de arcilla presente, de la magnitud de la reserva nutrimental y del grado de intemperismo de los suelos. El resultado numérico de la determinación sirve

además como base en el cálculo del porcentaje de saturación de bases, que es un dato ampliamente usado en los estudios de fertilidad.

➤ **Bases intercambiables: calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K).** La disponibilidad de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) para las plantas, no solo depende de su contenido en el complejo de cambio y en la solución, sino también de la competencia que se puede presentar entre estos elementos; comportamiento que varía de acuerdo a la selectividad catiónica de los suelos.

Entre los 16 nutrimentos esenciales que las plantas requieren para su normal crecimiento y desarrollo se encuentran el K, Ca y Mg (Guerrero, 2001, Estrada, 1990).

El calcio (Ca) en el suelo se encuentra combinado en compuestos minerales y orgánicos. Existe además calcio iónico (Ca²⁺) fijado sobre el complejo adsorbente o libre en la solución del suelo. En el complejo de cambio suele ser el catión más abundante. El Ca es el nutriente de carácter básico más abundante en las plantas después de K (Navarro y Navarro, 2003).

El Mg se encuentra en el suelo principalmente en forma mineral como silicatos, carbonatos, sulfatos y cloruros.

Muchos cationes como potasio (K⁺) y magnesio (Mg), son esenciales para el crecimiento vegetal y son retenidos en el suelo por las partículas de arcilla.

Cuadro 19. Estimativo para el Ca, Mg y K.

APRECIACIÓN	PROPIEDADES QUÍMICAS		
	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	K (cmol/kg)
	8,68	1,25	0,52
Muy bajo	< 2	< 0.5	< 0.2
Bajo	2 - 3	0.5 – 1.2	0.2 – 0.4
Medio	> 3 - 6	> 1.2 – 1.8	> 0.4 – 0.6
Alto	> 6	> 1.8	> 0.6 - 1

Se obtuvo un valor de 8,68 cmol/kg de Calcio (Ca), que adquiere un estimativo alto al encontrarse en un rango > a 6 cmol/kg, por lo cual podría referir un esencial nutriente para el crecimiento de raíces ante un cultivo a proyectar en el sitio de estudio.

El Ca es parte fundamental en determinados compuestos, importante en la regulación del pH, fortalece las raíces y paredes de las células y regula la absorción de nutrientes (Kolmans E. Y Vasquez D. 1996).

En cuanto al magnesio (Mg), 1,25 cmol/kg representa un contenido medio al encontrarse oscilando entre 1,2 a 1,8 cmol/kg; su mantenimiento y mejora implica en la aplicación en el suelo de cal dolomita, que prevé no solo alta cantidad de Mg, sino que también de Ca.

El *Magnesio (Mg)* es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20% del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta (FAO y IFA, 2002).

En términos generales el Ca y Mg se encuentran disponibles como cationes de intercambio y la cantidad disponible tiene una relación directa con la meteorización de los minerales y el grado de lixiviación (Guevara, 2002).

El potasio (K) obtenido en la finca, 0,52 cmol/kg prevé una apreciación de este nutriente en un término medio, ya que oscila entre un rango de 0,4 a 0,6 cmol/kg.

El *Potasio (K)*, que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (FAO y IFA, 2002).

➤ **Apreciación de parámetros químicos ante la relación entre bases.**

Cuadro 20. Apreciación en la relación de bases.

APRECIACIÓN	RELACIONES (BALANCE DE BASES)				
	Ca : Mg	Mg : K	K : Mg	Ca : K	(Ca + Mg)/K
Relación ideal	3 - 5	6 - 8	0.2 – 0.3	12 - 18	12 - 20
K deficiente		> 10	< 0.2	> 30	> 40
Mg deficiente	> 10	< 6	> 0.3		
Ca deficiente	Suelos magnésicos de relación Ca:Mg invertida (Relación CaMg < 1)				

La planta necesita en forma equilibrada los nutrientes para suplir sus necesidades fisiológicas de almacenamiento, fotosíntesis en la transformación de glucosa y energía necesaria para desarrollarse y producir, según Salamanca y el ICA (1981), no solo son necesarios los anteriores niveles, se deben tener en cuenta las distintas relaciones entre bases que a continuación se determinan para el suelo del sitio de estudio:

a. RELACIÓN Ca/Mg

$$\text{Ca/Mg (cmol/kg)} = 8,68/1,25 = 6,94$$

La relación entre Ca:Mg = 6,94 estima una deficiencia de Mg, al no encontrarse en un valor que oscile entre 3 a 5, que sería la relación ideal, según lo sugerido por Castro Y Gómez (2010) (Cuadro 20). La deficiencia de Mg implica recomendablemente usar cal dolomita, cambiando la cal agrícola, para tratar de disminuir la relación entre estos dos nutrientes; según el ICA (1992), uno de los problemas más comunes de los suelos Colombianos es el de la relación Ca/Mg en el complejo coloidal de los suelos, cuando la relación es amplia, mayor de 4 se han encontrado deficiencias de Mg, no obstante que se conocen muchos efectos benéficos del encalamiento en suelos ácidos, debemos neutralizar los efectos tóxicos del aluminio (Al) y del manganeso (Mn), y aprovechar otros nutrientes disponibles, también puede causar disturbios en la fertilidad del suelo cuando se usa cal agrícola, se presenta el desbalanceamiento de la relación Ca/Mg, provocando en muchos casos una deficiencia de magnesio en las plantas por tal motivo se debe tener mucho cuidado al momento de agregar al suelo los correctivos de pH.

b. RELACIÓN Mg/K

$$\text{Mg/K (cmol/kg)} = 1,25/0,52 = 2,40$$

En cuanto a la relación Mg/K (Cuadro 20), una relación ideal es cuando los valores estén comprendidos entre 6 a 8, y si el resultado es mayor de 10 se obtiene de deficiencia de K, mientras que si la relación es menor a 6 se presenta deficiencia del Mg, lo cual permite diferir del resultado anterior que existe una deficiencia de Mg, debido a que la relación Mg/K (2,40) corresponde a un valor menor a 6, ratificando así, a lo anteriormente encontrado en la relación entre el Ca/Mg.

Es fundamental que en la finca de sitio de estudio, se de a recuperar este elemento nutritivo, de gran requerimiento para el desarrollo de las plantas, ya sea mediante la aplicación de cal dolomita, que prevé en mayor cantidad de el elemento de Mg, como también el de dar a aplicar abonos orgánicos, con presencia de este elemento, como es el abono de bocashi.

Las deficiencias de Mg²⁺ tienden a ocurrir cuando los suelos son ácidos, arenosos, altamente lavados y con baja Capacidad de Intercambio Catiónico–CIC; en suelos calcáreos el nivel de Mg²⁺ es inherentemente bajo (Havlin *et al.*, 1999).

c. RELACIÓN K/Mg

$$\text{K /Mg (cmol/kg)} = 0,52/1,25 = 0,42$$

La relación K/Mg (Cuadro 20) permite afirmar la deficiencia de Mg que persiste en el suelo evaluado en cuanto a las anteriores relaciones, ya que el valor encontrado en esta relación de 0,42 oscila en una relación > a 0,3.

d. RELACIÓN Ca/K

$$\text{Ca/K (cmol/kg)} = 8,68/0,52 = 16,69$$

De acuerdo al estimativo encontrado en la relación Ca:K (Cuadro 20) de valor 16.69, se determina que en el suelo evaluado, exista una apreciación de relación ideal, que permite valorar, un intercambio catiónico entre estos dos nutrientes, que dan a determinarse en la presencia con suelos requeridos por estos elementos para el crecimiento apropiado de las plantas.

La concentración de Ca²⁺ en la solución del suelo es cerca de 10 veces mayor a la del K⁺; pese a ello su toma es menor que este nutriente, requeridas para un crecimiento apropiado de las plantas (Havlin *et al.*, 1999).

e. RELACIÓN (Ca + Mg)/K

$$(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K (cmol/kg)} = (8,68+1,25)/ 0,52 = 19,10$$

El valor de la relación (Ca + Mg)/K de 19,10, según el Cuadro 20 de relaciones, prevé una apreciación de relación ideal, existente entre estos 3 elementos, necesarios y esenciales para el crecimiento vegetal.

Según ICA (1992), es difícil establecer niveles críticos para Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺; pues en la mayoría de los casos se debe considerar no sólo la fracción intercambiable, sino también el porcentaje de saturación en el complejo de cambio y el pH del suelo.

➤ **Aluminio (Al).** Se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente y ha sido conocido por mucho tiempo como un tóxico para el crecimiento de las plantas en suelos ácidos. Como un resultado de procesos de desgaste natural, el Al se encuentra en los suelos bajo forma de mineral secundario estable como arcillas o silicatos de Al impuros, hidróxido de Al, etc (British, 2002).

El aluminio está normalmente presente en las plantas en concentraciones (Cuadro 21) relativamente bajas como resultado de su baja biodisponibilidad. Los más altos niveles de disponibilidad dependen de varios factores, el más importante de estos es el bajo pH, los suelos ácidos con altas concentraciones de aluminio disponible pueden ser encontrados en muchos lugares donde ha habido cultivos pesados o uso de fertilizantes de nitrógeno, en sitios de mina ácido reducido y en suelos forestales ácidos. La toxicidad del aluminio es considerada como una de las principales causas de no productividad en suelos ácidos (British, 2002).

Cuadro 21. Estimativo para el Al de cambio.

APRECIACIÓN	PROPIEDADES QUÍMICAS
	Al (cmol/kg) 0,30
Alto	> 2,5
Medio	1 – 2,5
Bajo	< 1

El valor del aluminio (Al) de 0,30 cmol/kg en el suelo del sitio de análisis de, prevé una apreciación baja (Cuadro 21), lo cual reafirma a lo anteriormente mencionado, en donde las elementos básicos como son el calcio (Ca), el Magnesio (Mg) y el potasio (K), se encuentran en mayores cantidades, que implica no tan solo mantener la riqueza esencial del suelo para el crecimiento de las plantas, sino que también permite diferir, la importancia de la materia orgánica, con la cantidad que se encuentra en el área, que considera suelos productivos a cualquier cultivo a proyectarse, al suplir necesidades, como lo es el desarrollo de las plantas.

La acides intercambiables del Al en suelos ácidos influyen en la retención de los demás nutrientes, disminuyendo la disponibilidad de ellos (Sagarpa).

➤ **Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B).** Los elementos menores (Cuadro 22) son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente (FAO y IFA, 2002).

Cuadro 22. Cantidad de Elementos menores según el análisis.

PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD DE MEDIDA	LSIA-1529-12
Hierro	DTPA – NTC 5226	mg/kg (ppm)	281
Manganeso			13,5
Cobre			6,23
Zinc			4,88
Boro	Agua caliente NTC 5404		0,20

Según FAO y IFA (2002), es importante notar que todos los nutrientes, ya sean necesarios en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una función específica en el crecimiento de la planta y en la producción alimentaria, y que un nutriente no puede ser sustituido por otro.

Cuadro 23. Estimativo para elementos menores: Fe, Mn, Cu, Zn y B.

APRECIACIÓN	PROPIEDADES QUÍMICAS				
	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)
	281	13,5	6,23	4,88	0,20
Bajo	< 50	< 5	< 2	< 3	< 0,3
Medio	50 - 100	5 - 10	2 - 4	3 - 6	0,3 – 0,6
Alto	> 100	> 10	> 4	> 6	> 0,6

Según los resultados de estimativos del Cuadro 23 para elementos menores en el suelo se indica que el hierro (Fe), manganeso (Mn) y el cobre (Cu), con valores de 281 ppm, 13,5 ppm y 6,23 ppm respectivamente prevén una apreciación alta en el suelo del sitio de estudio, mientras que el zinc (Zn) con un valor de 4,88 ppm un valor medio y el boro (B) con un valor de 0,20 ppm presenta déficit de este nutriente al encontrarse con una apreciación baja.

➤ **Nitrógeno total (Nt).** Se define como la sumatoria de las diversas formas de nitrógeno orgánico e inorgánico. En realidad este método no incluye los nitratos y nitritos, aunque esta parte constituye una porción despreciable de nitrógeno que no altera la cantidad total. (Gomez, 2006).

Cuadro 24. Estimativo para el Nitrógeno total.

CLIMA	INTERPRETACION DEL % DE N TOTAL (0,29%)		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FRIO	< de 0.25	0.25 – 0.50	> de 0.50
MEDIO	< de 0.15	0.15 – 0.25	> de 0.25
CALIDO	< de 0.10	0.10 – 0.20	> de 0.20

El contenido del nitrógeno corresponde al 0.29 % lo cual en clima frio está en el nivel medio de 0.25-0.50, esto significa que el suelo es normal con respecto al N lo cual esto hace que las plantas o cultivos se desarrollen y no pierdan su calidad lo cual no es tan propensa a las plagas y a que sus plantas no crezcan débiles.

El nitrógeno (N) es uno de los elementos más importantes para la nutrición de las plantas, por lo cual es necesario tener métodos rápidos y confiables para determinar N en el suelo (Cuadro 24).

La materia orgánica (MO) y el nitrógeno total (Nt) son dos propiedades fundamentales para evaluar la fertilidad del suelo, y el método Kjeldahl es el más usado para medir la concentración de Nt en el suelo (Balaguera Lopez w. 2009).

Este método ha cambiado pero se mantiene la digestión de la muestra con ácido sulfúrico y una serie de catalizadores, lo cual causa problemas como la emisión de gases ácidos al ambiente y un tiempo de análisis aproximado de 16 h (Gómez, 2006).

Si hay exceso de nitrógeno, el crecimiento es exagerado, la planta es débil y tiernas y, por tanto, más propensas a las plagas y enfermedades, al viento, a la lluvia y al granizo, al frío (Briseño *et al.*, 2004).

➤ **Carbono orgánico.**

Cuadro 25. Estimativo para el Carbono Orgánico.

CLIMA	INTERPRETACION DEL % DE CARBONO ORGANICO (4,39 %)			
	BAJO	MEDIO	IDEAL	ALTO
Frio %	Menor 2.9	3.0 – 5.7	5.8 – 7	Mayor 7
Medio %	Menor 1.7	1.8 -2.9	3 – 4	Mayor 4
Cálido %	Menor 1.1	1.2 – 2.3	2.4 – 2.5	Mayor 2.5

El carbono orgánico a partir del resultado del análisis de la muestra fue de 4.39 % que según el estimativo (Cuadro 25) para clima frío está en un nivel medio porque el resultado se encuentra entre 3.0 – 5.7

El carbono orgánico del suelo (COS) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos. El COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el COS aumenta la solubilidad de varios nutrientes. El COS asociado a la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. Su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo. Los suelos contienen más Carbono que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera (Jackson, 1964).

El suelo puede actuar como fuente o reservorio de Carbono dependiendo de su uso y manejo. Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial. El carbono en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica (Jackson, 1964).

➤ **Azufre.**

Cuadro 26. Estimativo para el azufre.

APRECIACIÓN	PROPIEDADES QUÍMICAS
	S (ppm) 10,5
Bajo	< 8
Medio	8 - 16
Alto	> 16

Respecto al contenido de Azufre reportado en el reporte de análisis de suelos se identifica un valor de 10,5 ppm, lo que corresponde a un estimativo de medio (Cuadro 26). Este valor puede verse influenciado por el grado de pH y contenido de materia orgánica, dando lugar desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico, que viven en simbiosis con las leguminosas.

Por otra parte el Azufre también puede entrar a la planta por las hojas en forma de gas (SO₂), que se encuentra en la atmósfera, donde se concentra debido a los procesos naturales de descomposición de la materia orgánica (Mendoza, 1978).

Interpretación algunas propiedades físicas.

Las propiedades físicas de un suelo tienen mucho que ver con la capacidad que el hombre les da para muchos usos. Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. Están íntimamente conectados con la condición física del suelo (Porta *et al.*, 2003).

Cuadro 27. Resultado de análisis de las propiedades físicas.

PARÁMETROS FÍSICOS				
F=franco - Ar=arcilloso - A=arenoso - L=limoso	Al tacto		Grado textural	F-Ar-A
Densidad aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,70
Densidad real	Picnómetro		g/cc	2,37

➤ **Textura del suelo.** Está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica (Buckman y Brady, 1966).

El suelo evaluado presenta un grado textural F-Ar-A, franco arcillo arenoso, determinado al tacto, según Viveros (1987), este suelo se caracteriza por tener unas condiciones de labranza bueno nivel de infiltración adecuado y permeabilidad regular; por otra parte la capacidad de retención de humedad y la fertilidad potencial reflejan un nivel adecuado o bueno, resistencia a la erodabilidad medio.

➤ **Densidad Aparente.** Es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cc), se analiza con suelos secados al aire o secados en la estufa a 110°C. La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos. Si se considera cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material del suelo (Aguilera, 1989).

El resto lo constituyen espacios intersticiales que, en condiciones ordinarias de campo, están ocupados en parte por agua y en parte por aire. El peso de la unidad de volumen de suelo con espacios intersticiales es lo que da la densidad aparente (Wooding, 1967).

La densidad aparente del suelo de análisis fue de 0,70 g/cc, este valor puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces. Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7 g/cm³ y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (Arshad et al., 1996).

Una densidad aparente, como la obtenida en la finca, del 0,70 gr/cc, da a referir que existe, una gran interacción con la materia orgánica, lo cual permite estabiliza la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad, por la presencia en el suelo de espacios libres.

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por cultivación; pisoteo de animales; maquinaria agrícola; y clima, por ejemplo por impacto de las gotas de lluvia (Arshad et al., 1996). Estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo.

➤ **Densidad Real.** Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2,60 a 2,7 g/cc. Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Buckman y Brady, 1966).

El valor de la densidad real encontrada fue de 2,37 g/cc al respecto este parámetro físico se mantiene en un estándar ideal, que permite establecer a futuro el desarrollo en el sitio de estudio de actividades productivas limpias, como es el cultivo de hortalizas.

Según Unigarro *et al.*, (2009), los valores de densidad real de los suelos varían generalmente entre 2.6 y 2,75. En promedio se considera 2,65 por cuanto es la densidad aproximada de los minerales más comunes del suelo, por lo cual tomando como referencia el valor obtenido en los suelos de la finca perteneciente al "ITP" que fue de 2,37 g/cc, se considera que puede verse influenciado por: la composición mineralógica y el contenido de materia orgánica.

➤ **Porosidad.** Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (Aguilera, 1989).

Para determinar la porosidad hay que tener en cuenta la densidad real y la densidad aparente, como se da a demostrar en la siguiente ecuación:

Porosidad total (%) = 100 - (Densidad aparente/Densidad real x 100).

También la porosidad se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\% P = \frac{Dr - Da}{Dr} \times 100\%$$

Dónde:

- P: porcentaje de poros.
- Dr: Densidad real.
- Da: Densidad aparente

Determinación de la porosidad, de la muestra de suelo, de acuerdo a los valores estimados en las densidades (aparente y real)

- Dr: Densidad real= 2,37 gr/cc
- Da: Densidad aparente= 0,70 gr/cc

$$\% P = \frac{D_r - D_a}{D_r} \times 100\% \qquad \% P = \frac{2,37 \frac{\text{gr}}{\text{cc}} - 0,70 \text{ gr/cc}}{2,37 \text{ gr/cc}} \times 100\% = 70,46\%$$

Cuadro 28. Apreciación de la porosidad.

POROSIDAD TOTAL % (70,46%)	APRECIACIÓN
< 30	Muy baja
30 – 40	Baja
40 – 50	Media
50 – 60	Alta
> 60	Muy alta

La porosidad del suelo de la finca de sitio de estudio fue del 70,46%, lo cual permite valorar de que el suelo prevé de una apreciación (Cuadro 28) de este parámetro muy alta, lo cual es favorable para una eficiente aireación del suelo, una buena capacidad de infiltración de agua y lo más fundamental, de dar a permitir la penetración de raíces de especies vegetales.

Es importante mantener la porosidad del suelo por un periodo prolongado, ya que por cualquier situación del mal manejo del suelo, conlleva no tan solo a repercutir en el desarrollo del cultivo, sino que también da a sostener un problema grave, como es el caso de suelos compactados, que prevén sistemas de producción agrícola bajos, ya que da a perderse la potencialidad de producción, por el daño poroso del suelo.

La importancia agrícola de la porosidad del suelo es muy grande y sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos, labranza y otras propiedades del suelo y su manejo.

6.3.2 Resultados estadísticos de la respuesta a la aplicación de abonos orgánicos en lechuga (*Lactuca sativa*). A continuación se presentan los resultados del crecimiento de lechuga donde se determinó parámetros como altura y diámetro de la planta, diámetro y largo de la raíz, peso de la planta y de la raíz, materia seca en raíz y planta.

Para ello se usó un análisis estadístico con el programa Statgraphics Centurion versión XVI.1 con el cual se realizó un análisis multivariado de correlaciones con el

fin de determinar la diferencia estadísticamente significativa entre los tres tratamientos (T1, T2, T3) con relación a T0 que es el tratamiento testigo.

T0= Tratamiento testigo

T1= 100 cc de caldo aeróbico + 50 g de bocashi

T2= 100 cc de caldo anaeróbico + 50 g de bocashi

T3= 100 cc de pantotenato + 50 g de bocashi

A continuación se realiza el análisis por cada una de las variables.

➤ **ALTURA DE LA PLANTA**

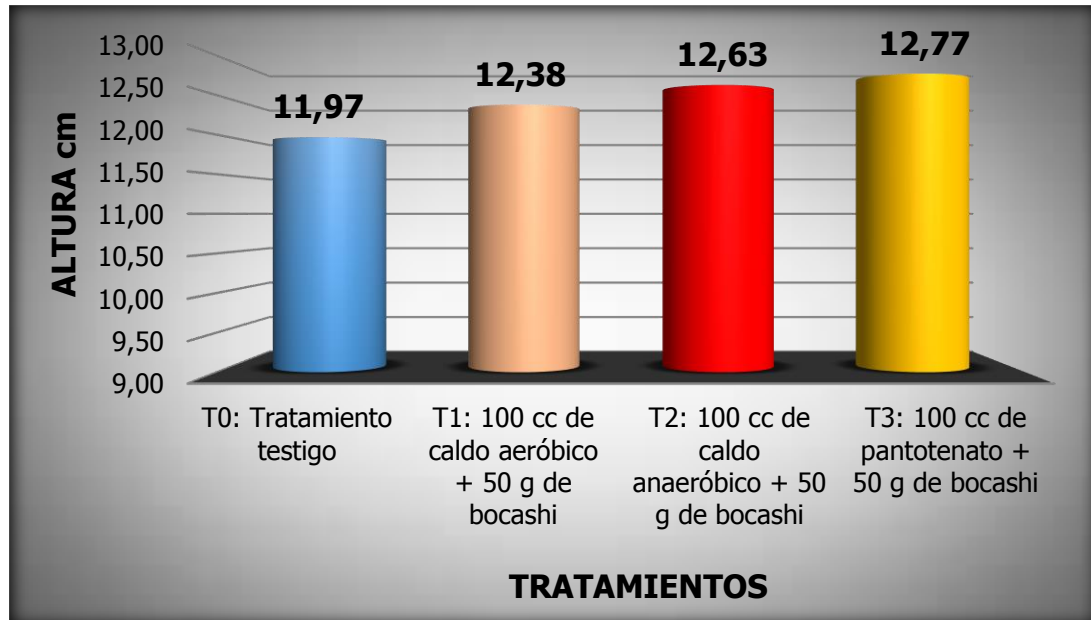
En el anexo J se incluye los valores obtenidos de 6 lecturas, esta variable se determinó cada 8 días hasta terminar el ciclo de vida del cultivo, esta nos permitió realizar el resumen estadístico (Cuadro 29).

Cuadro 29. Resumen Estadístico para la altura (cm) de planta.

	T1	T2	T3	T0
RECuento	24	24	24	24
PROMEDIO	12,3802	12,6281	12,7708	11,9688
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4,40964	4,11046	4,78415	4,32718
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	35,6185%	32,55%	37,4616%	36,154%
MÍNIMO	6,375	8,0	5,875	7,125
MÁXIMO	24,75	22,125	26,25	21,75
RANGO	18,375	14,125	20,375	14,625
SESGO ESTANDARIZADO	2,18635	2,17893	2,19198	2,10267
CURTOSIS ESTANDARIZADA	1,24597	0,51588	1,18898	0,139866

Según el Cuadro 29 el tratamiento más eficaz es el tratamiento T3 que corresponde a 100 cc de pantotenato más 50 g de bocashi con un promedio de crecimiento de 12.8 cm, seguido por tratamiento T2 con 12.6 cm, T1 con 12.4 cm y finalmente el menor fue para el testigo el cual obtuvo un promedio de crecimiento de 11.96 cm (Gráfica 7).

Gráfica 7. Promedio general de altura (cm) de planta.



Al realizar la prueba de correlaciones entre los tratamientos Cuadro 30, muestra diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) con un nivel del 95,0% de confianza entre los tratamientos T1 y T2, T1 y T3, T1 y T0, T2 y T3, T2 y T0.

El análisis determinó que el mejor tratamiento para el crecimiento de la planta fue la mezcla de bocashi y pantotenato, este es un derivado de hongos de levadura de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, este organismo ha sido largamente utilizado para fermentar azúcares del arroz, del trigo, de la cebada y del maíz para la producción de alcoholes, *Saccharomyces cerevisiae* es comúnmente usada para algunos tipos de fermentación, obteniendo como productos secundario extractos de levadura que se administran a menudo como suplemento vitamínico ya que están constituidas en un 50% por proteínas y son fuente importante de vitaminas B5, niacina, y ácido fólico (Francesch, 2009).

El ácido pantoténico o Vitamina B5 se encuentra en dos enzimas, la coenzima A y la proteína transportadora de grupos acilo, implicadas en muchas reacciones del metabolismo de los carbohidratos, las grasas y las proteínas, generando un mayor metabolismo y por ende es un estimulador fisiológico de organismos, (Pintaluba, 2013) en las plantas estimula el crecimiento, acelerando los procesos de respiración.

En la elaboración del pantotenato se genera en la primera fase el crecimiento de levaduras las cuales degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas, enzimas) que pueden estimular el

crecimiento y actividad de otras especies de microorganismos eficientes, así como de plantas superiores.

Además la adición de leche cruda permite el crecimiento de bacterias ácido lácticas las cuales producen ácido láctico a partir de azúcares que son sintetizados por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico puede suprimir microorganismos nocivos como el *Fusarium sp* (Burbano, 1989).

Cuadro 30. Correlaciones entre los tratamientos para altura de planta.

	T1	T2	T3	T0
T1		0,9371	0,9601	0,7602
		(24)	(24)	(24)
		0,0000	0,0000	0,0000
T2	0,9371		0,9041	0,8474
	(24)		(24)	(24)
	0,0000		0,0000	0,0000
T3	0,9601	0,9041		0,7031
	(24)	(24)		(24)
	0,0000	0,0000		0,0001
T0	0,7602	0,8474	0,7031	
	(24)	(24)	(24)	
	0,0000	0,0000	0,0001	

El pantotenato de calcio o vitamina B5 se encuentra prácticamente en todos los compuestos orgánicos, la cantidad presente es generalmente, insuficiente (Pintaluba, 2013), por ello la adición de este compuesto estimula el crecimiento; al tener como punto de partida el T0 hay una diferencia significativa con los tratamientos T1, T2, y muy notorio con T3 que fue tratamiento con mejor respuesta en el crecimiento de la planta. En cuanto al T1 con respecto al T0, se tuvo buena respuesta por parte de las lechugas hacia el caldo anaeróbico ya que según el Cuadro 30 de correlaciones hay una diferencia significativa entre estos tratamientos.

El buen desarrollo de las plantas es debido a que los abonos líquidos fermentados tienen un adecuado contenido nutricional, principalmente nitrógeno y fósforo, además es un abono líquido acompañante al abono orgánico sólidos aplicados en el suelo (bocashi), lo que se convierte en un bioestimulante, por su alto contenido de fitohormonas (Canelo de Nos-artículo web), reflejando sus resultados en un desarrollo superior al T0. Con respecto al T2 en referencia al T0 también dio buenos resultados en el crecimiento de la planta, al usar caldo aeróbico se está introduciendo un medio rico en nutrientes de rápida asimilación por las plantas, además contiene una micro biota compleja de los grupos descomponedores,

mineralizadores y oxidadores (Fenalce, 2013) que atribuyen a la planta un crecimiento superior al resultado del T0.

Al mezclar los abonos líquidos con un abono sólido como el bocashi fue de gran importancia debido a que pueden introducir agentes de biocontrol al suelo y proporcionar alimento para su establecimiento y actividad; pueden mejorar la condición de la raíz y aportar nutrientes a la planta, lo que favorece un crecimiento adecuado del cultivo que le permita tolerar las enfermedades o escapar de la infección (Garces, 2014), por ello es válido afirmar que la aplicación de los abonos orgánicos tiene un efecto positivo sobre las plantas al causar en ellas un crecimiento de mayor velocidad y constante.

La buena respuesta de lechugas hacia los tratamientos fue por la incidencia de la materia orgánica añadida al suelo a partir del bocashi, por lo tanto el efecto benéfico de la materia orgánica tanto para el suelo como la planta, se considera que ocurre a través de: suministro de nutrientes inorgánicos a la planta, la conformación de sustratos para los microorganismos, el aporte de una fuente para intercambio iónico, el factor para la agregación del suelo que tiene que ver con el desarrollo de raíces de la planta y consecuentemente, el elemento para la conservación del suelo y del agua (Burbano, 1989). Además el bocashi al ser un abono fermentado aporta fuentes de energía, nitrógeno, fósforo y potasio (Fenalce, 2013), lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes, y por ende la planta tiene un mayor desarrollo.

La materia orgánica del suelo, entonces, juega un importante papel, ya que regula los procesos químicos que allí suceden e influyen sobre las características físicas y además configura el núcleo de casi todas las actividades biológicas que se desarrollan en el suelo, por parte de la micro flora, la fauna y también el sistema de raíces de las plantas superiores (Burbano, 1989).

Las plantas y para esta investigación la lechuga, presenta una mejor respuesta a la aplicación de abonos orgánicos bocashi en mezcla de abonos líquidos a diferencia de las plantas que no se le adicione ningún tratamiento.

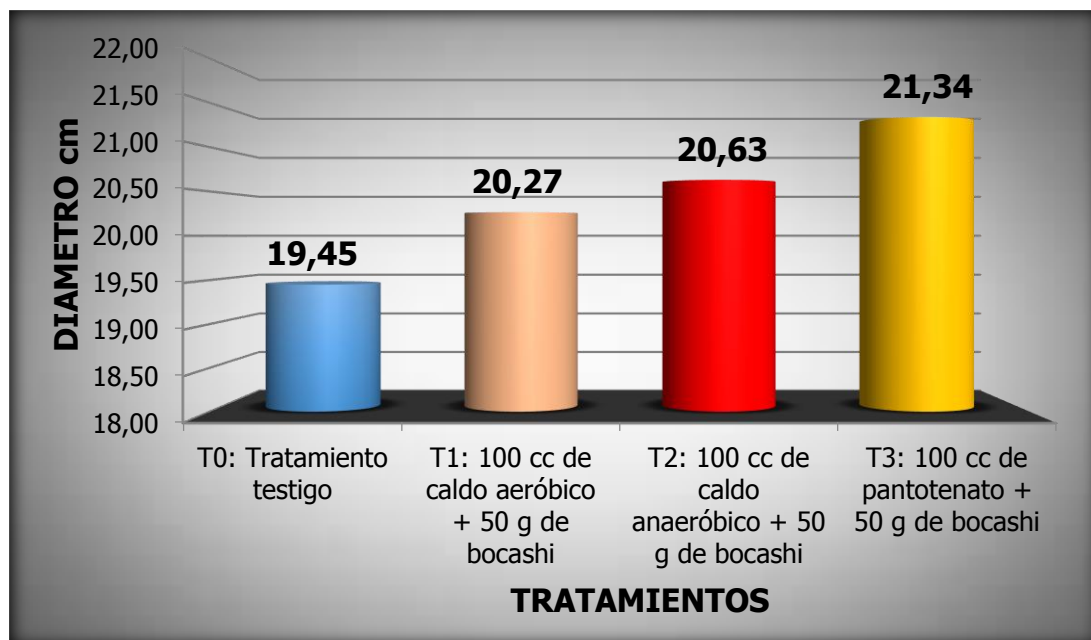
➤ **DIÁMETRO DE LA PLANTA**

En el Cuadro 31, se observa que el diámetro promedio más alto de la planta se logró al aplicar el pantotenato + el bocashi en el T3 con un valor de 21.33 cm, seguido por los tratamientos T2, T1 y T0 los cuales tienen valores de 20.63 cm, 20.26 cm y 19.44 cm respectivamente, para esta variable el pantotenato fue el más efectivo en el crecimiento del diámetro de las plantas (Gráfica 8).

Cuadro 31. Resumen Estadístico para el diámetro (cm) de la planta.

	T1	T2	T3	T0
RECuento	24	24	24	24
PROMEDIO	20,2656	20,6302	21,3385	19,4479
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6,19029	6,06021	7,06054	5,54477
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	30,5458%	29,3754%	33,0882%	28,5109%
MÍNIMO	11,0	11,5	10,75	11,0
MÁXIMO	31,75	34,25	33,5	29,0
RANGO	20,75	22,75	22,75	18,0
SESGO ESTANDARIZADO	0,334356	0,842488	-0,115506	0,713162
CURTOSIS ESTANDARIZADA	-1,23113	-0,492803	-1,13367	-1,11067

Gráfica 8. Promedio general para el diámetro (cm) de la planta.



Cuadro 32. Correlaciones entre los tratamientos para diámetro de planta.

	T1	T2	T3	T0
T1		0,8886	0,9385	0,5589
		(24)	(24)	(24)
		0,0000	0,0000	0,0045
T2	0,8886		0,8089	0,6507
	(24)		(24)	(24)
	0,0000		0,0000	0,0006
T3	0,9385	0,8089		0,3910
	(24)	(24)		(24)
	0,0000	0,0000		0,0588
T0	0,5589	0,6507	0,3910	
	(24)	(24)	(24)	
	0,0045	0,0006	0,0588	

Según el Cuadro 32 de correlaciones dio como resultado una diferencia significativa entre T1 y T2, T1 y T3, T1 y T0, T2 y T3, T3 y T0, T0 y T2.

La tendencia de a la respuesta del cultivo de lechuga a la aplicación de los diferentes abonos orgánicos se mantienen para las variables altura y diámetro de planta debido a lo analizado anteriormente.

➤ DIÁMETRO Y LANGITUD DE LA RAÍZ

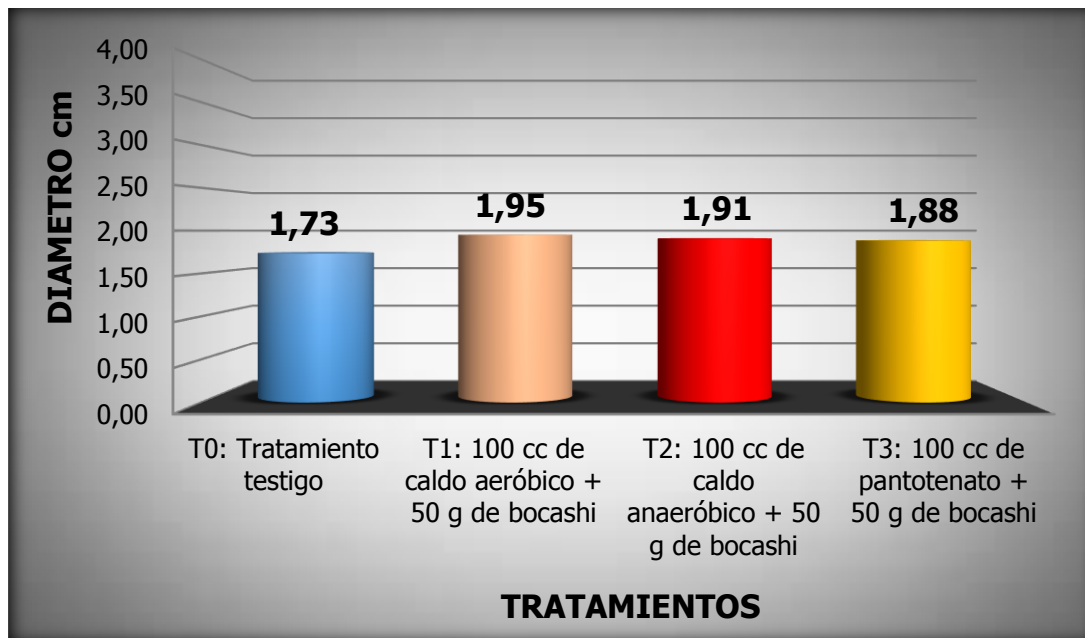
Teniendo en cuenta los análisis estadísticos del Cuadro 33 se determinó que en lo relacionado a la variable diámetro de la raíz se obtuvieron los siguientes resultados, para T1 con un valor de 1,95 cm siendo el valor más alto, seguido por T2, T3 Y T0 con valores de 1,91 cm, 1,88 cm y 1,73 cm respectivamente (Gráfica 9)

Cuadro 33. Resumen Estadístico para el diámetro (cm) de la raíz.

	T1	T2	T3	T0
RECuento	16	16	16	16
PROMEDIO	1,95	1,90625	1,88125	1,73125
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,501996	0,354906	0,370978	0,494933
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	25,7434%	18,618%	19,7198%	28,5882%
MÍNIMO	1,2	1,2	1,4	1,0
MÁXIMO	2,9	2,6	2,5	2,4
RANGO	1,7	1,4	1,1	1,4
SESGO ESTANDARIZADO	0,333414	-0,580102	0,539109	-0,151843

CURTOSIS ESTANDARIZADA	-0,639349	0,3727	-1,24777	-1,09839
-------------------------------	-----------	--------	----------	----------

Gráfica 9. Promedio general del diámetro (cm) de la raíz.



Según el análisis de correlaciones entre los tratamientos, el Cuadro 34 muestra que existió una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre, T0 y T3, T1 y T3, este comportamiento se debe a que la raíz, como lo afirma Darwin (2013), cumplen un importante rol como anclaje y soporte mecánico del desarrollo aéreo y además la función crítica de absorber agua y nutrientes.

El desarrollo del sistema radicular está condicionado fundamentalmente por cuatro factores: temperatura, humedad, aireación y resistencia mecánica del suelo, a la cual se añade la actividad de los llamados microorganismos benéficos del suelo, presentes en todo tipo de abono orgánico por los procesos de mineralización que generan beneficios para la nutrición de la planta, al respecto Burbano (1988), manifiesta que los microorganismos de la rizosfera pueden influir favorable o adversamente en el desarrollo de la planta ya que la microflora está íntimamente relacionada con el sistema radical cubriendo parcialmente su superficie, cualquier sustancia benéfica o tóxica producida puede causar una respuesta inmediata y profunda, por tanto las variaciones en el número o en las proporciones de grupos individuales afectará a la planta a través de las reacciones catalizadas microbiológicamente.

La investigación permitió corroborar a lo anterior, que al añadir los abonos orgánicos sólidos y líquidos, se introdujo una gran cantidad de microorganismos benéficos encargados de descomponer la materia orgánica y aumentar la

disponibilidad de nutrientes que estimula el crecimiento radicular de la planta, lo que se comprobó con los diferentes tratamientos en relación al testigo.

Cuadro 34. Correlaciones entre los tratamientos para diámetro de raíz.

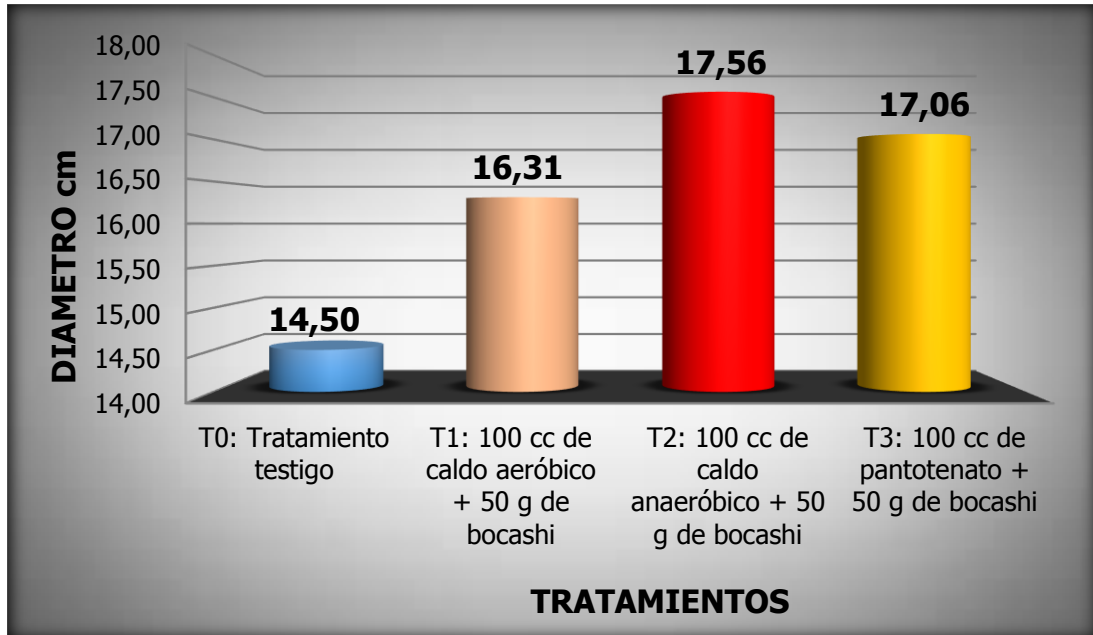
	T1	T2	T3	T0
T1		-0,2339	0,5996	-0,2509
		(16)	(16)	(16)
		0,3833	0,0141	0,3486
T2	-0,2339		0,1731	-0,1758
	(16)		(16)	(16)
	0,3833		0,5214	0,5149
T3	0,5996	0,1731		-0,5158
	(16)	(16)		(16)
	0,0141	0,5214		0,0408
T0	-0,2509	-0,1758	-0,5158	
	(16)	(16)	(16)	
	0,3486	0,5149	0,0408	

Cuadro 35. Resumen Estadístico para la longitud (cm) de la raíz.

	T1	T2	T3	T0
RECUENTO	16	16	16	16
PROMEDIO	16,3125	17,5625	17,0625	14,5
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3,00486	2,80401	2,32289	2,36643
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	18,4206%	15,9659%	13,614%	16,3202%
MÍNIMO	12,0	14,0	11,0	10,0
MÁXIMO	21,0	22,0	21,0	18,0
RANGO	9,0	8,0	10,0	8,0
SESGO ESTANDARIZADO	0,483979	0,096688	-1,33194	-0,337991
CURTOSIS ESTANDARIZADA	-1,09082	-1,2399	1,77946	-0,825835

En el Cuadro 35, se determinó que en lo relacionado a la variable longitud de la raíz se obtuvieron los siguientes resultados, para T2 con un valor de 17.56 cm siendo el valor más alto, seguido por T3, T1 Y T0 con valores de 17.06 cm, 16.31 cm y 14.5 cm respectivamente (Gráfica 10). Corroborando que el efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos y sólidos permite un mayor crecimiento radicular reflejado en mayor absorción de nutrientes, anclaje para la planta.

Gráfica 10. Promedio general de la longitud (cm) de la raíz.



Según el análisis de correlaciones entre los tratamientos, el Cuadro 36 muestra que no existió diferencias estadísticas significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 36. Correlaciones entre los tratamientos para longitud de raíz.

	T1	T2	T3	T0
T1		-0,0064 (16)	0,0734 (16)	-0,0141 (16)
T2	-0,0064 (16)		0,0454 (16)	0,2060 (16)
T3	0,9811	0,8674		0,4441
T0	0,0734 (16)	0,0454 (16)	0,3214 (16)	
	0,7870	0,8674	0,2248	
	-0,0141 (16)	0,2060 (16)	0,3214 (16)	
	0,9588	0,4441	0,2248	

➤ PESO EN GRAMOS (G) DE LA PLANTA Y LA RAIZ

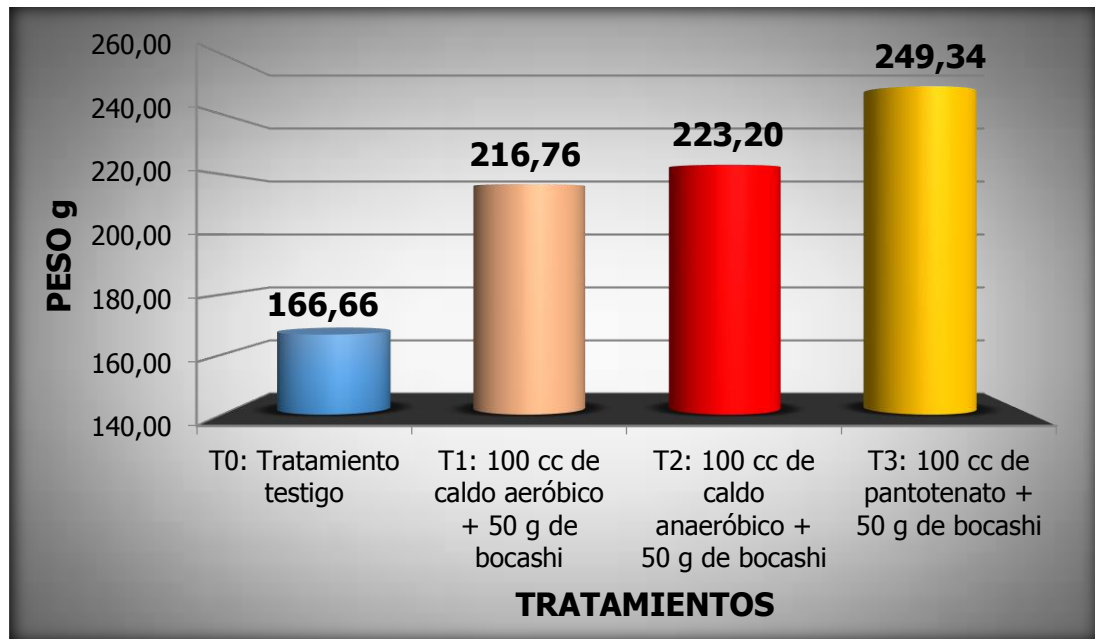
En los Cuadros 37 y 39 y Gráficas 11 y 12 se incluyen los valores promedios obtenidos del peso de la planta y la raíz una vez cosechada con su madures fisiológica.

Cuadro 37. Resumen Estadístico para el peso (g) de la planta.

	T1	T2	T3	T0
RECuento	16	16	16	16
PROMEDIO	216,762	223,2	249,338	166,662
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	112,561	99,0483	118,32	110,492
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	51,9285%	44,3765%	47,4539%	66,297%
MÍNIMO	44,6	26,4	91,2	23,2
MÁXIMO	418,0	395,3	496,1	404,1
RANGO	373,4	368,9	404,9	380,9
SESGO ESTANDARIZADO	0,530352	-0,355054	1,12114	0,638609
CURTOSIS ESTANDARIZADA	-0,601825	0,221314	-0,179696	-0,419759

El Cuadro 37 muestra el resumen estadístico donde T3 obtuvo un valor máximo de 249,34 g, seguido por T2, T1 y T0 con valores de 223,2 g, 216,76 g y 166,66 g respectivamente (Gráfica 11), afirmando nuevamente lo analizado anteriormente.

Gráfica 11. Promedio general para el peso (g) de la planta.



Según el análisis de correlaciones entre los tratamientos, el Cuadro 38 muestra que existió una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre T1 y T3, T3 y T0.

Cuadro 38. Correlaciones entre los tratamientos.

	T1	T2	T3	T0
T1		-0,2665	0,6613	-0,4557
		(16)	(16)	(16)
		0,3183	0,0053	0,0760
T2	-0,2665		0,2639	-0,4025
	(16)		(16)	(16)
	0,3183		0,3233	0,1222
T3	0,6613	0,2639		-0,8166
	(16)	(16)		(16)
	0,0053	0,3233		0,0001
T0	-0,4557	-0,4025	-0,8166	
	(16)	(16)	(16)	
	0,0760	0,1222	0,0001	

Cuadro 39. Resumen Estadístico para el peso (g) de la raíz.

	T1	T2	T3	T0
RECuento	16	16	16	16
PROMEDIO	23,6438	23,1875	21,3812	19,6375
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	9,47861	8,37177	6,172	9,18919
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	40,0893%	36,1047%	28,8664%	46,7941%
MÍNIMO	6,9	5,6	11,6	7,3
MÁXIMO	38,6	36,0	34,3	34,5
RANGO	31,7	30,4	22,7	27,2
SESGO ESTANDARIZADO	-0,21082	-0,782383	0,725408	0,131762
CURTOSIS ESTANDARIZADA	-0,895216	-0,147398	-0,277152	-1,27807

El tratamiento que mayor valor obtuvo en este variable peso de la raíz Cuadro 39, fue T1 con un valor de 23,64 g, seguido por T2, T3 y T0 con valores de 23,19 g, 21,38 g y 19,64 g respectivamente (Gráfica 12).

Gráfica 12. Promedio para el peso (g) de la raíz.



Según el análisis de correlaciones entre los tratamientos, el Cuadro 40 muestra que existió una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre T1 y T3, T3 y T0.

Cuadro 40. Correlaciones entre los tratamientos.

	T1	T2	T3	T0
T1		-0,0888 (16)	0,6195 (16)	-0,3705 (16)
T2	-0,0888 (16)		0,0818 (16)	-0,3379 (16)
T3	0,6195 (16)	0,0818 (16)		-0,6926 (16)
T0	-0,3705 (16)	-0,3379 (16)	-0,6926 (16)	

Additional correlation values from the table:

- T1 vs T2: 0,7436
- T1 vs T3: 0,0105
- T1 vs T0: 0,1578
- T2 vs T3: 0,7633
- T2 vs T0: 0,2005
- T3 vs T0: 0,0029

➤ MATERIA SECA EN PLANTA Y RAÍZ

Se define como el material vegetal exenta de humedad que se obtiene secándola en determinadas condiciones hasta alcanzar un peso constante.

La materia seca está constituida por una fracción orgánica y otra inorgánica. El componente inorgánico está dado por los minerales que poseen el vegetal, principalmente potasio y silicio. Pero también, la mayoría de los compuestos orgánicos contienen elementos minerales como componentes estructurales, por ejemplo, las proteínas contienen azufre, y muchos lípidos y carbohidratos, fósforo (Tabaré Bassi).

El componente orgánico está constituido por carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ácidos orgánicos y vitaminas. Los carbohidratos son los más abundantes en todos los vegetales y en la mayoría de las semillas (Tabaré Bassi).

Cuadro 41. Resumen Estadístico para la materia seca de la planta.

	T1	T2	T3	T0
RECUESTO	16	16	16	16
PROMEDIO	14,4063	15,5125	16,3687	11,8125
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	5,08284	5,41035	7,68789	6,37326
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	35,2822%	34,8773%	46,9669%	53,9536%
MÍNIMO	7,4	4,7	7,8	2,5
MÁXIMO	27,3	25,5	37,9	23,6
RANGO	19,9	20,8	30,1	21,1
SESGO ESTANDARIZADO	1,49548	-0,280158	2,48526	0,138306
CURTOSIS ESTANDARIZADA	1,05833	-0,156066	2,46635	-0,952964

Los resultados de esta variable permitieron determinar que con T3 obtuvo un valor de 16,37 g, seguido por T2, T1 y T0 con valores de 15,51 g, 14,41 g y 11,81 g respectivamente (Cuadro 41 y Gráfica 13); cabe destacar que la materia seca de la planta constituye la base nutricional que se aporta para los procesos fisiológicos.

Gráfica 13. Promedio para la materia seca (g) de la planta.



Según el análisis de correlaciones entre los tratamientos, el Cuadro 42 muestra que existió una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre T1 y T3, T3 y T0, T1 y T0.

Cuadro 42. Correlaciones entre los tratamientos.

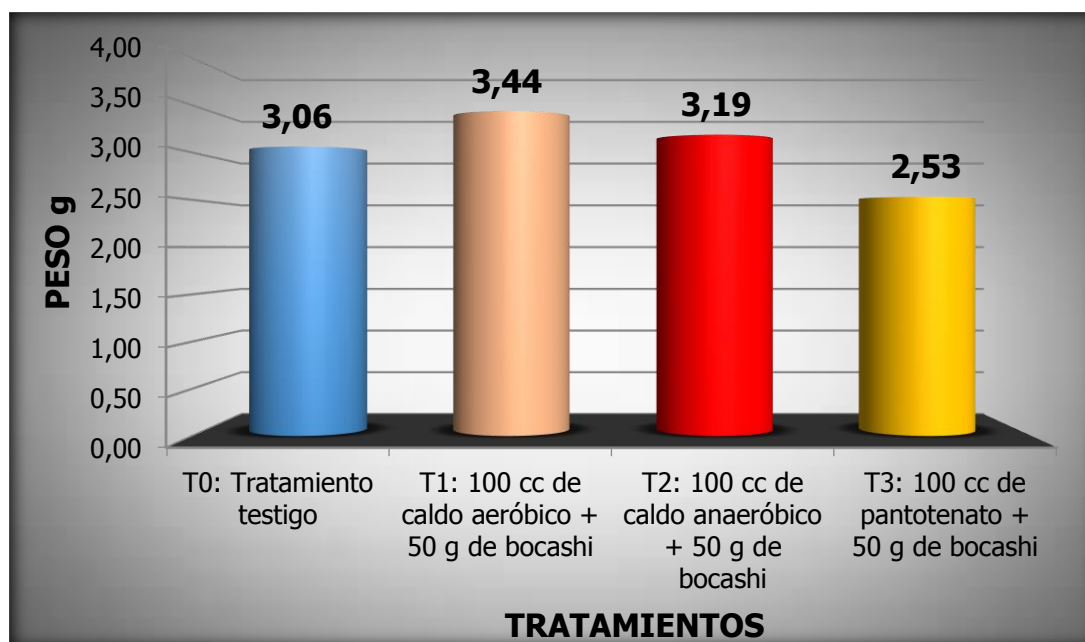
	T1	T2	T3	T0
T1		-0,1681 (16)	0,6055 (16)	-0,5423 (16)
T2	-0,1681 (16)		0,0008 (16)	-0,1464 (16)
T3	0,5336 (16)	0,0008 (16)		-0,6313 (16)
T0	0,0129 (16)	0,9978 (16)	0,0008 (16)	
	0,0300 (16)	0,5885 (16)	0,0087 (16)	

El tratamiento que mayor valor obtuvo en esta variable materia seca de la raíz Cuadro 43, fue T1 con un valor de 3,43 g, seguido por T2, T0 y T3 con valores de 3,19 g, 3,06 g y 2,53 g respectivamente (Gráfica 14).

Cuadro 43. Resumen Estadístico para la materia seca de la raíz.

	T1	T2	T3	T0
RECUENTO	16	16	16	16
PROMEDIO	3,4375	3,1875	2,53125	3,0625
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2,02744	1,47009	1,20151	1,99127
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	58,98%	46,1205%	47,467%	65,0211%
MÍNIMO	0,5	0,8	0,7	1,0
MÁXIMO	7,1	6,4	5,4	6,6
RANGO	6,6	5,6	4,7	5,6
SESGO ESTANDARIZADO	0,577391	0,648101	1,3619	0,816817
CURTOSIS ESTANDARIZADA	-0,842795	0,236976	0,507451	-1,04533

Gráfica 14. Promedio para la materia seca (g) de la planta.



Según el análisis de correlaciones entre los tratamientos, el Cuadro 44 muestra que existió una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre T1 y T3.

Cuadro 44. Correlaciones entre los tratamientos.

	T1	T2	T3	T0
T1		-0,2172	0,5534	0,1170
		(16)	(16)	(16)
		0,4190	0,0262	0,6662
T2	-0,2172		-0,3704	-0,1849
	(16)		(16)	(16)
	0,4190		0,1579	0,4931
T3	0,5534	-0,3704		-0,3564
	(16)	(16)		(16)
	0,0262	0,1579		0,1754
T0	0,1170	-0,1849	-0,3564	
	(16)	(16)	(16)	
	0,6662	0,4931	0,1754	

En esta investigación en todas las variables evaluadas los mejores resultados se obtuvieron con el T3, por esta razón es importante que en los procesos de fertilización orgánica y el mantenimiento de la seguridad alimenticia se tenga en cuenta esta actividad que además a nivel ambiental mejora la calidad del recurso suelo y la integración suelo, planta y ambiente.

7. CONCLUSIONES

Según la encuesta aplicada a 50 productores de frijol sobre el manejo y disposición de la cascarilla de frijol los resultados fueron que un 52% riega la cascarilla sobre los cultivos, el 30% optan por la quema, el 14% la composta y un 4% la vende.

En la evaluación de los abonos orgánicos sólidos y líquidos de diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones y con 4 tratamientos T0, T1, T2 y T3, el tratamiento T3 de contenido de bocashi y pantotenato, en relación al tratamiento testigo T0 (con los valores más bajos en la evaluación), fue el tratamiento más apropiado y eficaz para su aplicación, por su rendimiento y asimilación constante de material orgánico que se le aplico a cada planta de lechuga (*Lactuca Sativa L*), teniendo valores más altos, en cuanto a la altura y diámetro en (cm) de la planta con 12.77 cm y 21.34 cm, en el peso en (g) de la planta con 249.34 g y en el promedio para la materia seca en (g) de la planta con 16.37 g, en relación al T0 con 11.97 cm y 19.45 cm, 166.66 g y 11.81 g respectivamente.

Según el análisis fisicoquímico el pantotenato en algunos parámetros nutricionales evaluados, se obtuvieron bajos valores, pero quedo demostrado que en la evaluación de respuesta de cultivo de lechugas (*Lactuca Sativa L*) en las diferentes variables como altura y diámetro de la planta, longitud y diámetro de raíz y peso de materia seca de la planta y raíz, el pantotenato o vitamina B5 en mezcla con el bocashi obtuvo un excelente desempeño y, existiendo una efectividad de asimilación y aprovechamiento que aporta este abono orgánico líquido y solido en el desarrollo normal de la planta y sus necesidades fisiológicas.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA, 2009. Manual Agropecuario. Hogares Juveniles Campesinos. Biblioteca del Campo. Bogotá, Colombia. p. 54.

AGUILERA MARTHA. 2000. Fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la ciencia del suelo. pp. 123 – 137.

AGUILERA N. 1989 Tratado de Edafología de México, Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.

ALVAREZ, O.J Interpretación de análisis de suelos y bases para la Aplicación de fertilizantes. Federación Nacional de Cafeteros. Bogotá 1979. 50 p.

ARSHAD, M.A., B. LOWERY, Y B. GROSSMAN. 1996. Textos de propiedades físicas para monitorear calidad de suelos. P. 123-142. In: J. W. Doran and A. J. Jones (eds.) métodos para la evaluación de calidad del suelo. Ciencia del suelo. Soc. Am.. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.

AVILA JAVIER. 2001. Ciencia del suelo, factores que influyen en la acidez del suelo. Ing. Agrónomo. Universidad de Salamanca. Ed. Santy S.A.

BACH, P; NAKASAKI, K, SHODA, M; KUBOTA, H. balance de temperaturas en procedimientos de descomposición. Jornada de fermentación tecnológica, 1987. P 199-209.

BALAGUERA LOPEZ W. 2009 Ciencia y Agricultura Vol. 7 N° 1

BEROVIDES, V. 1985. Ecología ciencia para todos. Ministerio de Cultura. Edit. Científico Técnica. 225 pp.

BILLIE ABBOTT; DOWLING, A. ¿Cuáles son los beneficios de las cenizas de madera?. Disponible en (http://www.ehowenespanol.com/cuales-son-beneficios-cenizas-madera-lista_70551/)

BLOG DISIDENTE, 2014. Al rico Bocashi. (<http://blogdisidente.com/2014/07/24/al-rico-bocashi/>)

BOWER, C.A., REITEMEIER, R.F. Y FIREMAN, M. “Exchangeable cation analysis of saline and alkaly soils” Soil Sci. 73: 251-261, 1952.

BRADY, NC; WEIL, RR. 1999. La Naturaleza y propiedades de los suelos. 12 ed. Nueva Jersey, Estados Unidos, Prentice Hall.

BREEUSWSMA, A ET AL. 1998. Impactos del manejo del estiércol de los animales en la tierra y calidad del agua superficial. Hatfield, JL; Stewart, BA. comp. Los residuos animales utilización: uso eficaz del estiércol como un recurso suelo. 1 ed. Chelsea, Estados Unidos.

BRISEÑO CARLOS; CARRILLO P., I. F.; MEJÍA M., B.; FRANCO A., H. F.2004. Manual de Fertilidad de los suelos. Diagnóstico del Estado nutricional de los cultivos. Pp 1-10.

BRITISH JAROL. 2002. Criterios de calidad de suelos. Aluminio edit. Sediment. Pág. 18.

BUCKMAN HARRY AND N.C. BRADY, 1966. La naturaleza y las propiedades del suelo. De Macmillan compañía. 590 pp.

BURBANO, H. 1989. El Suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto. 447 p.

BURBANO, H.2010. Lo bioorgánico en el manejo productivo del suelo. En: Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Palmira, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001. pp. 109-117.

CALVA, 1988. Los campesinos y su devenir en las economías de mercado.
CARRILLO, L. 2002. Microbiología agrícola (en línea). 1 ed. Argentina, Universidad de Salta. 160 p.

CARTER, MR, GREGORICH, EG, ANDERSON, DW, DORAN, JW, JANZEN, HH Y PIERCE, FJ 1997. Conceptos de la calidad del suelo y su importancia. En calidad del suelo para la producción agrícola y la salud del ecosistema (comps. Gregorich, EG y Carter, M). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Países Bajos.

CASTRO FRANCO HUGO E Y GÓMEZ. 2010. Ciencia del suelo, principios básicos, Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Ed. Guadalupe S.A Bogotá Colombia.

CEDECO. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. Serie de agricultura orgánica N°8. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. San José, Costa Rica. P.11-43.

CENTA (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL). Abono tipo Bocashi. Ministerio de agricultura y ganadería. El Salvador.

CIEMAT, 2000. Compost. Producción y Gestión del compost. P. 1-31. pdf

CRESPO, R.J. Y CASTAÑO, J.A. 2003. Determinación de materia seca con el horno microondas en especies forrajeras puras. Revista Argentina de Producción Animal 23 (Supl. 1): 131-132.

CORPOAMAZONIA, 2008. Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta – alta del río Putumayo.

CORPONARIÑO, CORPOAMAZONIA, 2002. Plan de manejo del corredor andino amazónico páramo de bordoncillo – cerro de Patascoy, la cocha, como ecorregión estratégica para los departamentos de Nariño y Putumayo. Min. Ambiente. Colombia.

COSTA, F.; GARCIA, C.; T. HERNANDEZ, T. AND POLO, A. (1991). Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Ed. CSIC, Madrid

DAY, DL; FUNK, TL. 1998. Tratamiento de estiércol: física, química y biológica tratamiento. En Hatfield, JL; Stewart, A. ed. Utilización de los desechos de los animales: El uso eficaz del estiércol como un recurso suelo. 1 ed. Chelsea, Estados Unidos.

DÍAZ, M.J., 1999. Procesos de co-compostaje de vinaza y tres residuos agroindustriales. Tesis Doctoral Universidad de Sevilla 1999.

DIRECCION GENERAL DE APOYOS PARA EL DESARROLLO RURAL. Subsecretaria de desarrollo rural. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Mexico.

DOMÍNGUEZ, V.A. (1997) Tratado de Fertilización. 3ra. Edición. Mundi Prensa. Madrid. 613 pag.

DUARTE RESTREPO, B. Solubilización microbiana de fosfatos en la perspectiva del manejo ecológico. En: Programa de escuela en sistemas de comercialización y producción agropecuaria sostenible para caracterizadores. Micro bióloga FUNCOP cauca. 2003.

EL CANELO DE NOS. Biopreparados. Artículo web disponible en: <http://www.elcanelo.cl/biopreparados.html>

EPA (Agencia de Protección Ambiental, Estados Unidos). 2004. Extracto de levadura hidrolizado de *Saccharomyces cerevisiae* (10053): hoja informativa (en línea). Estados Unidos.

ERAZO, 2015. Entrevista personal.

ESTRADA E., G. 1990. Elementos secundarios: calcio, magnesio, azufre. Fundamentos e interpretación de análisis químico. In: Silva M., F. Ed. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Tercera edición. Bogotá. p 197–214.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN); IFA (ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES), ROMA, 2002. Los fertilizantes y su uso; una guía de bolsillo para los oficiales de extensión; cuarta edición. P. 1-77.

FENALCE 2013. Propuesta para una sostenibilidad productiva del frijol voluble en el Valle de Sibundoy.

FENALCE. 2010. El cultivo del frijol historia e importancia. Importancia de los cultivos representados por Fenalce.

FUNDASES. 2005. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible (en línea). Fundación de Asesorías para el Sector Rural. Consultado 27 de mayo. 2005

FRANCESCH, 2009. Las levaduras. UAR. Artículo científico

GALICIA, 2007. Alfredo Pacheco. Mejorador de suelos y complemento de la fertilización.

GALINDO, A; JERONIMO, S; 2005. Estudio sobre los abonos líquidos fermentados y respectividad en la producción agrícola. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Earth

GARCÉS, M. 2014. Aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en la obtención de bocashi con la aplicación de ceniza volcánica y la construcción de composturas domésticas. Universidad técnica de Ambato. Facultad de ciencia e ingeniería. Ingeniería Bioquímica. Ambato, Ecuador.

GARCÍA, J; GARCÍA, R. 1982. Edafología y fertilización agrícola: técnicas agropecuarias. Barcelona, ES, AEDOS.

GOMEZ. 2006. Manual técnico de fertilización de cultivos. Microfertisa 2006

GREGORICH EC, CARTER MR, ANGERS VC, MONREAL M Y ELLERT BH. 1994. ALREDEDOR de un mínimo dato establecer el acceso a suelos orgánicos manteniendo calidad suelos de agricultura. Can J. ciencia del suelo, 367-385.

GREGORICH EC, CARTER MR, ANGERS VC, MONREAL M Y ELLERT BH. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soil. *Can J. SoilSci.*, 367-385.

GRIM E. R. 1953. *Arcillas minerales*. McGraw-Hill, New York, 190 p.

GUERRA, A. 2008. Propuesta Técnica – Ambiental para el manejo sostenible del cultivo del frijol voluble (*phaseolus vulgaris*), en el municipio de Sibundoy, Departamento del Putumayo. Escuela superior de administración pública (ESAP).

GUERRA, A. 2014. Evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de un suelo aerico tropic fluvaquients sometido a diferentes tiempos de uso en el sistema frijol voluble (*phaseolus vulgaris*) con relevo maíz (*Zea mays*). Universidad de Nariño.

GUERRERO R., R. 2001. Fuentes fertilizantes portadoras de elementos secundarios. In: Silva M., F. Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. Bogotá. P.105–113.

GUEVARA DORKAS ANDINA. 2002. Fuentes fertilizantes portadoras de elementos secundarios. In: Silva M., F. Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. Bogotá. P.105–113.

HAVLIN, J. L; BEATON. J.D; TISDALE, S.L; NELSON, WL 1999. Suelos fértiles y fertilizados; una introducción de nutrientes de magnesio. 6 ed. Upper saddle River Estados Unidos), Prentice Hall. 499 p.

HEREDIA, O; GIUFFRÉ L, F; GORLERI; CONTI, M. 2006 Calidad de los suelos del norte de Santa fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. *CI. SUELO (Argentina)*. 24 (2) 109-114.

IFOAM. 2004. Manual de capacitación en agricultura orgánica para los trópicos. Costa Rica. 220 p.

INFOAGRO, 2004. El compostaje (en línea). España. Consultado 01 de junio. 2005. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp>

INFORGANIC, 2004. La importancia de la materia orgánica en el suelo. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1992. Fertilización en diversos cultivos. 5ª. Aproximación, Manual de asistencia técnica No. 25. ICA. Bogotá. 64 p.

JACKSON, M. L., 1964. Análisis químico de suelos (Traducido por J. Beltrán). Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 p

- JARAMILLO, D. 2003. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. 613p.
- JARDÍN ACTUAL. Colombia, 2010. [Artículo de Internet] Disponible en: www.infojardin.com. [Consulta: Abril de 2010].
- JIMENEZ. 1993. Evaluación de la fertilidad del suelo. *In*: Silva M., F. (Ed.). Fertilidad de suelos; diagnóstico y control. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p. 155–186.
- KEENER, H; MARUGG, R; HANSEN, R; HOITINK, H. optimización de eficiencia de procesos de descomposición, 1993 pp. 59-94
- KOLMANS ENRRIQUE Y VASQUEZ DARWIN, 1996. Manual de agricultura ecológica: una introducción a los principios básicos y su aplicación. MELA – SIMAS. MANAGUA, NICARAGUA. p. 20 - 218
- LOZANO, J.M., CARVALHO, P.T.C y VELAZCO, F. Actividad enzimática y microbiana en diversos andoseles de ten erife. *Anales de edafología y agro biología (España)* 41 (7-8): 1249-1259.1982
- MADIGAN, MT; MARTINIKO, JM; PARKER, J. 1998. Biología de los microorganismos. 10 ed. Madrid, ES, Prentice Hall. 1011 p.
- MENDOZA M, P. E. 1978. Fertilización de Praderas en Colombia. En: Suplemento Ganadero Pastos y Forrajes para Colombia I.C.A. Banco Ganadero. pp. 19 – 52.
- MOLINA E. 2011. Análisis de sustratos agrícolas e interpretación de resultados. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 10 p.
- MORESI, M., AND G. MONGELLI. 1988. The relation between the Terra Rossa and the carbonate-free residue of the underlying limestones and dolostones in Apulia, Italy. *ClayMinerals*.
- MUNÉVAR M. FERNANDO, 2013 ciencia del suelo, principios básicos. Segunda edición editores Burbano Orjuela Hernán, Silva Mojica Francisco. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. pag. 397 a 437.
- MUÑOZ I. D. J., MENDOZA C. A., LÓPEZ G. F., SOLER A. A., HERNÁNDEZ M. M. M. 2000 Manual de análisis de suelo. Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.

NAVARRO B. S. & G.NAVARRO G. 2003. El agua y la Atmósfera del Suelo. En: Química Agrícola, El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida. 2 ed. Madrid: Ediciones Mundi- Prensa, p. 81- 94.

NAVAS, A., 1994. Función del suelo y Cuantificación de la erosión. Sociedad Española de Geomorfología, pp. 5-16.

OLIVEIRA, I; MOREIRA, J; ESTRELLA, M; DALL´ACQUA, F; PACHECO, O; ARAUJO, R. 1999. Resultados técnicos y económicos de la aplicación de biofertilizantes bovinos en los cultivos de fríjol, arroz y trigo. Circular técnica No. 21 OPS (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD). 2009. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimiento.

OWEN, P. 1991. Biotecnología de la fermentación. Editorial acribia. Zaragoza, España. 27-3.

PERDOMO, C; BARBAZAN, M; DURAN, J. 2010. Nitrógeno. Área de suelos y aguas catedra de fertilidad. Facultad de agronomía. Universidad de la República. Uruguay.

PEREZ, E. 2000. Plantas Útiles de Colombia. Litografía Arco, Santafé de Bogotá.

PICADO, J., & AÑASCO, A. (2005). Agricultura organica. En Preparación y uso de abono orgánico sólidos y líquidos. San José, Costa Rica.

PINTALUBA. 2014. D-Pantotenato de calcio. Aditivos y medicamentos para la sanidad y nutrición animal.

POMCA (PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO PUTUMAYO). 2009. CORPOAMAZONIA.

PORTA-CASANELLAS, J, LÓPEZ-ACEVEDO M., ROQUERO DE LABURU C., 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones Mandí-prensa, pp.929.

QUESADA G., MÉNDEZ C. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Agronomía tropical (CR) 35(1):01-13.miendasorganicas.blogspot.com/

QUINTERO MAURICIO. 2003. Importancia de la materia orgánica en el suelo y su relación con las propiedades físicas y químicas del mismo. Editorial Andrea Brechet. Pp. 46.

QUIROGA A, Y D. FUNARO. 2004. Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y

Subhúmeda Pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas Pp: 476.

QUIROS; ANASTACIA; ALBERTIN; BLÁZQUEZ; MANUEL. 2004. Elabore sus propios abonos, insecticidas y repelentes orgánicos. Organización para estudios tropicales. Costa Rica

RAMÍREZ, J. 2000. Técnicas para el desarrollo de cultivos hortícolas. SQM de México. Puerto Vallarta, Jalisco, mayo 18 de 2000

RESTREPO, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados: experiencia de agricultores en Centroamérica y Brasil. Editorial Aportes. CEDECO – OIT. San José, Costa Rica. 51 p.

RESTREPO, J. 2002. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca: preguntas directas, respuestas prácticas. Cali, CO, Fundación Juquira Candiru. 105 p.

RODRIGUEZ, J. 1992. Manual de fertilización. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 362 p.

SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Abonos orgánicos pdf. p. 1 – 8.

SALAMANCA, ICA. Fertilización en diversos cultivos. Manual de asistencia técnica No 25. 4ª edición. Boyacá: Centro experimental Tibaitata 1981., p. 225

SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P. Y STAHR, K. 1995. Bodenkundliches Praktikum. Segunda edición. Berlin, Vienna, Blackwell. 295 pp.

SHINTANI, M. TABORA, P. 2000. Abonos orgánicos. Universidad EARTH. Guácimo, Limón, costa Rica. 22 p.

SOTO, M. G. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica.

SOTO, G. (2005). Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.

STRITZLER, N.P., GINGINS, M.A., GALLARDO, M. Y SANTUCHO, G. 2004. Algunos factores que afectan el volumen ruminal en bovinos. Revista Argentina de Producción Animal 5: 145-148.

SUQUILANDA, M. 1995. Agricultura Orgánica Alternativa Tecnológica del Futura, Quito-Ecuador. pp. 172-173.

TABARÉ BASSI Ing. Zoot. Laboratorio NIRS – Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA CALIDAD DE LOS FORRAJES.

THOMAS, G.W. 1996. Suelos de pH y suelos de acidez. P. 475-489, en: D.L.Sparks (ed.) método de análisis de suelos: parte 3- métodos químicos. Libro de serie no 5. SSSA y ASA, Madison, WI.

UNIGARRO ALBERTO, INSUASTY RUTH, CHAVES GERMAN. 2009. Manual de laboratorio de suelos generales, Universidad de Nariño.

VIVEROS, I. 1987. Relación entre la textura y otras características del suelo.

WOODING G., 1967. Los Suelos, Su Origen, Constitución y Clasificación, Ediciones Omega S.A. Barcelona. McGraw-Hill Interamericana quinta edición 2005 impreso en México.

ANEXOS



Anexo A. Encuesta

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL ENCUESTA DIRIGIDA A PRODUCTORES DE FRÍJOL DEL MUNICIPIO DE SIBUNDOY

Nombre del agricultor:

Nombre de la finca:

Número de Hectáreas:

Vereda:

Municipio y de Departamento: Sibundoy Putumayo

1. Número de hectáreas dedicadas al cultivo de fríjol.

2. ¿Hace cuantos años cultiva fríjol?

3. ¿Qué tipo de variedad de fríjol siembra?

4. ¿Cuantos bultos o toneladas obtiene por hectárea de fríjol?

5. Cuanta cascarilla se obtiene a partir de un bulto de fríjol desgranado. _____
6. Que hace con la cascarilla o subproductos de la cosecha de fríjol
 - La vende
 - La quema
 - Lo composta (abono orgánico)
 - La riega o esparce sobre los cultivos o el suelo
 - No le da ningún uso
 - Otra. ¿Cuál?

7. Cree que la aplicación de la cascarilla de fríjol en forma directa o en compostaje trae algún beneficio al suelo o cultivo. Sí _____ No _____
¿Porque? _____

GRACIAS POR SU COLABORACION

Anexo B. Análisis de suelo de sitio de siembra

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE ANÁLISIS DE SUELOS AGRÍCOLAS			código: LBE-PRS-FR-115	
				Página: 1 de 1	
				versión: 1	
				vigente a partir de: 26/04/2010	
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte N° LSIA-R-142-2012	
Usuario del servicio	Instituto Tecnológico del Putumayo	Tipo de muestra	suelo agrícola	Fecha toma de muestra	DD MM AA
Dirección	Putumayo- Sibundoy	Fecha de recepción muestra	DD 26 MM 10 AA 12	Fecha de reporte	DD 26 MM 11 AA 12
Teléfono	3137272771	PROCEDENCIA			
cc-nit	41181205	Departamento	Putumayo	Municipio:	Sibundoy
e-mail	adrianaguerra@yahoo.com	Vereda	Versalles	Finca	área del lote: 1/2ha
Propietario	Instituto	Cultivo actual	Pasto	Cultivo proyectado	Hortalizas
Análisis solicitado	Completo	Fertilizantes aplicados		Topografía:	plano
				altitud (msnm):	2100
				Profundidad cm:	25

PARÁMETROS QUÍMICOS					Código muestra- identificación lote			
Parámetros	Método	Técnica	Unidad de medida	Límite de detección	LSIA-1529-12			
					Muestra N°2			
pH, potenciómetro relación suelo: (1:1) agua	NTC 5264	Potenciométrica			5,45			
Materia orgánica	Walkley - Black (Colorimétrico) NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%		7,57			
Fosforo disponible	Bray II y Kurts NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/kg		26,8			
Capacidad intercambio catiónico (CIC)	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7 NTC 5268	Volumétrica	Cmol ⁺ /kg		22,9			
Calcio de cambio	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7 NTC 5349	Espectrofotométrica de absorción atómica			8,68			
Magnesio de cambio					1,25			
Potasio de cambio					0,52			
Aluminio de cambio	Extracción KCL 1N NTC 5263	Volumétrica		0,05	0,30			
Hierro	DTPA – NTC 5526	Espectrofotometría de absorción atómica	mg/kg		281			
Manganeso					13,5			
Cobre					6,23			
Zinc					4,88			
Boro					Espectrofotométrica uv-vis		0,20	
Nitrógeno total	con base en la materia orgánica	Calculo	%		0,29			
Carbono orgánico	Walkley - Black (Colorimétrico) NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%		4,39			
Azufre disponible	(Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O) 0,008M NTC 5402	Espectrofotometría uv-vis	mg/kg		10,5			
PARAMETROS FISICOS								
F=franco - Ar=arcilloso - A=arenoso - L=limoso	Al tacto		Grado textural		F-Ar-A			
Densidad aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc		0,70			
Densidad real	picnómetro		g/cc		2,37			
Observaciones	Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada. ND (No se determinó)							

María del Rosario Carreño C.

TEC. Laboratorio de suelos e insumos agrícolas

Elaboro MRCC 26/11/2012

Reviso MRCC 26/11/2012


Ciudad Universitaria Torobajo – Telefono 7311449 ext. 222 – 256 Fax. 7314477 email labsuelosagricolas@udenar.edu.co

Anexo C. Estándares generales para interpretar análisis de suelos con fines agrícolas

pH	APRECIACIÓN	% M.O.			P(ppm)		Ca		Mg		K		Na		CIC cmol.kg ⁻¹	S (ppm)	ELEMENTOS MENORES (ppm)					CE (ds.m ⁻¹)
		C.F	C.M	C.C	Bray II	Olsen	cmol.kg ⁻¹	%Sat	cmol.kg ⁻¹	%Sat	cmol.kg ⁻¹	%Sat	cmol.kg ⁻¹	%Sat			B	Mn	Cu	Zn	Fe	
< 4,5 Extremadamente ácido	Muy bajo				< 10	< 8	< 2		< 0,5		< 0,2				< 5						< 0,5	
4,5 - 5,0 Muy fuertemente ácido	Bajo	< 5	< 3	< 1,5	10-20	8-16	2-3	< 30	0,5-1,2	< 15	0,2-0,4	< 2	< 0,1	< 7	5-10	< 8	< 0,3	< 5	< 2	< 3	< 50	0,5-1
5,1 - 5,5 Fuertemente ácido	Medio	5-10	3-5	1,5-3	>20-40	>16-35	>3-6	30-60	>1,2-1,8	15-25	>0,4-0,6	2-3	0,1-0,5	7-15	>10-20	8-16	0,3-0,6	5-10	2-4	3-6	50-100	> 1-2
5,6 - 6,0 Moderadamente ácido	Alto	>10	> 5	> 3	> 40	> 35	> 6	> 60	>1,8	> 25	>0,6-1	> 3	> 0,5	> 15	> 20	> 16	> 0,6	> 10	> 4	> 6	>100	> 2
6,1 - 6,5 Ligeramente ácido	APRECIACIÓN	RELACIONES (Balance de bases)						DIAGNÓSTICO PROBLEMAS DE ACIDÉZ				CONTROL DE ACIDÉZ Y MEJORAMIENTO QUÍMICO INTEGRAL										
		Ca:Mg	Mg:K	K:Mg	Ca:K	$\frac{(Ca+Mg)}{K}$	APRECIACIÓN	pH	Al (me)	Al (%)	$\Sigma Ca-Mg+K$	CaCO ₃	Combinación materiales de encalado (t.ha ⁻¹) (Relación porcentual)									
Dolomita (65%)	Cal hidratada (20%)												Roca Fosfórica (15%)									
6,6 - 7,3 Neutro																						
7,4 - 7,9 Alcalino calcáreo	Relación Ideal	3-5	6-8	0,2-0,3	12-18	12-20	Alto	4,5	> 2,5	> 40	< 5	1	0,69	0,18	0,20							
> 7,9 - 8,4 Moderadamente alcalino (Na)	K Deficiente		> 10	< 0,2	> 30	> 40	Medio	4,5-5,2	1-2,5	20-40	5-8	2	1,38	0,36	0,41							
	Mg Deficiente	> 10	< 6	> 0,3			Bajo	5,2-5,5	< 1	< 20	> 8-12	3	2,07	0,54	0,61							
> 8,4 - 9,0 Fuertemente alcalino (Na)	Ca Deficiente	Suelos magnésicos de relación Ca:Mg invertida (Relación Ca:Mg < 1)					Condición favorable al cultivo	6,5-7,3	-	-	12-18	4	2,76	0,72	0,82							

Fuente: Castro, 2009.

Anexo D. Análisis fisicoquímico para compost

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE DE RESULTADOS	Código: LBE-PRS-FR-76 Página: 1 de 1 Versión: 2 Vigente a partir de: 2014-01-15
--	--	---

LABORATORIO		BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS				
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		REPORTE No. LB-R-		
Solicitante: Luis Carlos Rodríguez M		Muestra: Compost a partir de cáscara de frijol		Código muestra: 107		
Dirección: Instituto Tecnológico del Putumayo, Sibundoy, Vereda Versalles		Procedencia: Granja del Instituto Tecnológico del Putumayo				
cc / nit: 1.122.784.507		Responsable del Muestreo: Luis Carlos Rodríguez				
Teléfono: 322 239 5293		Fecha de Muestreo *	AA 15	MM 04	DD 06	
e-mail: carlosrm0904@gmail.com		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio	AA 15	MM 04	DD 07	
		Fecha de Emisión del Reporte	AA 15	MM 05	DD 07	
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO		2015-04-07 a 2015-05-06				
ANÁLISIS SOLICITADO		Fisicoquímico				
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Compost a partir de cáscara de frijol	NTC 5167	
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	17,5	± 30	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	82,5		
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	59,7	± 60	
Pérdidas por volatilización	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	22,7		
Carbono orgánico Oxid	Walkley Black	Colorimétrica	g/100g	9,10	± 15	
Nitrógeno	Kjeldahl	Titulométrica	g/100g	0,90	± 1	
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,37		
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/100g	0,26		
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	0,47		
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	0,89		
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	Turbidimétrica	g/100g	0,15		
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,37		
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	mg/Kg	517		
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	mg/Kg	123,5		
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	mg/Kg	21,8		
Capacidad Intercambio Catiónico	NTC 5167	Titulométrica	cmol (+)/Kg	19,00	± 30	
Densidad aparente	NTC 5167	Gravimétrica	g/mL	0,53	± 0,6	
Capacidad Retención Agua	NTC 5167	Gravimétrica	g/100g	81,7	± 100	
pH	NTC 5167	Electrométrica	-	7,67	4 - 9	
Conductividad (25°C)	NTC 5167	Electrométrica	dS/m	13,0		
CaO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,92		
P ₂ O ₅	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/100g	0,59	± 1	
MgO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	0,78		
K ₂ O	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,07	± 1	
OBSERVACIONES						
Nota a		Información suministrada por el usuario				
Expresión de Resultados		Con base a muestra húmeda				
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA						
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.						

Original firmado

Téc. Laboratorio Bromatología - Abonos Orgánicos

Elaboración del Reporte

Aprobación del Reporte


Revisó:

GSE

2015-05-07

FIN REPORTE DE RESULTADOS

Anexo E. Análisis fisicoquímico para bocashi

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE DE RESULTADOS	Código: LBE-PRS-FR-76 Página: 1 de 1 Versión: 2 Vigente a partir de: 2014-01-15
--	--	---

LABORATORIO		BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS				
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		REPORTE No. LB-R- 019B-15		
Solicitante: Luis Carlos Rodríguez M		Muestra Bocashi a partir de cáscara de frijol y cascarilla de arroz		Código muestra 108		
Dirección: Instituto Tecnológico del Putumayo, Sibunday, Vereda Versalles		Procedencia Granja del Instituto Tecnológico del Putumayo				
cc / nit: 1.122.784.507		Responsable del Muestreo ³		Luis Carlos Rodríguez		
Teléfono: 322 239 5293		Fecha de Muestreo ³		AA 15	MM 04	DD 06
e-mail carlosrm0994@gmail.com		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio		AA 15	MM 04	DD 07
		Fecha de Emisión del Reporte		AA 15	MM 05	DD 07
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO		2015-04-07 a 2015-05-06				
ANÁLISIS SOLICITADO		Fisicoquímico				
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Bocashi a partir de cáscara de frijol y cascarilla de arroz	NTC 5167	
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	18,2	≥ 30	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	81,8		
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	49,4	≥ 60	
Pérdidas por volatilización	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	32,4		
Carbono orgánico Oxid	Walkley Black	Colorimétrica	g/100g	10,4	≥ 15	
Nitrógeno	Kjeldahl	Titulométrica	g/100g	0,76	≥ 1	
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	2,81		
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/100g	0,29		
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	0,55		
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,28		
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	Turbidimétrica	g/100g	0,18		
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,08		
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	mg/Kg	431		
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	mg/Kg	121		
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	mg/Kg	22,7		
Capacidad Intercambio Catiónico	NTC 5167	Titulométrica	μmol (+)/K	18,2	≥ 30	
Densidad aparente	NTC 5167	Gravimétrica	g/mL	0,44	≤ 0,6	
Capacidad Retención Agua	NTC 5167	Gravimétrica	g/100g	87,1	≥ 100	
pH	NTC 5167	Electrométrica	-	8,03	4 - 9	
Conductividad (25°C)	NTC 5167	Electrométrica	dS/m	21,3		
CaO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	3,94		
P ₂ O ₅	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/100g	0,66	≥ 1	
MgO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	0,92		
K ₂ O	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,55	≥ 1	
OBSERVACIONES						
<i>Nota a</i>		Información suministrada por el usuario				
Expresión de Resultados		Con base a muestra húmeda				
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA						
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.						

Original firmado

Téc. Laboratorio Bromatología - Abonos Orgánicos

Elaboración del Reporte

Aprobación del Reporte


Revisó:

GSE

2015-05-07

FIN REPORTE DE RESULTADOS

Anexo F. Análisis físicoquímico par pantotenato

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE DE RESULTADOS	Código: LBE-PRS-FR-76 Página: 1 de 1 Versión: 2 Vigente a partir de: 2014-01-15			
LABORATORIO BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS					
DATOS USUARIO	DATOS MUESTRA	REPORTE No. LB-R- 019C-15			
Solicitante: Luis Carlos Rodríguez M	Muestra Abono líquido pantotenato	Código muestra 109			
Dirección: Instituto Tecnológico del Putumayo, Sibundoy, Vereda Versalles	Procedencia Granja del Instituto Tecnológico del Putumayo				
cc / nit: 1.122.784.507	Responsable del Muestreo ^a	Luis Carlos Rodríguez			
Teléfono: 322 239 5293	Fecha de Muestreo ^a	AA 15 MM 04 DD 06			
e-mail carlosrm0994@gmail.com	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio	AA 15 MM 04 DD 07			
	Fecha de Emisión del Reporte	AA 15 MM 05 DD 07			
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO	2015-04-07 a 2015-05-06				
ANÁLISIS SOLICITADO	Físicoquímico				
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Abono líquido pantotenato	NTC 5167
Carbono orgánico Oxid	Walkley Black	Colorimétrica	g/L	7,66	≈ 20
Nitrógeno	Kjeldahl	Titulométrica	g/L	6,63	≈ 15
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	3,93	
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/L	1,34	
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	0,09	
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	4,35	
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	Turbidimétrica	g/L	0,88	
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	0,10	
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	0,01	
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	4,35	
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	0,01	
Densidad	NTC 5167	Gravimétrica	g/mL	1,03	
pH	NTC 5167	Electrométrica	-	8,08	≈ 6,5
Conductividad (25°C)	NTC 5167	Electrométrica	dS/m	49,5	
CaO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	3,93	
P ₂ O ₅	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/L	3,08	≈ 15
MgO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	0,15	
K ₂ O	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/L	5,23	≈ 15
OBSERVACIONES					
Nota a	Información suministrada por el usuario				
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA					
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.					

Original firmado


Téc. Laboratorio Bromatología - Abonos Orgánicos
 Elaboración del Reporte

Aprobación del Reporte

Revisó: GSE 2015-05-07

FIN REPORTE DE RESULTADOS

Anexo G. Analises microbiologico para para compost

 Universidad de Nariño	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA	Código: LBE-PRS-FR-
		Página: 1 de 1
		Versión: 3
		Vigente a partir de: 2013/05/15

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Fecha toma muestra:	06 de Abril de 2015	Reporte No	LMABOR2B-15
Hora toma muestra:	No Reporta	Código de la muestra:	LMABO003- 15
Fecha de Recepción:	07 de Abril de 2015	Establecimiento:	-
Hora de Recepción:	09:30 a.m.	Representante legal:	Luis Carlos Rodriguez
Fecha de Reporte:	23 de Abril de 2015	Nit/C.C:	1122784507
Producto:	Abono Orgánico	Dirección y Tel:	3222395293
Muestra tomada por:	Luis Carlos Rodriguez	Municipio - Depto:	Vereda Versalles - Putumayo
Fecha de Análisis:	07 de Abril de 2015	Sitio de toma:	Instituto Tecnológico del Putumayo
Observaciones:	Abono Orgánico compost	Motivo de Análisis:	Estudio

RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA


PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO*	VALOR DE REFERENCIA NORMA NTC5167
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	21	<1000
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	AISLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	Negativo	Ausente

Observaciones:

** El laboratorio de Microbiología de Abonos Orgánicos se encuentra en proceso de tramitación de el registro de funcionamiento ante el ICA , por lo tanto los resultados obtenidos solo pueden emplearse como parte del control interno del Usuario.*

Original Firmado
NANCY GALINDEZ SANTANDER
 Profesional de Laboratorio
 Registro No 125

Anexo H. Análisis microbiológico para bocashi

 Universidad de Nariño	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA	Código: LBE-PRS-FR-
		Página: 1 de 1
		Versión: 3
		Vigente a partir de: 2013/05/15

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Fecha toma muestra:	06 de Abril de 2015	Reporte No	LMABOR2C-15
Hora toma muestra:	No Reporta	Código de la muestra:	LMABO004- 15
Fecha de Recepción:	07 de Abril de 2015	Establecimiento:	-
Hora de Recepción:	09:30 a.m.	Representante legal:	Luis Carlos Rodriguez
Fecha de Reporte:	23 de Abril de 2015	Nit/C.C:	1122784507
Producto:	Abono Orgánico	Dirección y Tel:	3222395293
Muestra tomada por:	Luis Carlos Rodriguez	Municipio - Depto:	Vereda Versalles - Putumayo
Fecha de Análisis:	07 de Abril de 2015	Sitio de toma:	Instituto Tecnológico del Putumayo
Observaciones:	Abono Orgánico Bocashi	Motivo de Análisis:	Estudio

RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA


PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO*	VALOR DE REFERENCIA NORMA NTC5167
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	0	<1000
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	AISLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	Negativo	Ausente

Observaciones:

** El laboratorio de Microbiología de Abonos Orgánicos se encuentra en proceso de tramitación de el registro de funcionamiento ante el ICA , por lo tanto los resultados obtenidos solo pueden emplearse como parte del control interno del Usuario.*

Original Firmado
NANCY GALINDEZ SANTANDER
 Profesional de Laboratorio
 Registro No 125

Anexo I. Análisis microbiológico para pantotenato

 Universidad de Nariño	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA	Código: LBE-PRS-FR-
		Página: 1 de 1
		Versión: 3
		Vigente a partir de: 2013/05/15

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Fecha toma muestra:	06 de Abril de 2015	Reporte No	LMABOR2A-15
Hora toma muestra:	No Reporta	Código de la muestra:	LMABO002- 15
Fecha de Recepción:	07 de Abril de 2015	Establecimiento:	-
Hora de Recepción:	09:30 a.m.	Representante legal:	Luis Carlos Rodriguez
Fecha de Reporte:	23 de Abril de 2015	Nit/C.C:	1122784507
Producto:	Abono Orgánico	Dirección y Tel:	3222395293
Muestra tomada por:	Luis Carlos Rodriguez	Municipio - Depto:	Vereda Versalles - Putumayo
Fecha de Análisis:	07 de Abril de 2015	Sitio de toma:	Instituto Tecnológico del Putumayo
Observaciones:	Abono Orgánico Pantotenato	Motivo de Análisis:	Estudio

RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA

PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO*	VALOR DE REFERENCIA NORMA NTC5167
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	29	<1000
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	AISLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	Negativo	Ausente

Observaciones:

* El laboratorio de Microbiología de Abonos Orgánicos se encuentra en proceso de tramitación de el registro de funcionamiento ante el ICA, por lo tanto los resultados obtenidos solo pueden emplearse como parte del control interno del Usuario.

Original Firmado
NANCY GALINDEZ SANTANDER
 Profesional de Laboratorio
 Registro No 125

Anexo J. Lecturas tomadas de altura, diámetro, peso y materia seca de planta y raíz

PROMEDIOS DE ALTURA DE PLANTA SEGÚN FECHAS DE LECTURA					
LECTURA	PROMEDIO	T0	T1	T3	T4
16/12/2014	PROMEDIO	7,125	9,5	10,75	8,75
	PROMEDIO	9,25	6,375	8	9
	PROMEDIO	8	7,25	9,375	8
	PROMEDIO	8,125	9,5	8,875	10,25
23/12/2014	PROMEDIO	9,25	10,25	8,5	8,125
	PROMEDIO	9,75	7,25	8,125	9
	PROMEDIO	9,875	7,5	8	5,875
	PROMEDIO	7,75	10,375	10,625	12,25
30/12/2014	PROMEDIO	12,5	10,75	12,125	10,125
	PROMEDIO	11,125	10,625	10,625	11,125
	PROMEDIO	12,375	10,5	10,75	9,125
	PROMEDIO	8,625	13,25	13	15,5
06/01/2015	PROMEDIO	12,75	12,25	12,95	12
	PROMEDIO	11	10,625	9,875	11
	PROMEDIO	11	10,5	11,75	9,5
	PROMEDIO	7,25	13,75	12,25	15,75
13/01/2015	PROMEDIO	15,375	14,75	15,75	14,625
	PROMEDIO	12,75	12,25	12,5	14,25
	PROMEDIO	14,25	12,625	13,375	11,5
	PROMEDIO	8,75	18	15,125	17,625
24/01/2015	PROMEDIO	19	18,5	22,125	19,625
	PROMEDIO	18,875	18,25	17,375	19,5
	PROMEDIO	20,75	17,75	19,5	17,75
	PROMEDIO	21,75	24,75	21,75	26,25

PROMEDIO DE DIAMETRO DE PLATA SEGÚN FECHAS DE LECTURA					
LECTURA	PROMEDIO	T0	T1	T2	T3
16/12/2014	PROMEDIO	15,75	14,5	19,125	11,75
	PROMEDIO	13,375	12,625	11,625	10,75
	PROMEDIO	16,875	12,5	13,75	11
	PROMEDIO	11	17,125	18,25	23,25
23/12/2014	PROMEDIO	14,75	14,125	16,125	12,75
	PROMEDIO	13,375	11	11,5	13,25
	PROMEDIO	17	12,375	15,375	12
	PROMEDIO	11,625	18,375	13,75	22
30/12/2014	PROMEDIO	17	18,875	19,75	18,5
	PROMEDIO	18,5	14,25	15,875	16
	PROMEDIO	19,875	15,75	15,75	16,75
	PROMEDIO	15,375	24,75	22	28,5
06/01/2015	PROMEDIO	23,75	22,625	19,875	22,25
	PROMEDIO	20,25	17,875	19	21,375
	PROMEDIO	22,75	19,375	23,5	19,5
	PROMEDIO	15	25	19,5	30,75
13/01/2015	PROMEDIO	28,125	25,75	27,5	27,5
	PROMEDIO	25,75	21,75	22,75	24,5
	PROMEDIO	27,75	25,75	28	25,5
	PROMEDIO	17,5	31,75	28,75	32,25
24/01/2015	PROMEDIO	26	28,25	24,75	26,5
	PROMEDIO	29	27	25,25	25,25
	PROMEDIO	27	25,375	29,125	26,75
	PROMEDIO	19,375	29,625	34,25	33,5

FECHA: 24 – ENERO – 2015 (DIA DE COSECHA)					
DIÁMETRO DE RAIZ (cm)					
BLOQUE	PLANTA	T0	T1	T2	T3
BLOQUE 1	PLANTA A	2,4	1,5	2,3	1,5
	PLANTA B	2,3	2,1	2,1	2,3
	PLANTA C	2,1	2,9	1,6	2,1
	PLANTA D	2,3	2,2	2,1	1,6
PROMEDIO		2,275	2,175	2,025	1,875
BLOQUE 2	PLANTA A	1,7	1,2	1,6	1,4
	PLANTA B	2,4	1,8	1,2	1,6
	PLANTA C	1,3	2	2,1	1,6
	PLANTA D	1,6	1,6	1,8	1,9
PROMEDIO		1,75	1,65	1,675	1,625
BLOQUE 3	PLANTA A	1,9	1,5	2	1,6
	PLANTA B	1,4	1,4	2,6	2,1
	PLANTA C	2	1,3	2,1	1,5
	PLANTA D	1,8	2,1	1,3	1,6
PROMEDIO		1,775	1,575	2	1,7
BLOQUE 4	PLANTA A	1,4	2,3	1,8	2,5
	PLANTA B	1	2,3	2	2,4
	PLANTA C	1	2,3	2	2,3
	PLANTA D	1,1	2,7	1,9	2,1
PROMEDIO		1,125	2,4	1,925	2,325
PROMEDIO GENERAL		1,73125	1,95	1,90625	1,88125

FECHA: 24 – ENERO – 2015 (DÍA DE COSECHA)					
LARGO DE RAIZ (cm)					
BLOQUE	PLANTA	T0	T1	T2	T3
BLOQUE 1	PLANTA A	12	15	18	18
	PLANTA B	13	15	21	11
	PLANTA C	14	14	20	18
	PLANTA D	17	14	20	16
PROMEDIO		14	14,5	19,75	15,75
BLOQUE 2	PLANTA A	12	13	17	17
	PLANTA B	12	19	14	16
	PLANTA C	10	21	17	16
	PLANTA D	16	21	15	16
PROMEDIO		12,5	18,5	15,75	16,25
BLOQUE 3	PLANTA A	13	13	14	15
	PLANTA B	17	12	14	17
	PLANTA C	17	20	15	19
	PLANTA D	15	14	15	18
PROMEDIO		15,5	14,75	14,5	17,25
BLOQUE 4	PLANTA A	15	16	19	21
	PLANTA B	17	19	21	16
	PLANTA C	14	18	19	19
	PLANTA D	18	17	22	20
PROMEDIO		16	17,5	20,25	19
PROMEDIO GENERAL		14,5	16,3125	17,5625	17,0625

PESO PLANTA AL MOMENTO DE COSECHA (GRAMOS)					
BLOQUE	PLANTA	T0	T1	T2	T3
BLOQUE 1	PLANTA A	246,3	77,9	395,3	205,7
	PLANTA B	250,6	269,9	270,7	270,6
	PLANTA C	159,5	281,3	109,2	243,7
	PLANTA D	234,2	179	248,9	154,6
PROMEDIO		222,65	202,025	256,025	218,65
BLOQUE 2	PLANTA A	210,6	44,6	186,4	149,3
	PLANTA B	404,1	177,2	26,4	91,2
	PLANTA C	80,3	222,3	228,4	233,4
	PLANTA D	70,2	118,1	278,8	262
PROMEDIO		191,3	140,55	180	183,975
BLOQUE 3	PLANTA A	242,6	127,3	196,6	195
	PLANTA B	105,5	98,3	387	292,5
	PLANTA C	215	167,9	257,5	123,6
	PLANTA D	284,3	264,3	70,6	113,5
PROMEDIO		211,85	164,45	227,925	181,15
BLOQUE 4	PLANTA A	64,7	405,4	177,2	496,1
	PLANTA B	28,8	278	208,8	417,8
	PLANTA C	46,7	338,7	282,8	317,1
	PLANTA D	23,2	418	246,6	423,3
PROMEDIO		40,85	360,025	228,85	413,575
PROMEDIO GENERAL		166,663	216,763	223,200	249,338

PESO RAIZ AL MOMENTO DE COSECHA (GRAMOS)					
BLOQUE	RAIZ	T0	T1	T2	T3
BLOQUE 1	RAIZ A	24,7	12,1	28	17,8
	RAIZ B	26	28,6	27,6	20,8
	RAIZ C	29	24,5	20,3	26,9
	RAIZ D	25,3	34,2	33,9	19,2
PROMEDIO		26,25	24,85	27,45	21,175
BLOQUE 2	RAIZ A	18,5	6,9	24,9	16,4
	RAIZ B	34,5	22,4	5,6	11,6
	RAIZ C	10,6	27,8	36	18,7
	RAIZ D	12	15,1	31,1	22,3
PROMEDIO		18,9	18,05	24,4	17,25
BLOQUE 3	RAIZ A	28,4	17,6	19,9	19,2
	RAIZ B	13,8	13,6	31	21,9
	RAIZ C	31,7	14,6	20,8	13,7
	RAIZ D	23,1	24,2	11	15,5
PROMEDIO		24,25	17,5	20,675	17,575
BLOQUE 4	RAIZ A	11,2	29,9	14,4	27,8
	RAIZ B	10,2	35,6	23,4	28,3
	RAIZ C	7,3	32,6	25,9	27,7
	RAIZ D	7,9	38,6	17,2	34,3
PROMEDIO		9,15	34,175	20,225	29,525
PROMEDIO GENERAL		19,638	23,644	23,188	21,381

MATERIA SECA RAIZ (GRAMOS)					
BLOQUE	RAIZ	T0	T1	T2	T3
BLOQUE 1	RAIZ A	4	1,8	3,6	1,7
	RAIZ B	4,1	5,3	3,7	1,9
	RAIZ C	6,6	7,1	2,8	3,4
	RAIZ D	3,4	6,6	4,7	2,3
PROMEDIO		4,525	5,2	3,7	2,325
BLOQUE 2	RAIZ A	1,8	0,5	3,7	1,3
	RAIZ B	5,4	1,9	3,7	0,7
	RAIZ C	1	2,4	6,4	1,9
	RAIZ D	1,1	1,1	5,2	2,2
PROMEDIO		2,325	1,475	4,75	1,525
BLOQUE 3	RAIZ A	5,6	2,7	2,7	2,9
	RAIZ B	2	1,7	3,1	2,3
	RAIZ C	5,9	1,5	1,9	1,8
	RAIZ D	3,3	4,1	0,8	1,5
PROMEDIO		4,2	2,5	2,125	2,125
BLOQUE 4	RAIZ A	1,5	3,7	1,2	3,6
	RAIZ B	1,3	4,9	2,7	3,8
	RAIZ C	1	4,3	3,3	3,8
	RAIZ D	1	5,4	1,5	5,4
PROMEDIO		1,2	4,575	2,175	4,15
PROMEDIO GENERAL		3,063	3,438	3,188	2,531

MATERIA SECA PLANTA (GRAMOS)					
BLOQUE	RAIZ	T0	T1	T2	T3
BLOQUE 1	PLANTA A	17,1	8,9	25,5	12,1
	PLANTA B	17	15,7	19,6	11,3
	PLANTA C	14,5	16,5	7,8	15,7
	PLANTA D	19,4	10	17,6	15,3
PROMEDIO		17	12,775	17,625	13,6
BLOQUE 2	PLANTA A	16,4	9,1	11,7	13,1
	PLANTA B	23,6	11,3	12,2	8,4
	PLANTA C	6,2	17,7	12,3	18,8
	PLANTA D	6,8	13,6	14,4	17,6
PROMEDIO		13,25	12,925	12,65	14,475
BLOQUE 3	PLANTA A	14,7	10,9	12,4	14,7
	PLANTA B	7,2	7,4	21	7,8
	PLANTA C	13,8	12,2	20,5	9,8
	PLANTA D	14,8	18,6	4,7	10,2
PROMEDIO		12,625	12,275	14,65	10,625
BLOQUE 4	PLANTA A	6,6	19,4	15	37,9
	PLANTA B	3,6	14,8	13,9	22,7
	PLANTA C	4,8	17,1	19,3	21,9
	PLANTA D	2,5	27,3	20,3	24,6
PROMEDIO		4,375	19,65	17,125	26,775
PROMEDIO GENERAL		11,813	14,406	15,513	16,369